
Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Mensch und Sicherheit Heft M 348

Einsatzmöglichkeiten von Fahr simulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

von

Stefan Reindl, Jan Ole Thomas, Alexander Wottge

Institut für Automobilwirtschaft (IfA), Hochschule für Wirtschaft und
Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)

Unterstützt durch

Jörg-Michael Satz

MOVING International Road Safety Association e. V., Berlin

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Mensch und Sicherheit Heft M 348

bast 
Bundesanstalt für
Straßenwesen

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.

Seit 2015 stehen die Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.0814
Einsatzmöglichkeiten von Simulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

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

Gestaltungskonzept:
MedienMélange: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 978-3-95606-798-3 | <https://doi.org/10.60850/bericht-m348>

Bergisch Gladbach, Oktober 2024

Kurzfassung - Abstract

Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

Auf die Fahrschulbranche wirken aktuell vielfältige Einflussfaktoren aus den verschiedensten sozialen, ökonomischen, politischen und technologischen Bereichen ein. Hierzu ist fest-zuhalten, dass aus dem Zusammenwirken der Faktoren komplexe Herausforderungen resultieren. Große Potenziale zur Bewältigung der Situation sowie zur Ausrichtung der Branche auf künftige Herausforderungen könnte dabei der Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung bereithalten. Zentrale Gründe sprechen für diese Perspektive:

- Fahrsimulatoren haben im direkten Vergleich mit dem Einsatz von Fahrschul-Pkw einen wesentlich geringeren Energieverbrauch und verursachen zudem weniger Emissionen, insbesondere keine Feinstaub-Emissionen während des Fahrbetriebs.
- Die Anschaffungsinvestitionen und Betriebskosten geeigneter Fahrsimulatoren liegen deutlich unter denen von Fahrschulfahrzeugen, wodurch eine betriebswirtschaftliche Optimierung von Fahrschulen genauso möglich ist wie die Senkung der Ausbildungsaufwendungen von Fahrschülerinnen und -schülern.
- Ausbildungsstunden am Fahrsimulatoren sind ohne die direkte Einbindung einer Fahrlehrerin oder eines -lehrers durchführbar. Dies senkt die Kosten aus Fahrschulperspektive sowie den finanziellen Aufwand aus Fahrschülerinnen- und -schülerperspektive gleichermaßen. Außerdem könnte auch mittels Fahrsimulatoreinsatz dem akuten Fahrlehrermangel in der Branche begegnet werden.
- Fahrsimulatortrainings im „geschützten Raum“ der Fahrschule sind mit keinen ernstzunehmenden Risiken bei einem etwaigen Fahrfehlerverhalten verbunden. Simulationstrainings bieten zudem spezifische Möglichkeiten, verschiedene Situationen, die kaum oder nicht während der realen Fahrstunden auftreten, systematisch in die Trainings einfließen zu lassen.
- Die Lehr-Lernform „Fahrsimulationstraining bietet konkrete Ansatzpunkte, sowohl die Qualität im Theorieunterricht als auch insbesondere in der fahrpraktischen Ausbildung nachhaltig zu optimieren, wenngleich eine gänzliche Substitution etablierter Lehr-Lernformen angesichts des Status Quo der technisch-konzeptionellen Spezifika aktuell verfügbarer Fahrsimulatoren aktuell auszuschließen ist.

Aus didaktischer Perspektive und mit Blick auf die Erhöhung der Ausbildungsqualität sprechen viele Faktoren für eine Intensivierung des Simulatoreinsatzes in der Fahrausbildung. So können Simulatortrainings bei der Vermittlung von Lehr-Lerninhalten durch implizites Lernen zu Fakten- und Handlungswissen führen. Die Vermittlung von Handlungskompetenzen ist dagegen in vielen Fällen lediglich partiell möglich. Ebenfalls ist insbesondere auf die Transferproblematik von mittels Fahrsimulator erworbenen Kompetenzen auf die reale Situation im Straßenverkehr hinzuweisen. Die Analyse dieser Problematik führt letztlich zur Erkenntnis, dass reale Fahrstunden nicht gänzlich substituierbar sind.

Die Verarbeitung von relevanten Lerninhalten und die Herausbildung von notwendigen Kompetenzen sowie die Erreichung von Mindest-Kompetenzstufen durch Fahrschülerinnen und -schüler erfordert zudem einen jeweils personenindividuellen Prozess, der wiederum von der personenspezifischen kognitiven Leistungsfähigkeit abhängig ist. Vor diesem Hintergrund sollte die Anzahl an Simulatorstunden durch Vorschriften weder nach oben

noch nach unten hin begrenzt werden. Vielmehr sind die Fahrlehrerinnen und -lehrer in die Pflicht zu nehmen, auf Basis von systematischen Lernstandsüberprüfungen jeweils personenindividuelle Lernprozesse mit dem zur Verfügung stehenden didaktischen Instrumentarium zu definieren und umzusetzen. Bereits aktuell verfügbare Fahrsimulatoren bieten üblicherweise mit ihren Softwareapplikationen brauchbare Voraussetzungen, systematische Kontrollen des Lernstands abzubilden. Zudem bestünde die mit Simulationstrainings, die durch Fahrlehrerinnen und -lehrer oder durch Instruktoren begleitet werden, die Chance, zumindest einen Teil der „besonderen Ausbildungsfahrten“ anzuerkennen. Dies setzt jedoch voraus, dass die gesetzgebenden Institutionen von der Simulator-Ausbildungsqualität überzeugt werden können. Denn die Gesetzgebung bietet bislang keine Möglichkeit, Ausbildungsanteile, die auf einem Fahrsimulator absolviert werden, als fahrpraktische Ausbildung gemäß §§ 5 und 5a der Fahrschüler-Ausbildungsordnung (FahrschAusbO) anzuerkennen bzw. anzurechnen (Reindl et al., 2015, 2023).

Die Analysen der vorliegenden Studie beziehen zusammenfassend den gesamten Fahrausbildungsprozess – vom Theorieunterricht über die praktische Fahrausbildung bis hin zum Führerscheinerwerb – ein. Entlang dieser parallel verlaufenden Prozessketten sind die konkreten Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren nunmehr detailliert belegt. Zudem ermöglichen integrierte Fahrsimulatorkonzepte die Etablierung von Lernumgebungen, die individualisierbare Lernprozesse ermöglichen. Die zentralen Empfehlungen zur systematischen Integration von Simulatoren in die Fahrausbildung beziehen sich vor diesem Hintergrund auf die Integration einer systematischen Lernstandsüberprüfung und -diagnostik, die Verpflichtung von Fahrlehrerinnen und Fahrlehrern, die Lernstände ihrer Fahrschülerinnen und -schüler regelmäßig zu überprüfen, die Anreicherung und Optimierung von Ausbildungseinheiten der Fahranfängerausbildung durch digitale Elemente, die Initiierung eines Zertifizierungsprozesses zur technischen und softwareseitigen Spezifikation von Fahrsimulatoren, die den Anforderungen einer qualitativ hochwertigen Fahrschulausbildung gerecht werden, die Absicherung und Fortentwicklung der Ausbildungsqualität in den Fahrschulen durch ein systematisches Qualitätsmanagement zu geeigneten prozessualen, organisatorischen und inhaltlichen Dimensionen sowie zur technischen Weiterentwicklung von Fahrsimulatoren.

Role of Driving Simulators in Driving Schools

Driving schools are faced with a wide range of factors from various social, economic, political and technological areas with high complexity. The use of driving simulators in driver training could offer great potential for overcoming the situation and aligning driving schools to future challenges. There are key reasons for this perspective:

- In direct comparison with the use of driving school cars, driving simulators have a significantly lower energy consumption and also cause fewer emissions, in particular no particulate matter emissions.
- The purchase investment and operating costs of suitable driving simulators are significantly lower than those of driving school vehicles, which enables driving schools to optimize their business operations. Learning drivers can also reduce their financial expenditure.
- Training hours on driving simulators can be carried out without the direct involvement of a driving instructor. This reduces also the costs from a driving school perspective as well as the financial perspective of learner drivers.

- Driving simulator training in the “protected space” of the driving school is not associated with any serious risks caused by driving errors. Simulation training also offers specific opportunities to systematically incorporate various situations into the training that rarely or never occur during real driving lessons.
- Driving simulation training offers concrete starting points for sustainably optimizing the quality of both theory lessons and, in particular, practical driving training. Although a complete substitution of established teaching and learning forms can currently be ruled out in view of the status quo of the technical-conceptual specifics of currently available driving simulators.

From a didactic perspective and with a view to increasing the quality of training, many factors point to intensifying the use of simulators in driver training. For example, simulator training can lead to factual and practical knowledge through implicit learning when conveying learning content. In many cases, however, teaching practical skills is only possible to a limited extent. In addition, the problem of transferring the skills acquired in the driving simulator to the real situation in road traffic should be pointed out. The analysis of this problem ultimately leads to the realization that real driving lessons cannot be completely substituted.

The processing of relevant learning content and the development of necessary skills as well as the achievement of competence levels by learner drivers also requires an individualized process, which depends on the person’s specific cognitive performance. Against this back-ground, the number of simulator hours should not be limited either upwards or downwards by regulations. Instead, driving instructors should define and implement individual learning processes using the available didactic based on systematic learning status assessments. Currently available driving simulators with their software applications usually offer useful prerequisites for tracking the learning progress. Additionally, simulation training accompanied by driving instructors or instructors would offer the opportunity to replace some “special training driving hours”. However, this presupposes that the legislative institutions can be convinced of the quality of simulator training. The legislation does not yet offer the option of “crediting” driving simulator trainings lessons as practical driving training in accordance with Sections 5 and 5a of the German learner driver training regulations (FahrschAusbO) (Reindl et al., 2015, 2023).

In summary, the analyses in this study cover the entire driver training process - from theory lessons and practical driver training through to obtaining a driver’s license. Along these parallel process chains, the concrete application possibilities of driving simulators have now been documented in detail. Additionally, integrated driving simulator concepts enable learning environments to promote individual learning processes. Against this background, the main recommendations for the systematic integration of simulators into driver training relate to the integration of systematic learning status checks and diagnostics to check the learning status of their students, and the enrichment and optimization of training units for novice driver training with digital elements, the initiation of a certification process for the technical and software specification of driving simulators that meet the requirements of high-quality driving school training, the advancement of training quality in driving schools through systematic quality management on suitable procedural, organizational and content dimensions as well as for the technical advancement of Driving simulators.

Summary

Role of Driving Simulators in Driving Schools

Driving simulator lessons are currently accepted as a supplementary offer in driving schools. There are currently more than 1,700 simulators in use in German driving schools for training classes B and BE. Due to their obvious advantages, modern driving simulator systems are used in driver trainings across Europe to very different intensity and depending on country-specific legislation. In this context, it should be noted that driving schools are influenced by a variety of factors with high complexity from a wide variety of social, economic, political and technological areas. However, driving lessons on a driving simulator are currently not accepted as practical training in Germany in accordance with Sections 5 and 5a of the driver training regulations. The requirements for a driving simulator are also not set by law.

To overcome the challenges of driving schools, the use of driving simulators has a great potential, especially from a didactic perspective and in terms of increasing the quality of training. Against this background, the main goal of the study was to develop a concept based on scientific methods for the use of driving simulators in driver trainings. The final study shows key results on work packages which are presented in the following summary:

1. Status quo regarding the use of driving simulators

Market screening: Currently, there is a wide range of driving simulators available for different purposes. The manufacturers and providers of simulators differentiate the hardware according to car and truck/bus variants as well as according to the criteria that are relevant in other vehicle classes (e.g. motorcycles). Simulators are also established in railway, aviation and shipping sectors. Simulator trainings in that sectors are usually specified by curricula and are often based on existing legal framework conditions that regulate the maximum or minimum training units by simulator.

Differences between simulator variants for driving license classes B and BE exist particularly in the design of the driver's cabin and its realistic design. Motion bases are often offered as an option and represent a key driver in terms of the purchase price. Three monitors are often installed in the driver's cabs for visualization. VR glasses and video projectors are only offered sporadically. The software usually integrates modules for training vehicle operation and driving skills. Adaptation to environmental conditions - for example traffic density or weather conditions as well as the selection of city, intercity and motorway routes - is normally possible in the basic configuration of simulators. Differences are particularly evident in the number and complexity of possible dangerous and stressful situations - for example when simulating technical malfunctions.

2. Meta-analysis of relevant literature

The meta-analysis of relevant literature summarizes the possibilities for gaining knowledge on the relevant topics and research areas regarding the present study. While the results on independent variables were relatively concrete, only a few relevant studies could be identified that made useful statements about the use cases of simulators in driving schools. As part of the research process, the primary studies were weighted according to their quality and regarding the state of research on individual topics and research areas. This documentation of the research results was incorporated into the present documentation.

The research shows particularly that driving simulators are accepted as part of training in various countries. Additionally, different focuses regarding suitable training content and intensity can be identified.

3. Content and competencies that can be taught using driving simulators

Analysis of teachable learning content: The analyses of the simulator’s aptitude for specific teaching and learning content and the transfer of competences are based on the content structure of the driving training, whereby the technical and didactic concept of a driving simulator must be taken into account. On the other hand, the achievable levels are shown on the basis of identified teaching and learning content that is suitable for simulator use. The partial and unrestricted suitability of driving simulators for teaching learning content can be demonstrated based on the analysis of the competence fields (Table 1).

Dimensions of driving competence	Type of teaching-learning objective	Competence levels					
		1	2	3	4	5	6
1) Traffic-specific knowledge	cognitive	1 Knowledge	2 Appreciation	3 Adaption	4 Analysis	5 Synthesis	6 Assessment
2) Road safety attitudes	affective	1 Respect for values	2 Value response	3 Value assessment	4 Value order	5 Internalization of values	
3) Automated psychomotor competences for operating and controlling a motor vehicle	psycho-motor	1 Imitation	2 Manipulation	3 Specification	4 Action structure	5 Naturalization	
4) Automated skills to perceive, avoid and avert dangers	psycho-motor	1 Imitation	2 Manipulation	3 Specification	4 Action structure	5 Naturalization	
5) A realistic assessment of their own driving skills	cognitive	1 Knowledge	2 Appreciation	3 Adaption	4 Analysis	5 Synthesis	6 Assessment
Caption:	No suitability for teaching by the driving simulator		Partial suitability for teaching by the driving simulator		Unrestricted suitability for teaching by the driving simulator		

Tab. 1: Overview of the dimensions of driving competence, each with assignable competence levels (Source: Institute for Automotive Research (IfA), 2024 based on Bloom, 1972; Sturzbecher, 2010 and Weinert, 2001)

The dimensions of driving competence can be divided into cognitive, affective, psychomotor and cognitive dimensions in terms of their target system. Each target dimension leads to specific levels of competence. The suitability of driving simulators for teaching-learning content can be identified from the differently colored fields in Table 1: Based on the technical-didactic design of Simulators, for example, only the first two competence levels can be “partially” achieved by simulator trainings on “road safety-compliant attitudes”. In contrast, with “transport-specific knowledge” all relevant levels of competence can be achieved. Table 1 shows a summary overview of the dimensions of driving competence with the respective competence levels.

Intensity of driving simulator use in practical driving training: Based on the analyses, it is recommended that just a part of the practical driving training be carried out in the driving simulator. Especially because simulators are particularly beneficial for teaching basic

vehicle operation, they should be used primarily in the first half of driver training. Based on the analyses, between seven and ten driving hours are recommended. Resting upon an average number of 33 driving hours before the driving test, between a quarter and a third of the total practical driving training can be replaced by simulator hours. However, the intensity of the simulator integration depends particularly on the individual learning progress of individual driving students. Especially for “learning impaired” driving students a higher number of simulator driving hours - i.e. in the upper range of up to ten simulator hours - should be taken into account. Further reasons for use of driving simulator trainings are the regulation of the vehicle fleet utilization, environmental aspects and the individual support for learner drivers.

Integration of simulator training into driver training

Didactic-technical concept: With reference to the training process from OFSA II, teaching-learning areas can be identified that are suitable for independent learning, for traditional theory lessons and for practical driving training. To achieve a stronger link between independent learning and theoretical and practical driving content, the software equipment of simulators should be optimized in future based of an integrated approach. In this way “process learning” can be used to ensure that the necessary competence levels are achieved in the theoretical part of the training. Traffic-specific knowledge and traffic-compliant attitudes can be identified as theoretical focal points for the development of such “process knowledge” (Bredow & Sturzbecher, 2016; Sturzbecher, 2010).

Simulator integration into theoretical and practical driving training: Figure 1 below provides an overview of the options for simulator integration in theoretical and practical driving training. A distinction must be made between basic suitability (G = suitability for driving simulator trainings), conditional or partial suitability (P = conditionally suitable for driving simulator trainings) and “unsuitability” (N = not suitable for driving simulator trainings).

1st learning area Basic training			2nd learning area Driving tasks, basic driving tasks and exam preparation TFEP			3rd learning area Special training lessons			4th learning area Exam preparation PFEP		
Learning content	Th.	Pr.	Learning content	Th.	Pr.	Learning content	Th.	Pr.	Learning content	Th.	Pr.
System for preparing learner drivers and lifelong learning	N		Driving straight ahead	G	P	Driving on intercity routes		N	Exam preparation (Part 2: PFEP)		N
Fitness to drive and driving behavior	G		Driving curves	P	P	Driving on freeways, motorways or interstates		P			
Diversity in road traffic	P	P	Intersection, junction, entry	G	P	Driving at dusk or in the dark		N			
Basics of the driving tasks and basic driving tasks	G		Traffic roundabout	G	P						
Responsible behavior in road traffic	G	P	Passing, overtaking	G	P						
Traffic perception and hazard avoidance	G	P	Rail transport	G	P						
Environmentally friendly driving and traffic behavior	G		Bus stop, crosswalk	G	P						
Traffic regulations	N		Merging and exiting lanes, lane changes	G	P						
Behavior in special traffic situations, traffic accidents, traffic controls	P		Driving physics	N	N						
Technical basics	N	N	Basic driving tasks	P	P						
Handling the vehicle		G	Driving skills deficits and accidents	P	N						
			Driver assistance systems and automated driving	P	P						
			Exam preparation (Part 1: TFEP)	P							

Th. = Theory lessons
Pr. = Practical driving training
G = Suitable for driving simulator trainings
P = partially suitable for driving simulator trainings
N = not suitable for driving simulator trainings

Fig. 1: Simulator integration into theoretical and practical driving training (driving license classes B/BE)
Source: Institute for Automotive Research (IfA), 2024, based on Sturzbecher et al., 2022, p. 149

Minimum requirements for driving simulators (class B, BE): To simulate driving tasks as realistically as possible, the driver’s human senses must be addressed by sufficient realism regarding to the presented driving situations. From this perspective, the technical requirements for the main components of driving simulators can be derived from the literature reviewed, from the analyses of the teaching/learning content, from

possible competence levels and from the information provided by established simulator manufacturers (Figure 2).

Specification (based on the current state of the art)	Requirements		
	can	should	must
Simulator cabin and driving position			
Standard vehicle controls (indicators, gearshift, pedals, etc.)			X
Standard vehicle displays (e. g. speedometer, direction and warning signals) in hardware or software applications			X
Adjustable seat (preferable: height adjustment and tilt)		(X)	X
Three-point safety belt			X
Second seat	X		
Steering system	can	should	must
Up-to-date – technically and functionally – near-series steering wheel			X
Feedback via acoustics/vibration (road conditions etc.)		X	
Simulation of realistic steering forces during maneuvering		X	
Pedals and shift gate	can	should	must
Pedals close to the current state of the art			X
Gearshift gate close to standard (at least 5-speed + reverse gear)			X
Convertibility/adaption to automatic mode	X		
Acoustic system	can	should	must
Loudspeaker system, alternatively/additional headphones to create a realistic soundscape			X
Three-dimensional acoustic system	X		
Movement system	can	should	must
Movement system with longitudinal and lateral acceleration options	X		
Motion simulation via acoustic system or vibration elements		X	
Feedback via the slipping/grinding point of the clutch (manual transmission)			X
Viewing system	can	should	must
Distance between simulator user and screen: > 0,5m			X
Size of the screens or projection surfaces: At least 34 inches		X	
Virtual coverage: Horizontal > 160 degrees, vertical 60 degrees			X
Viewing system (continued)	can	should	must
Curved screens		X	
Exterior mirrors (virtual integrated into screens)			X
Rear screen (driving license category BE: mandatory)	X		(X)
Head tracking		X	
Eye tracking and gesture tracking		X	
Refresh rate: At least 60 Hz (120 Hz for VR glasses)			X
Resolution of the screen(s): At least 81.6 PPI			X
Quality: 99 percent quatile oif the image calculation time (frame time) of 17 ms (9 ms for VR glasses)			X
Brightness of the screen(s): At least 300 cd/m ²			X
Extended horizontal converage – realization of the shoulder view		X	
Software equipment	can	should	must
Implementation of „suitable“ and „partially suitable“ driving tasks according to OFSA-II			X
„Virtual driving instructor“ for guidance and correction as well as suggestions for improvement in case of deficits in the individual driving performance			X
Situational „freezing“ of driving situations and change of perspective to other road users (understanding their perspectives and behaviors)	X		
Opportunity to interact and communicate with other road users	X		
Trailer operation (or driving license class BE: mandatory)	X		(X)
Recoding driving lessons			X
Analysis and evaluation options (error analysis)		X	
Interface to „eLBe“ or comparable systems		X	
Foreign languages		X	

Fig. 2: Minimum requirements for driving simulators (driving license classes B/BE)
Source: Institute for Automotive Research (IfA), 2024

The fulfillment of minimum requirements does not necessarily guarantee that competencies as well as knowledge, skills and abilities regarding to driving tasks and the required competence levels can always and exclusively be achieved through driving simulator lessons. In this context, it is the task of the driving instructors to record and track the individual knowledge, skills and competence levels of each learner driver as part of the learning status assessment and to define and initiate suitable measures based on the available didactic aids.

Conclusion, implications and recommendations

Conclusion: On the one hand, teaching-learning tasks are conveyed by implicit and explicit learning as well as by process learning, which is intended to create appropriate factual and practical knowledge on the part of the driving students. On the other hand, competence to act must be developed through specific learning areas. Knowledge and skills are considered a prerequisite for student drivers to be able to master the relevant driving tasks for safe, responsible, and environmentally conscious driving of a motor vehicle in real traffic (Bredow, 2021, p. 47). Against the background of the challenges outlined above, it's reasonable to enrich the didactics regarding the transfer of learning content with the help of new findings on the transfer of knowledge and skills. The teaching-learning form "driving simulation training" cannot completely replace theory lessons or practical driving training. However, it can offer concrete starting points for optimizing driver training in long term view.

Implications: The additional benefit of integrating driving simulators into the training of novice drivers is evident - especially in preparation learner drivers during the first real driving lessons. This can be realized by trainings in the "protected space" of the driving school – without any serious risks in the event of driving errors. The driving simulator is also suitable for significantly improving the quality of practical driving training, as driving simulation training offers targeted opportunities to systematically incorporate various situations that rarely or never occur in real driving lessons into the training.

While driving simulators can lead to factual and practical knowledge through implicit learning when imparting learning content, in many cases the imparting of practical skills is only possible to a limited extent. In this context, particular attention should be paid to the problem of transferring the skills acquired by driving simulation training to the real situation in road traffic, which can be characterized by a significantly higher level of stress. Because the processing of the learning content and the development of relevant skills as well as the achievement of competency levels by individual learner drivers is a personal process and depends on the cognitive performance of the individual person, the number of simulator hours should not be limited upwards or downwards by regulations. Driving instructors must be obliged to define and implement individual learning processes based on systematic learning status checks. Driving simulators already offer concrete starting points to meet the requirement of a systematic management of the learning level during training through the mostly integrated software applications.

Recommendations for the systematic integration of simulators into driver training:

- Integration of a systematic learning status check and diagnostics to achieve the necessary sequencing and synergetic linking of individual training units (cf. Sturzbecher et al., 2022, p. 17).

- Obligation of driving instructors to regularly check the learning status of their learner drivers to take appropriate measures to achieve the training objectives with the help of didactically suitable forms of teaching and learning.
- Enrichment and optimization of training units of novice driver training by digital elements, for which the analyzed software solutions in driving simulators already offer concrete starting points for “sequencing and synergetic linking” (Sturzbecher et al., 2022, p. 17) of training units in theory and practice.
- Supervision of simulation training by driving instructors or by instructors of “special training driving”. If the legislative institutions can be convinced of the quality of simulator training, a to-be-defined number of such training units could be accepted in this way.
- Initiation of a certification process for the technical and software specification of driving simulators that meet the requirements of high-quality driving school training.
- Stabilization and refining of training quality in driving schools through systematic quality management on suitable procedural, organizational and content-related dimensions as well as for the further technical development of driving simulators.

Inhalt

0	Vorbemerkungen	14
0.1	Ausgangssituation	14
0.2	Vorgehensweise	20
1	Status quo zum Einsatz von Fahrsimulatoren	25
1.1	Methodik und Vorgehensweise	25
1.2	Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge	25
1.2.1	Fahrsimulator als digitales Lehr- und Lernmedium	25
1.2.2	Klassifizierung von Fahrsimulatoren	26
1.3	Produktvergleich	30
1.3.1	Fahrsimulatoren für die Klassen A, A1, A2, AM	30
1.3.2	Fahrsimulatoren für die Klassen B und BE	31
1.3.3	Fahrsimulatoren für die Klassen C, CE, C1, C1E und D, DE, D1, D1E	32
1.3.4	Fahrsimulatoren für die Klassen L und T	33
1.3.5	Fazit zum Produktvergleich	34
1.4	Weitere Einsatzgebiete von Simulatoren in der Ausbildung	35
1.4.1	Bahnsimulatoren	35
1.4.2	Flugsimulatoren	37
1.4.3	Schiffsführungssimulatoren	37
1.5	Zwischenfazit I	39
2	Metaanalyse zu einschlägiger Literatur	42
2.1	Grundlagen	42
2.2	Überblick nach Ursprungsländern	42
2.3	Schwerpunkte der Literaturlauswertung	45
2.4	Detailanalyse zur rechtlichen Situation	49
2.5	Zentrale Ergebnisse der qualitativen Metaanalyse	50
2.6	Zwischenfazit II	53

3	Durch Fahrsimulatoren vermittelbare Lerninhalte und Kompetenzen	55
3.1	Methodik und Vorgehensweise	55
3.2	Position der Fahrlehrerschaft	56
3.3	Position der Branchenverbände und Fachverlage	64
3.4	Eignung für einzelne Lehr-Lerninhalte und die Kompetenzvermittlung	66
3.5	Zwischenfazit III	79
4	Integration der Simulatoreausbildung in die Fahrausbildung	83
4.1	Methodische Konzeption und Vorgehensweise	83
4.2	Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht	84
4.3	Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung	91
4.4	Anforderungen an Fahrsimulatoren	107
4.5	Zwischenfazit IV	112
5	Schlussbetrachtung	115
5.1	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	115
5.2	Konklusion	120
	Literatur	124
	Bilder	128
	Tabellen	130
	Anhang	132

0 Vorbemerkungen

0.1 Ausgangssituation

Fahrsimulatoren konnten sich in den vergangenen Jahren als ergänzendes Angebot in der Fahrausbildung zunehmend etablieren. Während im Jahr 2015 in den rund 10.000 deutschen Fahrschulen lediglich 600 bis 900 Fahrsimulatoren eingesetzt wurden (Przybilla, 2016), existierten im Jahr 2020 in Deutschland nach Schätzungen der MOVING International Road Safety Association e. V. bereits rund 1.300 Simulatoren für die Fahrausbildung in der Klasse B (Satz, 2021, S. 56). Aufgrund der technologischen Weiterentwicklung und neuer Anbieter ist anzunehmen, dass die Anzahl der eingesetzten Fahrsimulatoren zum Berichtszeitpunkt auf rund 1.700 angewachsen ist.

Grundsätzlich ermöglichen Fahrsimulatoren die Schaffung standardisierter und individueller Lernumgebungen, die Lernprozesse von Fahrschülerinnen und -schülern¹ begünstigen können (van Emmerik, 2004, S. 30). Weitere Stärken der Simulatorausbildung liegen insbesondere bei der Unterstützung zur Entwicklung von Routinen, die Fahrschülerinnen und -schüler auf erste praktische Fahrstunden im Pkw vorbereiten (Reindl et al., 2015, S. 45). Ein hervorzuhebender Vorteil liegt in den softwareseitigen Auswertungsmöglichkeiten, die eine Nachbesprechung der absolvierten Simulatorstunden mit den zuständigen Fahrlehrern ermöglichen. Die Aufzeichnung des Simulatortrainings kann somit bei der Reflexion des Lernstands unterstützen. Der während des Simulatortrainings identifizierte Lernstand kann wiederum als Basis für die Ausgestaltung des individuellen Fahrausbildungsverlaufs dienen (van Emmerik, 2004, S. 29ff.).

Das Institut für Automobilwirtschaft (IfA) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU) hat sich bereits im Rahmen verschiedener Projekte mit den Spezifika der Simulatorausbildung in Fahrschulen auseinandergesetzt. Ein zentrales Ergebnis der Untersuchungen ist, dass der Einsatz moderner Simulatoren im Zusammenspiel mit einer engen Verzahnung von Theorie- und Praxisausbildung eine optimierte, effiziente und individuelle Ausbildung von Fahrschülerinnen und -schülern gewährleistet. Die Untersuchung identifiziert insbesondere positive sozioökonomische Effekte, die sich u. A. in einer gesteigerten Erfolgsquote in Prüfungen, in der verbesserten Flexibilität der Ausbildung und den positiven ökologischen Auswirkungen durch weniger Fahrstunden im realen Fahrzeug zeigen (Reindl et al., 2015, S. 6).

Obwohl Forschungsinstitutionen und Interessensverbände im Bereich Fahrausbildung europaweit zusammenarbeiten, kommen Simulatoren in Europa in sehr unterschiedlicher Intensität zum Einsatz. Während die mit Fahrsimulatoren kombinierte Ausbildung in den Niederlanden, Finnland und Tschechien bereits eine hohe Akzeptanz findet und zudem eine Anrechnung an Fahrstunden möglich ist, werden sie in anderen Ländern nicht in der Fahrerlaubnisgesetzgebung berücksichtigt (Genschow et al., 2013, S. 64f.; L. López, Moving-Interview, 2023). Für fünf europäische Länder, für die Daten vorliegen, erfolgte eine Analyse der Regelungen in der Fahrerlaubnisgesetzgebung zur Nutzung von Fahrsimulatoren in der Ausbildung. Die Analyse zeigt, dass in allen Ländern, die in die Analysen einbezogen wurden, Fahrsimulatoren als Teil der Ausbildung akzeptiert sind, ihr Beitrag zur Ausbildung wird jedoch unterschiedlich gewichtet (vgl. Kapitel 3.1).

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind auf einem Fahrsimulator absolvierte Fahrstunden in Deutschland nicht als praktische Ausbildung nach § 5 und § 5a der Fahrschüler -Ausbildungsordnung anerkannt. Die an einen für die Fahrausbildung verwendeten Fahrsimulator geltenden Anforderungen sind seitens des Gesetzgebers ebenfalls nicht definiert. Lediglich in der „Handreichung zum Einsatz eines «leistungsfähigen Simulators» im Sinne der Richtlinie 2003/59/EG“, publiziert als Anlage zur Länderbesprechung zur Umsetzung des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes (BKrFQG) und der Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung (BKrFQV) vom 27.11.2007, werden Anforderungen an die technischen Hauptkomponenten beschrieben. Differenziert wird zwischen dem Sicht-, Bewegungs-, und Akustiksystem, der Fahrzeugkabine, dem Fahrzeugmodell, der zugrundeliegenden Datenbasis und den Möglichkeiten der Messtechnik, der Auswertung und der dazugehörigen Bedienoberfläche (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33ff.). Dennoch werden Fahrsimulatoren inzwischen in der Fahrausbildung eingesetzt, denn die Fahrschulbranche ist insbesondere folgenden Einflussfaktoren ausgesetzt:

- **Politische Einflussfaktoren:**
Die Politik richtet ihren Fokus inzwischen nicht nur verstärkt auf die Umsetzung von Maßnahmen zur Einhaltung von Klimaschutzziele, sondern auch auf die Erhöhung der digitalen Reife in Verwaltungs- und Unternehmensorganisationen. Während zur Erreichung von Klimaschutzziele die Förderung von Elektromobilität als ein zentraler Stellhebel zu betrachten ist, sind innerhalb der digitalen Strukturen von privatwirtschaftlichen Unternehmen, zu denen Fahrschulbetriebe zählen, rasch weitere Initiativen zu ergreifen, um nicht zuletzt im globalen Wettbewerb nicht den Anschluss zu verlieren. Die Betriebe müssen dann entsprechende Maßnahmen planen und umsetzen, um hierfür geeignete Strukturen in den Unternehmen zu etablieren (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, o. J.).
- **Ökonomische Einflussfaktoren:**
In der deutschen Volkswirtschaft ist ein Anstieg der Verbraucherpreise zu verzeichnen. Neben gestiegenen Kraftstoffpreisen sind es vor allem auch die steigenden Anschaffungsinvestitionen und Betriebskosten für Fahrschul-Pkw, welche die Kosten und Angebotspreise für die Fahrausbildung nach oben treiben. Bei gleichzeitig sinkenden Realeinkommensspielräumen der Verbraucher kann die Finanzierung des Führerscheins zunehmend zur Herausforderung werden (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2023; Handelsblatt, 2023; Satz, 2021).
- **Soziokulturelle Einflussfaktoren:**
Die Digitalisierung ist in allen Gesellschaftsteilen weit vorangeschritten. Vor allem junge Generationen als die klassischen Führerscheinanwärter fordern den zeitlich hochflexiblen Zugriff auf Dienstleistungen ein und betrachten digitalisierte Prozesse und Anwendungen inzwischen als Hygienefaktor, der ganz selbstverständlich eingefordert wird. Während einige wenige Fahrschulbetriebe bereits ihre Kundenprozesse als auch einzelne Elemente der Fahrausbildung mit digitalen Medien ergänzt und sich somit als digitale Vorreiter positioniert haben, verharrt der Großteil der Fahrschullandschaft bislang in der analogen Welt (Brüggen, 2022; Reindl et al., 2023; Satz, 2021; Spanhel, 2020).
- **Technologische Einflussfaktoren:**
Von Virtual Reality über Machine Learning, ToF-Kamerasysteme bis hin zu Sensorik und Aktuatorik: Der technologische Fortschritt hält eine Vielzahl innovativer Lösungen bereit. Durch die Integration, Kombination und Vernetzung von Einzellösungen in einem Fahrsimulator kann bereits heute die Möglichkeit geschaffen werden, auch außerhalb des klassischen Fahrschul-Pkw zentrale Ausbildungsinhalte der Fahrausbildung auf

qualitativ hochwertigem und fortschrittlichem Niveau zu vermitteln. Insbesondere Simulatorlösungen aus den Bereichen der Flugschulen, des Eisenbahnverkehrs oder auch der Motorsport-Entwicklung sind auf diesem Gebiet als „State of the Art“ zu betrachten (Annen, 2021; Tiedemann, 2020; Weissenberg, 2022).

- **Ökologische Einflussfaktoren:**
Der Klimawandel zählt zu den größten Herausforderungen unserer Zeit. Auch in Deutschland sind bereits die Folgen der globalen Erwärmung wie Dürre oder Extremwetter-Ereignisse sichtbar. Als Industrieland trägt Deutschland maßgeblich zum Ausstoß von Treibhausgasen bei. Im Klimaschutzgesetz hat sich Deutschland das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2045 vollständig klimaneutral zu werden. Neben der Substitution von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor durch batterieelektrische Fahrzeuge sind in sämtlichen Gesellschaftsbereichen und Wirtschaftssektoren umfangreiche Maßnahmen zu ergreifen, um das ambitionierte Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Auch die Fahrschulbranche mit ihren rund 10.000 Betrieben kann und muss hier einen entscheidenden Beitrag leisten (Satz, 2021).
- **Rechtliche Einflussfaktoren:**
Der Vergleich von rechtlichen Rahmenbedingungen zur Fahrausbildung im nationalen wie auch internationalen Kontext zeigt ein heterogenes Bild. Während die deutsche Gesetzgebung in der Pkw-Fahrausbildung derzeit keine Möglichkeit vorsieht, auf einem Fahrsimulator absolvierte Ausbildungsanteile als fahrpraktische Ausbildung anzurechnen, dürfen in der Berufskraftfahrerausbildung bereits vier von zehn Unterrichtseinheiten auch auf einem entsprechenden Simulator absolviert werden (Ansel, 2009, S. 20). Im europaweiten Vergleich sind es unter anderem Finnland, Frankreich, Niederlande, Portugal und die Slowakei, die Simulatorstunden in der Pkw-Fahrausbildung offiziell anerkennen (vgl. Kapitel 3.1).

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass auf die Fahrschulbranche vielfältige Einflussfaktoren, die aus den verschiedensten sozialen, ökonomischen, politischen und technologischen Bereichen an sie herangetragen werden und so zu komplexen Zusammenhängen führen, einwirken. Bei analytischer Perspektive ist hierzu festzuhalten, dass aus dem Zusammenwirken der Faktoren komplexe Herausforderungen resultieren, für die noch keine ausgereiften Lösungen bereitstehen. Für andere Herausforderungen sind hingegen bereits optionale Lösungen verfügbar, um die Fahrausbildung zu stärken und nachhaltig weiterzuentwickeln. Große Potenziale dürften dabei dem Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung zuzuschreiben sein. Als Grundlage der Argumentation dienen hierzu folgende Aspekte:

- Im direkten Vergleich mit Fahrschul-Pkw – unabhängig davon, ob mit konventioneller oder vollelektrischer Antriebstechnik – haben Fahrsimulatoren einen geringeren Energieverbrauch und verursachen zudem keine Feinstaub-Emissionen im Fahrbetrieb (Reindl et al., 2015).
- Weiterhin liegen die Anschaffungsinvestitionen und Betriebskosten geeigneter Fahrsimulatoren deutlich unter denen von Fahrschulfahrzeugen.
- Daneben können Ausbildungsstunden am Fahrsimulatoren in bestimmten Situationen ohne die direkte Einbindung einer Fahrlehrerin oder eines -fahrlehrers durchgeführt werden. Beide Faktoren senken die Kosten aus Fahrschul- sowie aus Fahrschülerinnen- und -schülerperspektive gleichermaßen.
- Außerdem könnte auch mittels Fahrsimulatoreinsatz dem akuten Fahrlehrermangel in der Branche begegnet werden, denn Fahrsimulatortrainings sind im Vergleich zu realen Fahrstunden deutlich weniger personalintensiv.

- Darüber hinaus ist zu vermuten, dass der verstärkte Fahrsimulatoreinsatz die öffentliche Wahrnehmung von Fahrschulen nachhaltig und in positiver Weise in Richtung eines innovativen Branchenzweigs beeinflussen könnte.

Der letzte Aspekt ist vor allem vor dem Hintergrund bedeutend, da die Fahrausbildung in der Fahrschule für junge Menschen als prägendes Ereignis vor der aktiven Teilnahme am Individualverkehr mittels Pkw anzusehen ist. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich Deutschland durch eine technologisch und didaktisch fortschrittlich ausgerichtete Fahrausbildung auch im internationalen Vergleich als Vorreiter und Innovator im Mobilitätsbereich positionieren könnte.

Auch aus didaktischer Perspektive und im Sinne der Erhöhung der Ausbildungsqualität sprechen viele Faktoren für eine Intensivierung des Simulatoreinsatzes in der Fahrausbildung. So existieren bereits wissenschaftliche Untersuchungen, die dem Fahrsimulatoreinsatz eine Vielzahl an Chancen und Möglichkeiten innerhalb der Fahrausbildung attestieren. Die Empfehlungen, die aus den Untersuchungsergebnissen resultieren, gehen dabei so weit, dass die Substitution einzelner Fahrstunden im Fahrschul-Pkw durch Fahrstunden im Fahrsimulator zu einer Erhöhung der Ausbildungs- und Lernqualität beitragen kann. Trotz der skizzierten Chancenfelder bietet die Gesetzgebung derzeit keine Möglichkeit, Ausbildungsanteile, die auf einem Fahrsimulator absolviert werden, als fahrpraktische Ausbildung gemäß §§ 5 und 5a der Fahr Schüler-Ausbildungsordnung (FahrschAusbO) anzuerkennen bzw. anzurechnen (Reindl et al., 2015, 2023).

Vor dem skizzierten Hintergrund ist es grundlegendes Gesamtziel, ein auf wissenschaftlichen Methoden basierendes Konzept für die Nutzung von Fahr simulatoren in der Fahrausbildung mit dem Schwerpunkt auf den Erwerb der Pkw-Fahrerlaubnis (Klassen B und BE) zu erarbeiten. In die Analysen wird dazu der gesamte Fahrausbildungsprozess – vom Theorieunterricht über die praktische Fahrausbildung bis hin zum Führerscheinerwerb – einbezogen. Entlang dieser Prozesskette sind die individuellen Einsatzmöglichkeiten von Fahr simulatoren zu prüfen und zu bewerten.

Die anzustrebenden Studienergebnisse sind aus wissenschaftlicher Perspektive auf konkrete Aussagen zu Lerninhalten und Kompetenzen, die durch den Einsatz von Fahr simulatoren in der Fahrausbildung vermittelt werden können, gerichtet.

Damit möchte das Projektteam einen entscheidenden Beitrag dazu leisten,

- die Fahrausbildung in Deutschland zu modernisieren und zukunftsfähig auszurichten,
- die Ausbildungsqualität und Verkehrssicherheit dauerhaft zu erhöhen sowie
- den Umweltschutz und die Verringerung von Emissionen voranzutreiben.

Wie zuvor beschrieben ist das strukturbildende Element der Studie eine prozessuale Perspektive bezüglich der Fahrausbildung, die sowohl die Theorie- als auch die Praxisausbildung bis hin zum Führerscheinerwerb integriert. Dies beinhaltet auch eine weitere Differenzierung nach einzelnen Ausbildungsschwerpunkten und -abschnitten – wie beispielsweise der Grundausbildung, Nachfahrten oder Autobahnfahrten.

Zur Erreichung des bereits beschriebenen Gesamtziels sind im Rahmen des Projekts die im Bild 1 aufgeführten und miteinander verzahnte Teilziele zu realisieren.

➔ **Ausarbeitung eines auf wissenschaftlichen Methoden basierenden Konzepts zur Nutzung von Fahrsimulatoren in der Pkw-Fahrausbildung (Fahrerlaubnisklassen B, BE)**

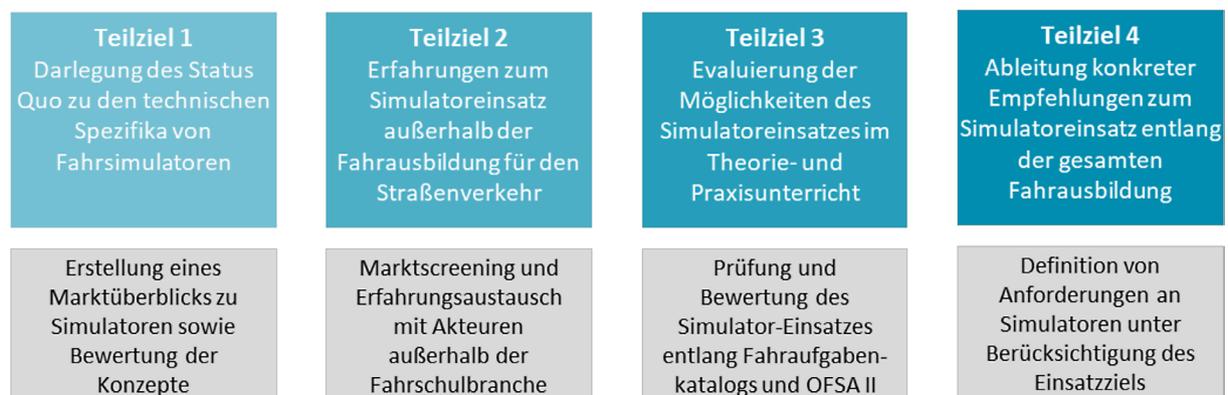


Bild 1: Teilziele in der Projektbearbeitung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Teilziel 1: Darlegung des Status Quo zu den technischen Spezifika von Fahrsimulatoren

Der Markt für Fahrsimulatoren ist mit einem umfangreichen Produktspektrum breit aufgestellt. Dabei variieren die einzelnen Simulatoren in ihren Ausbaustufen und den vorausgesetzten Einsatzzwecken erheblich. Es ist davon auszugehen, dass Simulatoren für das Trainieren ausschließlich einfacher Bedienungsfänge technisch deutlich weniger komplex aufgebaut sind als Simulatoren, die das Führen des Fahrzeugs im Straßenverkehr mit einer Kombination verschiedener Ereignisse und Bedienungsfänge sehr detailreich und realitätsnah abbilden. Damit einhergehend dürften auch die Anschaffungsinvestitionen sowie die laufenden Betriebskosten der unterschiedlichen Simulatorklassen bzw. -arten deutlich variieren. Um im weiteren Verlauf der Studie tragfähige Aussagen treffen zu können, welche Simulatoren für welche Einsatzzwecke und zu welchem Zeitpunkt der Fahrausbildung in Theorie oder Praxis einzusetzen sind, besteht das erste Teilziel darin, einen Marktüberblick zu Fahrsimulatoren zu erstellen und die Eignung verschiedener Simulatoren zu bewerten.

Teilziel 2: Erfahrungen zum Simulatoreinsatz außerhalb der Fahrausbildung für den Straßenverkehr

Neben der Ausbildung zum Führen von Kraftfahrzeugen werden Simulatoren auch in vielen anderen Bereichen eingesetzt. Als Beispiele sind hier die Luftfahrt oder auch der Bahnbereich zu nennen. Auch im Motorsport werden Simulatoren zunehmend eingesetzt – einerseits bezüglich der Fahrzeugentwicklung und -abstimmung, andererseits zu Wettbewerbszwecken im sogenannten „Sim-Racing“. Hinsichtlich Komplexität und Realitätstreue weisen diese Simulatoren große Unterschiede auf, wobei die professionellen Motorsport-Simulatoren hinsichtlich der Vermittlung eines realitätsnahen Fahrgefühls gegenüber den gebräuchlichen Simulatoren in der Pkw-Fahrausbildung im Vorteil sind. Um die Perspektive dieser und weiterer Branchen außerhalb der klassischen Fahrausbildung in die Studie einfließen zu lassen, besteht das zweite Teilziel aus einem Marktscreening und Erfahrungsaustausch mit den jeweiligen Akteuren.

Teilziel 3: Evaluierung der Möglichkeiten des Fahrsimulatoreinsatzes im Theorie- und Praxisunterricht

Im Hinblick auf die praktische Fahrausbildung ist insbesondere auf die Fahraufgaben und Fahrkompetenzbereiche gemäß dem aktuellen Fahraufgabenkatalog Bezug zu nehmen.

Der Fahraufgabenkatalog beinhaltet die Anforderungs- und Bewertungsstandards gemäß der Prüfungsrichtlinie für alle Fahrerlaubnisklassen in strukturierter Form. Ferner bildet dieser die inhaltliche Grundlage für das elektronische Prüfprotokoll zur Dokumentation der Prüfungsleistungen. Die im Fahraufgabenkatalog beinhalteten Fahraufgaben stellen musterhafte zu bewältigende Verkehrssituationen dar, wie sie im realen Straßenverkehr erlebt werden können. Der Fahraufgabenkatalog umfasst knapp 20 konkrete Fahraufgaben wie beispielsweise Kurvenfahrten, das Befahren von Ein- und Ausfädelungstreifen, Fahrten in Kreisverkehren, das Vorbeifahren an Hindernissen und Engstellen oder das Rechtsabbiegen an Kreuzungen und Einmündungen. Für jede einzelne dieser Fahraufgaben ist innerhalb des Projekts zu prüfen und zu bewerten, ob und in welchem Umfang Fahrsimulatoren zur Vermittlung der in den Fahrsituationen benötigten Kompetenzen eingesetzt werden können. Jene Empfehlungen für einzelne Fahraufgaben erfolgen dabei auch immer unter expliziter Berücksichtigung der Kompetenzbereiche. Insbesondere durch dieses Teilziel kann konkret aufgezeigt werden, ob und in welcher Höhe bzw. mit welchen Stundenumfängen Unterrichtseinheiten am Simulator als praktische Ausbildung gemäß §§ 5 und 5a FahrschAusbO anrechenbar sind. Hinsichtlich der Theorieausbildung ist das OFSA II Konzept und daraus insbesondere die Gestaltungsempfehlungen mit in die Konzeption einzubeziehen. Insbesondere durch die starke Orientierung an der offiziellen Strukturierung, dem bestehenden Rechtsrahmen sowie der Fahrausbildungsverläufe stellt das Projektteam sicher, dass die Ergebnisse und Aussagen der Studie sehr konkret und direkt in die weitere Entscheidungsfindung zur Weiterentwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen der Fahrausbildung einfließen können (Fahrschüler -Ausbildungsordnung, 2012; Sturzbecher et al., 2022).

Teilziel 4: Ableitung konkreter Empfehlungen zum Simulatoreinsatz entlang der gesamten Pkw-Fahrausbildung

Vor dem Hintergrund des formulierten Gesamtziels des Projekts, nämlich ein auf wissenschaftlichen Methoden basierendes Konzept für die Nutzung von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung zum Erwerb der Pkw-Fahrerlaubnis zu erarbeiten, sind zunächst die konkreten Anforderungen an Fahrsimulatoren bezüglich deren Leistungsfähigkeit und Bedienbarkeit sowie im Hinblick auf deren didaktische Eignung zu definieren, um gewollte pädagogische und lernpsychologische Effekte in Theorie und Praxis der Fahrausbildung zu erreichen. Die hierzu auszuweisenden „Mindestanforderungen an leistungsfähige Simulatoren“ resultieren letztlich aus den zu vermittelnden Zielkompetenzen mit theoretischen und praktischen Bezügen während der Fahrausbildung. Anhand einer geeigneten Klassifizierung entlang der Ausbildungsphasen ist dazu eine Bewertung zur Eignung einzelner Simulatorkonzepte, die auf dem Markt verfügbar sind, durchzuführen. Die konkret auszuweisenden Anforderungen an geeignete Fahrsimulatoren sind im Hinblick auf die technische Ausstattung und Ausführung bezüglich der Hard- und Software sowie im Hinblick auf Feedback-Optionen, die dann gezielt zu konkreten Lernfortschritten führen müssen, gerichtet.

Nach Bearbeitung und Abschluss der auf den Teilzielen basierenden Arbeitspakete sind die Ergebnisse im Rahmen dieses Abschlussberichtes dargelegt sowie inhaltlich verdichtet und zusätzlich grafisch im Rahmen von Präsentationsunterlagen aufbereitet.

0.2 Vorgehensweise

Im Rahmen des Gesamtprojektes werden ineinander vernetzt Methoden der Desk- und Field-Research eingesetzt. Zudem folgt die Projektbearbeitung einem „Mixed Methods-Ansatz“ mit quantitativen sowie qualitativen Untersuchungsmethoden. Die finale Studie wird die Ergebnisse zu folgenden sechs, inhaltlich und methodisch ineinander verzahnte Arbeitspakete (AP) beinhalten, die innerhalb dieses Berichts dokumentiert sind:

- Arbeitspaket 1: Auftaktbesprechung
- Arbeitspaket 2: Status quo zum Einsatz von Fahrsimulatoren
- Arbeitspaket 3: Beschreibung der Lerninhalte und Komponenten
- Arbeitspaket 4: Vorschläge zur Integration der Simulatoreausbildung in die Fahrausbildung
- Arbeitspaket 5: Erarbeitung und Beschreibung der Anforderungen an Simulatoren
- Arbeitspaket 6: Ergebnispräsentation und -diskussion

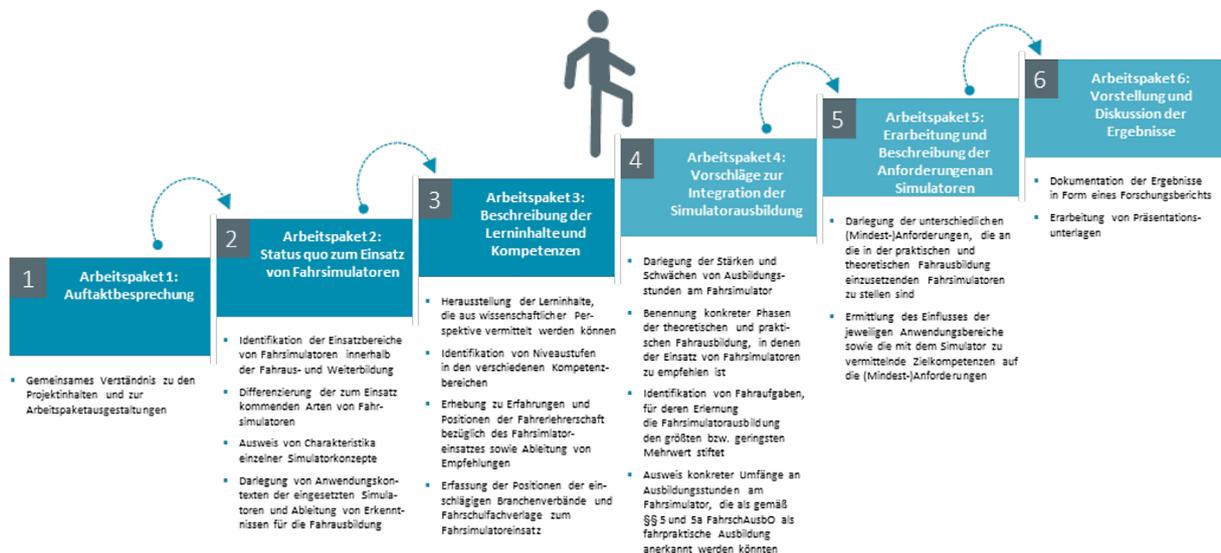


Bild 2: Vorgehensweise (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Arbeitspaket 1: Auftaktbesprechung

Das erste Arbeitspaket umfasste eine Auftaktbesprechung zwischen der Auftraggeberin und den relevanten Projektmitgliedern. Die Auftaktbesprechung als offizieller Kick-Off stellte so einen wichtigen ersten Schritt im Projekt dar und ist für den weiteren Projektverlauf von elementarer Bedeutung. Mit dem Auftakt hatte das Projektteam vielfältige Aspekte abzustimmen, die sowohl ablaufseitige und organisatorische als auch inhaltliche Projektbearbeitung betrafen. So war in der Auftaktbesprechung zunächst die Vorstellung der im Projekt involvierten Mitarbeiter seitens Auftraggeberin und Auftragnehmer vorzusehen, in deren Verlauf auch die jeweiligen Rollen und Verantwortlichkeiten dargelegt wurden. Weiterhin waren die im Projektverlauf anzuwendenden Kommunikationswege und -kanäle festzulegen. Hinsichtlich der inhaltlichen Projektbearbeitung sollte vor allem das einheitliche Verständnis des gesamten Projektteams für die in der Vorhabenbeschreibung formulierten Projektziele und -anforderungen geschaffen und final abgestimmt werden.

Arbeitspaket 2: Status quo zum Einsatz von Fahrsimulatoren

Im Mittelpunkt des zweiten Arbeitspakets stand die Darlegung des aktuellen Stands zum Fahrsimulatoreinsatz. Grundsätzlich waren innerhalb dieses Arbeitspakets folgende Fragestellungen zu beantworten:

- In welchen Bereichen der Aus- und Weiterbildung werden Fahrsimulatoren eingesetzt?
- Welche Arten von Fahrsimulatoren kommen zum Einsatz?
- Wie unterscheiden sich einzelne Simulatorkonzepte hinsichtlich ihrer zentralen Charakteristika?
- In welchen weiteren Anwendungskontexten kommen Simulatoren zum Einsatz und welche Erkenntnisse lassen sich daraus für die Fahrausbildung ableiten?

Wenn auch der Fokus auf der Simulatornutzung in der Pkw-Fahrausbildung lag, wurde eine ganzheitliche Perspektive auf verschiedene Nutzungsszenarien für Simulatoren angestrebt. Dazu zählten vor allem auch die Bereiche Kraftrad-, Lkw- und Bus-Ausbildung, die mit in die Betrachtung einfließen sollten. Hervorzuheben ist an dieser Stelle die Berufskraftfahrerausbildung, in der ein Einsatz von Fahrsimulatoren bereits deutlich stärker etabliert ist als in der Pkw-Fahrausbildung (Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung).

Ergänzend dazu wurde die Übersicht um Simulatorsysteme aus ähnlichen Anwendungskontexten erweitert. Als Beispiele sind hier die Luftfahrt oder auch der Bahnbereich zu nennen, in denen Simulatoren bei der Aus- und Weiterbildung zum Einsatz kommen. In die Analysen aufgenommen wurden zudem Simulatoren zur Fahrzeugentwicklung und -abstimmung im Motorsport sowie Simulatorkonzepte aus dem sogenannten „Sim-Racing“ zu Wettbewerbs- und Unterhaltungszwecken.

Hinsichtlich der Bearbeitung basierte das zweite Arbeitspaket auf Methoden der Desk- und Field-Research. Basierend auf Online-Recherchen wurden zunächst Informationen zu den relevanten Simulatoranbietern und ihrer Simulatorlösungen zusammengetragen. In vorangegangenen Untersuchungen des Instituts für Automobilwirtschaft (IfA) hatte es sich bewährt, die relevanten Kerninformationen bzw. Charakteristika aus den technischen Datenblättern der Geräte in einer Synopse gegenüberzustellen. So ließ sich die Vergleichbarkeit der verschiedenen Lösungen und Modelle umfassend gewährleisten.

Zur Sicherstellung einer möglichst umfassenden Abdeckung der relevanten Marktanbieter und deren Lösungen und somit auch einer hohen Ergebnisqualität wurde die Übersicht vor der finalen Dokumentation mit Branchenvertretern aus der Praxis (Anbieter und Anwender) diskutiert – und falls nötig – ergänzt.

Arbeitspaket 3: Beschreibung der Lerninhalte und Kompetenzen

Nachdem sich das zweite Arbeitspaket vorrangig auf die technischen Spezifikationen und eine Übersicht zu verfügbaren Simulatorsystemen konzentrierte, war das dritte Arbeitspaket stark anwendungsbezogen ausgerichtet. Im Mittelpunkt dabei stand die Identifikation und Beschreibung von Lerninhalten und Kompetenzen, die aus wissenschaftlicher Perspektive mit Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung vermittelbar sein sollten.

Innerhalb des dritten Arbeitspakets waren darauf aufbauende folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Welche Lerninhalte können aus wissenschaftlicher Perspektive vermittelt werden?

- Welche Niveaustufen lassen sich durch den Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung in den verschiedenen Kompetenzbereichen erreichen?
- Wie positioniert sich die Fahrerlehrerschaft bezüglich des Fahrsimulatoreinsatzes, die bereits Erfahrungen mit der Integration von Fahrsimulatoren in die Fahrausbildung gesammelt hat? Welche Empfehlungen lassen sich daraus ableiten?
- Welche zusätzlichen Empfehlungen ergeben sich aus den Positionen der einschlägigen Branchenverbände und Fahrschulfachverlage zum Simulatoreinsatz in der Fahrausbildung?

Die Bearbeitung des dritten Arbeitspakets stellte eines der umfassendsten Arbeitsphasen im Projektvorhaben dar und erfolgte in mehreren Teilschritten. Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wurde ein weiteres Mal ein Methodenmix aus Desk- und Field-Research angewendet.

Als Grundlage wurden zunächst die bereits existierenden wissenschaftlichen Ausarbeitungen und Studien zum Themenfeld der Simulatornutzung in der Fahrausbildung identifiziert und deren relevante Kernaussagen in einer Metaanalyse ausgewertet. Dabei sollten in Abhängigkeit der Verfügbarkeit insbesondere auch wissenschaftliche Analysen aus jenen Ländern herangezogen werden, in denen der Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung bereits stärker in den einzelnen Ausbildungskonzepten verankert ist als in Deutschland. In Betracht kam an dieser Stelle vor allem Literatur aus den Ländern Österreich, Italien, Niederlande oder Portugal. Insbesondere die länderübergreifend gute Vernetzung der MOVING International Road Safety Association ließ einen guten Zugang zu relevanten Literaturquellen und Ansprechpartnern zu.

Im Rahmen der Sekundärdatenanalyse im Projektvorhaben wurden explizit auch die Ergebnisse aus vorangegangenen und laufenden Studien des Instituts für Automobilwirtschaft (IfA) im Kontext der Fahrausbildung unter Einbezug von Fahrsimulatoren einbezogen. Hervorzuheben ist hierbei eine umfassende Studie im Auftrag der ACADEMY Holding AG aus den Jahren 2015 und 2016 bezüglich der quantitativen und qualitativen Effekte des Einsatzes von Fahrsimulatoren in Fahrschulen. Vor allem jedoch das inzwischen abgeschlossene Forschungsprojekt mit einem umfassenden Vergleich zwischen klassischer und simulatorgestützter Fahrausbildung versprach wertvolle wissenschaftliche Erkenntnisse zur Beantwortung der zentralen Forschungsfragen. Kern des Projekts war ein experimenteller Versuchsaufbau, der auf einem Vergleich der Ausbildungsqualität zwischen einer Experimentalgruppe und Referenzgruppe mit jeweils mehr als 50 Probanden bezüglich des Durchlaufs relevanter Fahraufgaben des Fahraufgabenkatalogs basiert (Reindl et al. 2023).

Ergänzend zur Sekundärdatenanalyse war im Arbeitspaket eine Fahrlehrerbefragung vorgesehen. Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses standen dabei Aussagen von Fahrlehrern, die bereits Erfahrungen mit dem Einsatz von Fahrsimulatoren hatten und in deren Fahrschulen jeweils mindestens ein Fahrsimulator seit mehr als einem Jahr genutzt wurde. Der inhaltliche Aufbau der Befragung orientierte sich an den Ausbildungsinhalten der Theorie- und Praxisausbildung – und dabei insbesondere dem Fahraufgabenkatalog. Die Befragungskonzeption sah vor, dass die befragten Fahrlehrer zu jeder Fahraufgabe ihre Einschätzung abgeben sollten, ob und bis zu welchem Grad bzw. in welchem Umfang ein Fahrsimulator zur Vermittlung der notwendigen Kompetenz dienen kann.

Basierend auf den Befragungsergebnissen sowie auf Grundlage der Datenanalyse vorangegangener Studien und Projekte erfolgte die Beschreibung der mithilfe von Simulatoren vermittelbaren Lerninhalte und Kompetenzen – unter Berücksichtigung lernpsychologischer bzw. pädagogischer Gesichtspunkte.

Bevor im darauffolgenden Arbeitspaket 4 konkrete Vorschläge zu einer möglichen Integration der Simulatoreausbildung in die theoretische und praktische Fahrausbildung ableitbar waren, sollte innerhalb eines Workshops das Stimmungs- und Meinungsbild der relevanten Branchenakteure in Erfahrung gebracht werden. Als Workshop-Teilnehmer waren neben der Auftraggeberin und dem Projektteam insbesondere Vertreter der relevanten Branchenverbände und Fachverlage vertreten. Der Workshop zielte nicht zuletzt auch darauf ab, die Akteure hinsichtlich der Veränderungsdynamik bei innovativen technischen Lösungen im Simulatorbereich und deren Auswirkungen auf die Fahrausbildung zu sensibilisieren.

Abgeschlossen wurde das dritte Arbeitspaket mit einem Zwischenbericht. Zudem erfolgte die Präsentation der Zwischenergebnisse durch das Projektteam, um die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Relevanz und Tragfähigkeit mit der Auftraggeberin zu diskutieren.

Arbeitspaket 4: Vorschläge zur Integration der Simulatoreausbildung in die Fahrausbildung

Das vierte Arbeitspaket zielte darauf ab, die zuvor erarbeiteten Erkenntnisse in einen konkreten Anwendungsbezug der theoretischen und praktischen Fahrausbildung zu setzen. Dazu arbeitete das Projektteam konkrete Vorschläge aus, um aufzuzeigen, inwiefern eine Ausbildung am Fahrsimulator in die theoretischen und praktischen Fahrausbildungsteile integrierbar wäre. Hinsichtlich der theoretischen Fahrausbildung orientierte sich das Projektteam insbesondere an dem OFSA II-Konzept und dessen Gestaltungsempfehlungen. Die strukturbildenden Elemente für die Gestaltungsvorschläge zur praktischen Fahrausbildung bildeten die Fahraufgaben sowie deren Fahrkompetenzbereiche gemäß des aktuellen Fahraufgabenkatalogs. Damit ließen sich innerhalb des Arbeitspakets 4 folgende zentrale Fragestellungen beantworten:

- Ist es aus pädagogisch-psychologischer Perspektive und unter Einbezug wissenschaftlicher Erkenntnisse sinnvoll und zielführend, Fahrsimulatoren in den Fahrausbildungsprozess zu integrieren?
- In welchen Phasen und Abschnitten der theoretischen und praktischen Fahrausbildung ist der Einsatz von Fahrsimulatoren empfehlenswert?
- Welche Stärken und Schwächen weisen Ausbildungsstunden am Fahrsimulator auf?
- Bei welchen Fahraufgaben stellt die Fahrsimulatoreausbildung hinsichtlich der Vermittlung von Fahrkompetenz den größten bzw. geringsten Mehrwert dar?
- Zu welchen Stundenumfängen sollten Ausbildungsstunden am Fahrsimulator gemäß §§ 5 und 5a FahrschAusbO als fahrpraktische Ausbildung anerkannt werden?

Die Ausarbeitung sämtlicher Gestaltungsempfehlungen und Vorschläge erfolgte unter besonderer Berücksichtigung von pädagogisch-lernpsychologischen und didaktischen Gesichtspunkten.

Arbeitspaket 5: Erarbeitung und Beschreibung der Anforderungen an Simulatoren

Das fünfte Arbeitspaket griff die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 3 und 4 direkt auf, um diese um konkrete Anforderungsbeschreibungen bezüglich Leistung und Bedienung der während der Fahrausbildung einzusetzenden Simulatoren zu ergänzen. Dabei waren auch Erkenntnisse aus der im Arbeitspaket 2 erstellten Analyse zur Angebotssituation und zum aktuellen Status quo zu berücksichtigen.

Im Mittelpunkt dabei standen folgende zu beantwortende Fragen:

- Welche unterschiedlichen (Mindest-)Anforderungen sind an die in der praktischen und theoretischen Fahrausbildung einzusetzenden Fahrsimulatoren zu stellen?
- Welchen Einfluss haben die jeweiligen Anwendungsbereiche sowie die mit dem Simulator zu vermittelnde Zielkompetenzen auf die (Mindest-)Anforderungen?

Mit der Beantwortung dieser Fragen sollte dem Umstand Rechnung getragen werden, dass der Markt für Fahrsimulatoren mit einem umfangreichen Produktspektrum breit und zugleich tief aufgestellt ist. So wurde innerhalb des Arbeitspakets 5 berücksichtigt, dass sich die einzelnen Simulatoren in ihren Ausbaustufen, der technischen Komplexität sowie den vorausgesetzten Einsatzzwecken erheblich voneinander unterscheiden (Reindl et al. 2016).

Die Bearbeitung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden im ersten Schritt die einzelnen Ausbildungsphasen, in denen basierend auf den Arbeitspaketen 3 und 4 ein Simulatoreinsatz möglich erscheint, hinsichtlich der zu vermittelnden Kompetenzen klassifiziert. Denkbar waren an dieser Stelle beispielsweise eine Einteilung in folgenden Klassifikationen zur Vermittlung einschlägiger Kompetenzen (vorläufige Klassifikation):

- Kompetenzen mit theoretischen und gleichzeitig praktischen Fahrausbildungsbezügen zum Verhalten in Verkehrssituationen (z. B. Vorfahrtsregelung an Kreuzungen und Einmündungen, Linksabbiegen, Fahren im Kreisverkehr, etc.)
- Kompetenzen zur (technischen) Fahrzeugbedienung (z. B. Schalthebelbedienung, Kupplungsbetätigung beim Anfahren, Lenkradbedienung, Anzeigen von Richtungswechseln, etc.)
- Kompetenzen zum eigenständigen und verantwortungsvollen Führen eines Fahrzeugs im Straßenverkehr (z. B. Anfahren bei gleichzeitiger Verkehrsbeobachtung zum Linksabbiegen, etc.)

Basierend auf dieser Einteilung wurden in einem zweiten Schritt konkrete Anforderungen an die Simulatoren in den jeweiligen Gruppen formuliert. Diese erstreckten sich über eine Vielzahl an technologischen Bereichen und betrafen u. a. Aspekte der Hardware, Software, grafischen Darstellung und des akustischen Feedbacks. Feedbackstrukturen richteten sich aber auch an die Auswertbarkeit hinsichtlich individueller Fortschritte während einzelner Fahrsimulatorstunden, um gezielt Lernfortschritte zu dokumentieren sowie um weitere gezielte Maßnahmen für den weiteren Verlauf der individuellen Fahrausbildung abzuleiten. Abschließend wurden die zuvor innerhalb des Arbeitspakets 2 identifizierten und auf dem Markt verfügbaren Simulatoren der oben genannten Klassifikation zugeordnet.

Arbeitspaket 6: Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse mit der Auftraggeberin u. dem BMDV

Nach Bearbeitung und Abschluss der Arbeitspakete 1 bis 5 waren die Ergebnisse der Untersuchungsschritte innerhalb des vorliegenden Forschungsberichts zu dokumentieren sowie inhaltlich verdichtet und grafisch im Rahmen von Präsentationsunterlagen aufzubereiten. Die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse erfolgte im Rahmen einer Präsenzveranstaltung mit der Auftraggeberin und dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr.

1 Status quo zum Einsatz von Fahr- simulatoren

1.1 Methodik und Vorgehensweise

Das Kapitel 1 widmet sich der Identifikation verschiedener Einsatzbereiche von Simulatoren innerhalb der Aus- und Weiterbildung sowie der Darlegung des aktuellen Standes der Einsatzmöglichkeiten von Fahr simulatoren.

Im Kapitel 1.2 werden gängige Simulatorkonzepte klassifiziert und die theoretische Grundlegung für den Vergleich unterschiedlicher Fahr simulatoren dargestellt. Kapitel 1.3 enthält einen Überblick über die am Markt verfügbaren Simulatoren. Es erfolgt eine Differenzierung der zum Einsatz kommenden Arten von Fahr simulatoren, um nicht zuletzt die Charakteristika einzelner Simulatorkonzepte darzulegen.

Darüber hinaus werden hierzu die Ergebnisse zu den Recherchen dokumentiert, um die Einsatzgebiete von Simulatoren abseits der Fahrschul Ausbildung zu darzulegen (vgl. Kapitel 1.4).

Hierzu werden Methoden der Desk- und Field-Research eingesetzt – mit Recherchen zum ersten Untersuchungsschritt, um die Simulatorhersteller, deren Produkte in deutschen Fahrschulen zum Einsatz kommen, zu identifizieren. Anschließend werden die detaillierten Produktinformationen der kontaktierten Hersteller dargelegt. Die Auswertungen zu den technischen Produkteigenschaften sind systematisiert und tabellarisch dargestellt. Zusätzlich sind Preise und Preismodelle sowie umfangreiche Produktinformationen synoptisch dargelegt.

1.2 Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge

1.2.1 Fahr simulator als digitales Lehr- und Lernmedium

Der fortschreitende Prozess der Digitalisierung beeinflusst eine zunehmende Anzahl an Lebensbereichen. Die Digitalisierung wirkt sich dabei auch auf Lehr- und Lernprozesse aus. Auch im Bereich der Fahrschulpädagogik deutet die Digitalisierung derzeit eine Reform zentraler Konzepte des Lernens und Lehrens an. Die komplexe Fragestellung, wie sich das Lernen und Lehren in der Fahrausbildung unter den digitalen Möglichkeiten verändern könnte, ist Gegenstand aktuell geführter Fachdiskussionen und jüngst abgeschlossener sowie laufender Forschungsprojekte.

Das „Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland“ (OFSA II) empfiehlt eine Verzahnung des Theorieunterrichts in Präsenzform mit dem selbstständigen Theorielernten der Fahrschülerinnen und -schüler (Sturzbecher et al., 2022). Unter dieser Voraussetzung kommt digitalen Medien in der Fahrausbildung eine besondere Bedeutung zu. Die folgenden Ausführungen sollen dieser Fragestellung nicht vorausgreifen. Vielmehr erfolgt eine Einordnung von Fahr simulatoren.

Im Folgenden ist zunächst der Untersuchungsgegenstand „Fahr simulator“ zu definieren, bevor auf die Einbettung des Fahr simulators als Lehr- und Lernmedium sowie die Unterscheidungsmerkmale unterschiedlicher Simulatoren eingegangen wird.

Eine Simulation im Sinne der VDI-Richtlinie 3633 entsteht durch „das Nachbilden eines Systems mit seinem dynamischen Prozesse in einem experimentierfähigen Modell [...]“ (Verein Deutscher Ingenieure, 2016, S. 2). Durch eine Simulation lässt sich analysieren und nachvollziehen, warum sich ein komplexes System auf bestimmte Art und Weise verhält. Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen einer Simulation und einem Simulator ist dabei, dass das in der Simulation erstellte Modell durch einen Simulator nutzbar gemacht werden kann: Ein Simulator kann damit für unterschiedliche Anwendungen genutzt werden und Zwecken der Forschung, der Lehre oder der Unterhaltung dienen. Als Fahrsimulatoren werden Anlagen bezeichnet, die „(Auto-)Fahren in einer virtuellen Umgebung unter kontrollierten Bedingungen“ (Frey, 2016, S. 7) ermöglichen.

Technologiegestütztes Lehren und Lernen beschreibt in der weit gefassten Definition den Einsatz von technischen Hilfsmitteln in Lehr- und Lernprozessen (Ebner et al., 2013, S. 3–4). Den am weitest gefassten Begriff zum Lernen unter Verwendung von Technologien stellt der Begriff des „Technologiegestützten Lernen“ bzw. „Technology-Enhanced Learning“ dar (Ebner et al., 2013, S. 3–4). Wie weit dieser Begriff gefasst ist, wird an den folgenden Beispielen deutlich: Technologiegestütztes Lehren und Lernen beginnt bereits, wenn beispielsweise im Unterrichtsraum von einem Lehrenden ein Video vorgeführt wird. Ebenso findet technologiegestütztes Lernen statt, wenn sich Lernende mit digitalen Kommunikationsmedien wie z. B. einer Messenger-App über den Lernstoff austauschen (Ebner et al., 2013, S. 3–4).

Ein Fahrsimulator ist demzufolge zweifelsohne als technologiegestütztes Lehr- und Lernformat einzuordnen, da der Lernprozess des Lernenden durch die Technologie des Simulators unterstützt wird und er in das didaktische Konzept des Lehrenden eingebettet wird.

Durch die digital dargestellte Simulationsumgebung, die Unterstützung der Fahrschülerin oder des -schülers durch virtuelle Anweisungen des im Fahrsimulator simulierten Fahrlehrers und die Schnittstellen zu weiteren digitalen Lehr- und Lernmedien wie bspw. Apps und Programmen, die in der Fahrschule zum Einsatz kommen, kann der Simulator als Teil einer digitalen Lernumgebung betrachtet werden. Roth (2022) definiert eine digitale Lernumgebung wie folgt: „Eine digitale Lernumgebung konstituiert sich bereits dann, wenn eine Lernumgebung durch von Lernenden interaktiv nutzbare digitale Elemente (z. B. Applets), die einen wesentlichen Beitrag zur Lernaktivität leisten, digital angereichert wurde.“ (Roth, 2022, S. 112).

Voraussetzung und Grundlage für das Lernen mit digitalen Medien sind entsprechende Produkte, die das digitale Lernen unterstützen. Es existiert eine Vielzahl an Lernmedien, die von kommerziellem Anbieter wie beispielsweise Fahrschulfachverlagen und App-Anbietern angeboten werden (Oberhauser, 2016, S. 28). Als digitale Lernmedien sind somit beispielsweise Anwendungen aufzufassen, mit denen Fahrschülerinnen und -schüler die Prüfungsfragen der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung am PC, Tablet oder Smartphone beantworten können. Typische Inhalte dieser Anwendungen sind beispielsweise die Darstellung von Fragen, die auch in Fremdsprachen erfolgen kann, eine automatische Wiederholung von Fragen, die im Vorfeld nicht unmittelbar beherrscht wurden, sowie Prüfungssimulationen. Die Auswertung des bisherigen Lernerfolgs via Lernstatistiken ist ebenfalls ein typischer Bestandteil solcher Anwendungen.

1.2.2 Klassifizierung von Fahrsimulatoren

Fahrsimulatoren lassen sich aufsteigend geordnet nach ihrer „Realitätsnähe“ in vier Kategorien unterscheiden (Reindl et al., 2015, S. 31–32):

1. Software-Simulatoren: Die Simulation entsteht durch eine Software, die auf einem herkömmlichen PC ausgeführt wird. Die Bedienung erfolgt durch Tastatur und Maus oder Touchscreen. Der Nutzer lernt Verkehrsregeln und grundlegende Abläufe im Straßenverkehr kennen.
2. Software- und Peripherie-Simulatoren: Ergänzend zum Software-Simulator werden Peripheriegeräte aus dem PC-Gaming-Zubehör an den PC angeschlossen – also in der Regel Lenkrad, Schaltung und Pedalkulisse. Die Charakteristika ähneln eher einem Computerspiel.
3. Kabinen-Fahrsimulatoren sind professionelle Fahrsimulatoren deren Bedienelemente aus Teilen bestehen, die auch in der Ausstattung von Fahrzeugen zum Einsatz kommen bzw. diesen stark ähneln (z. B. Lenkrad, Schalthebel, Sitz). Die Bedienung entspricht daher den Gegebenheiten, die auch in Fahrzeugen vorzufinden sind. Das Sichtsystem wird durch großflächige Monitore oder Projektionswände realisiert. Mithilfe von Fahrschulsoftware in Verbindung mit leistungsfähigen PCs lassen sich „realitätsnahe“ Fahrten darstellen. Kameras verfolgen die Blickbewegungen der Fahrschülerin bzw. des -schülers und ein virtueller Fahrlehrer gibt im Hintergrund Anweisungen.
4. Echtfahrzeug-Fahrsimulatoren, bei denen ein reales Fahrzeug temporär zum Fahrsimulator umgerüstet wird, leisten ebenfalls einen erheblichen Beitrag zur Fahrausbildung.

Je nach Hersteller und Modell des jeweiligen Fahrsimulators können sich innerhalb einzelner Kategorien die Bauarten von Fahrsimulatoren stark unterscheiden. So sind Kabinen-Simulatoren sowohl als Gitterrohrrahmen-Konstruktionen als auch als wesentlich aufwendigere „High-End-Konstruktionen“ erhältlich, deren Aufbau die Situation in Realfahrzeugen widerspiegeln (Reindl et al., 2015, S. 34). Im Rahmen des Forschungsprojekts, auf den sich der vorliegende Bericht bezieht, werden hauptsächlich Kabinen-Fahrsimulatoren in die Analysen einbezogen. Bild 3 fasst die unterschiedlichen Klassifizierungen zusammen.

Weitere Anhaltspunkte für die Klassifizierung von Fahrsimulatoren zeigen die „Anforderungen als leistungsfähiger Simulator für die Weiterbildung gemäß der EU-Richtlinie 2003/59/EG.“

Die Anforderungsbeschreibungen für Fahrsimulatoren als Bestandteil der Fahrschulausbildung in der Berufskraftfahrerausbildung werden in der Anlage 1 der Länderbesprechung zur Umsetzung des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes (BKrFQG) und der Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung (BKrFQV) vom 27.11.2007 definiert. In der „Handreichung zum Einsatz eines ‚leistungsfähigen Simulators‘ im Sinne der Richtlinie 2003/59/EG“ wird im Einzelnen zu den möglichen Einsatzgebieten von Fahrsimulatoren ausgeführt:

„Fahrsimulatoren können eingesetzt werden, um die Bedienung von Fahr- und Bremspedal gemäß vorab erworbener Kenntnisse über Leistungs- und Drehmomentverlauf und den optimalen Nutzungsbereich hinsichtlich Drehzahl zu trainieren“ (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 34). Des Weiteren können Fahrsimulatoren „vornehmlich dann genutzt werden, wenn es erforderlich ist, Situationen zu reproduzieren und die Fahrten zum Zweck der Nachbesprechung aufzuzeichnen.“ (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 34)

Software-Simulationen	<ul style="list-style-type: none"> → Einfachste Form der Fahrsimulatoren → Leistungsumfang: Software, die auf jedem handelsüblichen PC oder Laptop aufgespielt werden kann → Fokus: Kennenlernen von Verkehrsregeln und einfachen Abläufe im Straßenverkehr → Bedienung: Maus, Tastatur oder Joystick → Sowohl Grafikdarstellungen als auch Realitätsnähe sind stark eingeschränkt 	<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold;">Realitätsnähe</div> 
Software + Peripherie-Simulationen	<ul style="list-style-type: none"> → Software in Verbindung mit Zusatzgeräten → Leistungsumfang: Software, die auf jedem handelsüblichen PC oder Laptop aufgespielt werden kann + Peripheriegeräte (häufig Lenkräder, Schaltung oder Pedalerie) → Fokus: Kennenlernen der Verkehrsregeln und einfachen Abläufe im Straßenverkehr → Bedienung: Lenkrad, Schaltung und Pedalerie → Beschränkte Realitätsnähe, eher Computerspiel-Charakter 	
Kabinen-Fahrsimulatoren	<ul style="list-style-type: none"> → Professionelle Fahrsimulatoren → Leistungsumfang: Nachgebildete oder originale Fahrzeugausstattung (Lenkrad, Anzeigen etc.); Sichtsystem (Bildschirm/e, Leinwände); → Unterschiedlichste Lern-/Fahrschulsoftware → Fokus: Simulation von realen Fahrten, Einbindung in die Fahrausbildung → Bedienung: entspricht realen Gegebenheiten → Erheblicher Beitrag zur Fahrausbildung 	
Echtfahrzeug-Fahrsimulatoren	<ul style="list-style-type: none"> → Temporäre Umrüstung eines realen Fahrzeugs zum Fahrsimulator → Leistungsumfang: Sensoren, Lern-/Fahrschulsoftware, Zusatzausstattung, Sichtsystem (Bildschirm/e, Leinwände) → Fokus: Simulation von realen Fahrten, Einbindung in die Fahrausbildung, Events → Bedienung: reale Fahrzeugausstattung → Erheblicher Beitrag zur Fahrausbildung 	

Bild 3: Klassifizierung von Fahrsimulatoren nach Realitätsnähe (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2015, S. 29

Als „technische Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren“ werden folgende Komponenten benannt:

- Das Sichtsystem nimmt eine wichtige Rolle ein, da der Gesichts- und Sehsinn von elementar hoher Bedeutung für das Fahren ist. Der horizontale Sichtbereich in Fahrtrichtung sollte dabei 180° einnehmen. Die Rückspiegelansichten sind ebenfalls zu berücksichtigen (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 35).
- Das Bewegungssystem macht die fahrphysikalischen Bewegungen bei den Beschleunigungen für die Fahrschülerin oder den -schüler erlebbar. Es soll dazu beitragen, den Geschwindigkeitseindruck zu verbessern. Die Geschwindigkeitswahrnehmung kann darüber hinaus durch „weitere aktive Rückkopplungssysteme wie Lenkkraftsimulation, Sitzrüttler, Gurtstraffersysteme etc.“ simuliert werden. Darüber hinaus dient ein Bewegungssystem dazu, die „Verträglichkeit“ des Simulatorbenutzung zu erhöhen (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33–35).
- Ein Akustiksystem dient der Ansprache des menschlichen Hörsinns und hilft durch das Erzeugen und Wiedergeben von Fahrgeräuschen, „den Eindruck einer Realfahrt“ zu erzeugen. Deshalb sollten Motorgeräusche, Abroll- und Windgeräusche sowie Einzelergebnisse (z. B. Abkommen von der Fahrbahn) originalgetreu aufgezeichnet und wiedergegeben werden (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33–35).
- Für die Fahrzeugkabine wird ein Realfahrzeug empfohlen. Insbesondere sollten Fahr-, Brems-, sowie ggf. Kupplungspedal und Getriebeschaltungen einem Realfahrzeug entsprechen (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33–35).
- Das Fahrzeugmodell sollte durch ein computerbasiertes Rechenmodell abgebildet werden, dass den Eingaben an Lenkrad, Gas- und Bremspedal sowie ggf. Gangschaltung/

Kupplung folgt und damit den im Sichtsystem/Bildschirm dargestellten Bildausschnitt bestimmt. Die einem Realfahrzeug entsprechenden Leistungs- und Drehmomentkurven sowie die Beschleunigungs- und Bremsleistung soll ein reales Regelverhalten hervorrufen. Für die Überwachung und Auswertung sollten Verbrauch, Bremsentemperatur und Motorverschleiß überprüft werden können. Auch die Getriebesimulation sollte dem Realfahrzeug entsprechen. Bei Lenkung und Reifen sind Lenkübersetzung, Lenkungsanschlüge und Lenkungsrücklauf ebenso zu im Simulator abzubilden – wie ggf. ein verminderter Reibwert zwischen Fahrbahn und Reifen, etwa bei Kurvenfahrten oder im Grenzbereich der Reifenhaftung. Eher für den Schwerlastverkehr relevant sind Anforderungen an Einstellmöglichkeiten von Fahrzeugtyp, Schwerpunktlage und Beladungszustand, also Faktoren, die die Fahrdynamik beeinflussen. Dies ermöglicht, unterschiedliche Achslasten – und damit die Simulation von Grenzsituationen wie bspw. Schleudern, Kippen und ABS-Bremungen – abzubilden (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33–36).

- Die Datenbasis des Simulators muss Fahraufgaben abbilden können, d. h. einen autonomen Verkehr. Ausdrücklich genannt werden Stadtgebiete mit schaltbaren Ampeln und unterschiedlicher Verkehrsdichte sowie Fahrten in der Stadt, auf Landstraßen und Autobahnen. Auch Umweltbedingungen wie Nebel, Regen oder Schnee sollten einzustellen sein. Um den Eindruck vom Fahren im Realverkehr zu erzeugen, sind weitere Verkehrsteilnehmer in der Simulation auf den Straßen unterwegs (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 33–36).
- Messtechnik, Bedienoberfläche und Auswertung: Die Übungsszenarien des Fahrsimulators sollten einfach und flexibel hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Lernenden anzupassen sein. Durch eine geeignete Messtechnik muss eine Nachbesprechung der gefahrenen Übung ermöglicht werden. Hierzu werden ausdrücklich Aufzeichnungen von mindestens zwei Videokanälen (Fahrzeuginnenraum und Außensicht), automatische Auswertung von Verbrauch, Geschwindigkeit, Verstoß gegen Verkehrsregeln, Verlassen der idealen Fahrspur, Quer- und Längsbeschleunigungen mit Maximal- und Mittelwerten erwähnt (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 37). „Gleiches gilt für die Betätigung von Fahrpedal, Bremse, Lenkung und Gangwahl.“ (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007, S. 37).

Darüber hinaus zeigt die weiter ausdifferenzierte Darstellung von Theimert in der Tabelle 1 auf, welche Ausprägungsformen die Sicht-, Bewegungs-, Fahrzeug- und Akustiksimulationen einnehmen können.

Sichtsimulation	Bewegungssimulation	Fahrzeugsimulation	Akustiksimulation
Modellierung der Realität	Fahrdynamikmodell	Komponentensimulation	Soundmuster
<ul style="list-style-type: none"> • Grafik und Topologie der Landschaft und Straßen • Wetterverhältnisse • Verkehr/Spurführung/Verhaltensregeln 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrdynamik • Lenkung • Straßencharakteristik 	<ul style="list-style-type: none"> • Antriebskomponenten • Fahrwerkskomponenten • Elektrik/Elektronik 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeitsabhängig • Drehzahl-/lastabhängig • Wegabhängig • Situationsabhängig
Datenbasis	Bewegungsarten	Fahrzeuggestaltung	Beschaltung
<ul style="list-style-type: none"> • Statisch • Modular • Dynamisch 	<ul style="list-style-type: none"> • Translatorische Bewegungen • Rotatorische Bewegungen • Schwingungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modulare Fahrzeugkomponenten • Existierendes Fahrzeug 	<ul style="list-style-type: none"> • Kabine • Umfeld
Projektionsarten	Bewegungstechniken	Bedienumfeld	Akustikkomponenten
<ul style="list-style-type: none"> • Einfach/Mehrfach • Zylindrische Projektion • Sphärische Projektion • Kollimatorprojektion • Head Mounted Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Neigungstechniken • Drehtische • Aktuatoren • Hexapod • Schlittensysteme • Vibrationselemente 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrstände/Stellteile • Teilfahrzeuge • Gesamtes Fahrzeug 	<ul style="list-style-type: none"> • Mischpult • Verstärker • Lautsprecher

Tab. 1: Konzepte von Fahrsimulatorkomponenten der Sicht-, Bewegungs-, Fahrzeug- und Akustiksimulation (Quelle: Theimert, 2006, S. 10)

1.3 Produktvergleich

Das durchgeführte Marktscreening stützt sich auf Daten, die auf Basis der Informationsangebote von Herstellern abrufbar sind. Fehlende Daten wurden bei den Herstellern direkt durch das Institut für Automobilwirtschaft (IfA) angefragt.

Die in Bild 4 bis 8 aufgeführten Datenblätter zeigen die konsolidierten Informationen zu allen Fahrsimulatoren, die für die vorliegende Untersuchung analysiert wurden.

Ergänzend zur Desk Research haben die Projektverantwortlichen Fachtagungen und -ausstellungen sowie Fahrschulen besucht, um einen weiterführenden Einblick bezüglich der analysierten Simulatoren zu erhalten. Mithilfe von Expertengesprächen mit Sachverständigen und Führungskräften von Herstellern wurde die Tragfähigkeit der Rechercheergebnisse abgesichert.

1.3.1 Fahrsimulatoren für die Klassen A, A1, A2, AM

Die Fahrstände der analysierten Kabinen-Simulatoren für Zweiräder sind in der Regel den üblichen Rahmenformen von Leichtkrafträdern nachempfunden. Die Plattformen der Simulatoren sind üblicherweise statisch ausgeführt. Bewegungssysteme sind bislang nicht verbaut. Aufgrund der geringen Aufstellfläche und Beschaffungsinvestitionen im Vergleich zu Pkw-Echtfahrzeug-Simulatoren werden ebenfalls Echtfahrzeug-Motorrad-Simulatoren angeboten, bei denen Motorräder auf Bewegungsplattformen montiert sind. Die Fahrzeugbewegungen beim Bremsen, bei Kurvenfahrten und Fahrbahnunebenheiten werden auf diese Weise abgebildet. Das Sichtsystem mit „simulierten“ Außenspiegeln komplettieren den Echtfahrzeug-Simulator.

Das Angebot an Fahrsimulatoren für die Zweiradklassen fällt weniger umfangreich aus als für andere Fahrerlaubnisklassen. Der Verbreitungsgrad in Fahrschulen ist ebenfalls wesentlich niedriger.

Hardware	
Kabine	Einsitziger Fahrstand
Größe (L x B x H)	130 cm x 70 cm x 102 cm
Aufstellfläche	k. A.
Netzanschluss	k. A.
Gewicht (Fahrstand)	30 kg
Gewicht (Sichtsystem)	Fest verbunden
Virtueller, horizontaler Sichtwinkel	180 Grad
Sichtsystem (vorne/hinten, Brille?)	Notebook oder zwei Monitore
Fahrstand (Motion Seat/statisch/?)	Statisch
Gangschaltung (Gänge?)	k. A.
Cockpit-/Bedienelemente aus Realfahrzeug?	Lenker und Sitz sind Originalteilen nachempfunden
Audiosystem	k. A.
Head-Unit (PC)	k. A.
Stromverbrauch	Notebook
Hardwareoptionen	k. A.
Software	
Fahrerlaubnisklassen	AM, A1, B196, A2
Software-Abdeckung	Stadt, Überland, Autobahn, verschiedene Witterungsverhältnisse, Gefahren
Schnittstellen (z. B. ELBE)	Internet und Intranet zur Schülerdatenbank
Highlights/Besonderheiten Software	Analyse/Auswertung, Trainer-Modus, Fahrzeug konfigurierbar
Unverbindliche Preisempfehlung in € (netto)	k. A.
Abos/Lizenzgebühren etc. laufend in € (netto)	k. A.

Tab. 2: Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen AM, A1, A2, B196. (Quellen: Angaben der Hersteller SimuAssist, Lander Simulation & Training Solutions (konsolidiert))

1.3.2 Fahrsimulatoren für die Klassen B und BE

Das Angebot an Kabinen-Fahrsimulatoren für die Klassen B und BE ist umfangreich. Neben spezialisierten Herstellern bieten Fahrschul-Fachverlage entsprechende Simulatoren an. Die Sichtsysteme bestehen bei den analysierten Simulatoren überwiegend aus drei nebeneinander montierten Monitoren, die einen Blickwinkel nach vorne von bis zu 180 Grad abbilden. VR-Brillen sind häufig optional erhältlich, aber nicht anbieterübergreifend etabliert. Der Einsatz von Videoprojektoren und Leinwänden stellt ebenso eine Randerscheinung dar.

Software-Zusatzmodule werden häufig für ökologisch optimiertes Fahren und Blaulichtfahrten angeboten. Darüber hinaus besteht oftmals die Möglichkeit, einen Pkw-Simulator softwareseitig zum Training von Transporter-, Lkw- und Bus-Übungsstunden aufzurüsten. Das Bewegungssystem („Motion-Base“) ist häufig optional verfügbar.

Hardware	
Kabine	Einsitziger, fester Fahrstand
Größe (L x B x H)	Mittelwert: 166 cm x 127 cm x 125 cm
Aufstellfläche	Mittelwert: 177 cm x 164 cm
Netzanschluss	220 bis 230 Volt
Gewicht (Fahrstand)	40 bis 140 kg
Gewicht (Sichtsystem)	Meist fest integriert, ansonsten zwischen 15 bis 60 kg
Virtueller, horizontaler Sichtwinkel	120 bis 180 Grad
Sichtsystem (vorne/hinten, Brille?)	Drei Frontmonitore, teils auch Rückfahrmonitor, VR teilweise optional
Fahrstand (Motion Seat/statisch/?)	Basis ist meist statisch, optional tlw. mit Motion Base ausrüstbar
Gangschaltung (Gänge?)	5- oder 6-Gang-Schaltgetriebe, vereinzelt auch Automatik optional
Cockpit-/Bedienelemente aus Realfahrzeug?	Blinker, Lichtschalter, Park-/Handbremse, Lenkrad, Schaltknauf
Audiosystem	PC, Lautsprecher, Kopfhörer oder VR-Brillen
Head-Unit (PC)	Windows-PC
Stromverbrauch	von 300 W bis zu 1 KW
Hardwareoptionen	Motion Base als häufigste optionale Konfiguration
Software	
Fahrerlaubnisklassen	B, teils BE, C, C1E, CE und D
Software-Abdeckung	Autobahn, Überland, Stadt, versch. Witterungen, Manövrieren, Gefahrensituationen, Anhänger, teilweise Steigungen oder Rennsport-Simulation
Schnittstellen (z. B. ELBE)	Keine oder lediglich zur anbietereigenen Software
Highlights/Besonderheiten Software	Fremdsprachen, oft Analyse/Auswertung, autonom anwendbar, teilweise Aufzeichnung, Fernsteuerung oder Konfigurationsmöglichkeiten
Unverbindliche Preisempfehlung in € (netto)	15.400 Euro bis 31.101 Euro
Abos/Lizenzgebühren etc. laufend in € (netto)	selten laufende Gebühren, starke Abweichungen

Tab. 3: Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen B, BE, C, CE, C1E und D (Quelle: Angaben der Hersteller Degener, Foerst GmbH, SiFaT RoadSafety GmbH, SimuAssist, TenstarSimulation AB, Verlag Heinrich Vogel (konsolidiert))

1.3.3 Fahrsimulatoren für die Klassen C, CE, C1, C1E und D, DE, D1, D1E

Für die Aus- und Weiterbildung von Berufskraftfahrern kommen in Fahrschulen Simulatoren zum Einsatz, die explizit auf die Fahrzeugstrukturen eines Lkw ausgerichtet sind.

Zur Ausbildung in den Bus-Klassen wird bei den meisten Herstellern dieselbe oder lediglich geringfügig angepasste Simulator-Hardware verwendet, weshalb die Simulatoren für die Klassen D, DE, D1, D1E in der linksstehenden Tabelle ebenfalls mit einbezogen sind.

Sowohl für die Lkw- als auch für die Busausbildung kann ergänzend ein „Virtual Reality Walkaround“ zum Einsatz kommen, bei dem Fahrschülerinnen und -schüler mittels VR-Brille das Fahrzeug von außen besichtigen können, um beispielsweise Abfahrtskontrollen vorzunehmen oder bei Gespannen das Trennen und Verbinden vorzunehmen.

Hardware	
Kabine	Einsitziger, fester Fahrstand
Größe (L x B x H)	Mittelwert: 201 cm x 236cm x 178 cm
Aufstellfläche	Mittelwert: 210 cm x 285 cm
Netzanschluss	220 bis 230 Volt
Gewicht (Fahrstand)	Mittelwert: 234 kg (von 160 kg bis 300 kg)
Gewicht (Sichtsystem)	Meist fest integriert, ca. 50 kg
Virtueller, horizontaler Sichtwinkel	180 Grad
Sichtsystem (vorne/hinten, Brille?)	Drei Frontmonitore, teils zusätzliche Monitore zur Darstellung der Spiegel
Fahrstand (Motion Seat/statisch?)	Bewegungsmodul tlw. integriert, tlw. optional
Gangschaltung (Gänge?)	Alle bieten Automatik, optional tlw. auch Schaltgetriebe
Cockpit-/Bedienelemente aus Realfahrzeug?	Lenkrad, Sitz, oft Bedienelemente oder auch Pedalerie
Audiosystem	Über den PC oder Lautsprecher
Head-Unit (PC)	Windows-PC
Stromverbrauch	Keine ausreichenden Angaben
Hardwareoptionen	Vereinzelt angeboten: Fahrtenschreiber, Bedienelement für Differentialsperre
Software	
Fahrerlaubnisklassen	C, CE, C1E, meist auch D und teils DE
Software-Abdeckung	Stadt, Überland, Autobahn, versch. Witterungen, Rangieren, teils Gefahrentraining, An- und Abkoppeln, Fahrerassistenzsysteme, Steigungen und Eco-Training sowie vereinzelt Einsatzfahrten
Schnittstellen (z. B. ELBE)	Meist keine Angabe zu Schnittstellen
Highlights/Besonderheiten Software	Echtzeit-Anpassungen, mehrere Fremdsprachen, oft Analyse und Bewertung, vereinzelt dynamische Beladung und konfigurierbare Fahrzeuge
Unverbindliche Preisempfehlung in € (netto)	Zwischen 32.800 Euro und 44.800 Euro; Mittelwert für Bus: 36.000 Euro
Abos/Lizenzgebühren etc. laufend in € (netto)	Vereinzelt verschiedene Pakete möglich

Tab. 4: Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen C, CE, C1E, D, DE (Quelle: Angaben der Hersteller Degener, Foerst GmbH, SiFaT RoadSafety GmbH, SimuAssist, TenstarSimulation AB, Verlag Heinrich Vogel, 5DT Technologies (konsolidiert))

1.3.4 Fahrsimulatoren für die Klassen L und T

Simulationssoftware zur Steuerung von landwirtschaftlichen Maschinen ist insbesondere aus dem Bereich der Unterhaltungssoftware bekannt. Für die Fahrausbildung der Klassen L und T sowie das professionelle Training mit landwirtschaftlichen Maschinen existieren bisher wenige spezialisierte Produkte.

Der im Rahmen der Recherche analysierte Simulator ist mit einem Fahrstand ausgestattet, der auf einem Bewegungssystem montiert ist. Der Aufbau ist weitestgehend identisch mit dem Simulator für die Klassen C und D.

Auswechselbare Pedale und optionale Joysticks ermöglichen es, verschiedene Maschinentypen auf einem Simulator abzubilden. Das Sichtsystem besteht aus drei Monitoren, die im Hochformat montiert sind. Der Sichtwinkel wird somit im Vergleich zu Fahrsimulatoren für andere Klassen in vertikaler Richtung erweitert.

Mittels eines „Virtual Reality Walkaround“ erhält die Fahrschülerin oder der -schüler die Möglichkeit, mittels einer VR-Brille das Fahrzeug von außen zu umrunden und somit bspw. Abfahrtskontrollen oder das Verbinden und Trennen von Gespannen zu trainieren.

1.3.5 Fazit zum Produktvergleich

Der durchgeführte Angebots- und Produktvergleich zeigt, dass Fahrschulen in Deutschland bereits aus einem vielfältigen Angebotsspektrum von Fahrsimulatoren verschiedener Hersteller wählen können. Die meisten Hersteller bieten verschiedene Fahrsimulatoren für unterschiedliche Einsatzzwecke an und differenzieren die Hardware nach Pkw- und Lkw-Varianten sowie nach anderen Kriterien, die in anderen Fahrzeugklassen (bspw. Zweiräder) relevant sind.

Unterschiede zwischen den Spezifikationen der Simulatoren einzelner Hersteller ergeben sich insbesondere bei der Ausgestaltung des Fahrstandes und des Bewegungssystems. Die Bewegungssysteme der analysierten Fahrsimulatoren ist in der Regel aufpreispflichtig.

Die unterschiedlichen Leistungsumfänge der Software sind in ähnlicher Weise zu beurteilen. So sind in den verglichenen Produkten in der Regel Module zum Training der Fahrzeugbedienung, der Grundfahraufgaben und der Fahraufgaben integriert. Die Anpassung von Umgebungsbedingungen – bspw. hinsichtlich des Verkehrsaufkommens oder der Wetterverhältnisse sowie die Auswahl von Stadt-, Überland- und Autobahnrouten – ist ebenso durchgängig in der jeweiligen Grundausstattung möglich. Unterschiede bei der Software zeigen sich in der Anzahl und Komplexität der möglichen Gefahrensituationen und Stresssituationen, wie bspw. die Simulation von technischen Störungen.

Als Sichtsystem kommen mehrheitlich Lösungen mit drei Monitoren zum Einsatz. VR-Brillen werden bislang nur vereinzelt angeboten, der Einsatz von Videoprojektoren und Leinwänden stellt ebenso eine Randerscheinung dar.

Hinsichtlich der Anbieterstruktur ist festzuhalten, dass neben Fahrschulfachverlagen auch kleine Unternehmen als etablierte Hersteller mit umfangreichem Produktangebot am Markt agieren. Die Recherche zeigt, dass die analysierten deutschen Anbieter auch Zielgruppen in anderen europäischen Ländern bedienen.

Die Anbindung an verschiedene Schnittstellen stellt einen weiteren Bereich dar, in dem die analysierten Simulatoren sich unterscheiden. Während die Simulatoren der Fachverlage Schnittstellen in die jeweiligen Softwareprodukte zu Fahrschulmanagementsoftware und Software zur Lernstandserfassung der Fahrschülerin bzw. des -schülers bieten, unterbleibt eine Bereitstellung dieser Schnittstellen bei vielen verlagsungebundenen Anbietern. Für die Datenintegration der auf dem Fahrsimulator erworbenen Ausbildungsfortschritte in die jeweils nutzerspezifische Dokumentation ergeben sich dementsprechend Hürden.

Entwicklungen im Markt, wie beispielsweise die zum Berichtszeitpunkt jüngste strategische Partnerschaft zwischen einem Start-up aus dem Bereich KI-gestützter Simulationssoftware und einem etablierten Simulator-Hardwarehersteller, können neue technische Innovationen und einen höheren Wettbewerbsdruck zwischen den Anbietern hervorrufen.

So ermöglicht es die Integration einer dynamischen Datenbasis, verschiedene Prüfgebiete in die Simulation zu integrieren und ortsspezifische Einrichtungen des Straßenverkehrs nachzuempfinden. Zum Berichtszeitpunkt befanden sich entsprechende Lösungen nach Herstellerangaben kurz vor dem Roll-out.

1.4 Weitere Einsatzgebiete von Simulatoren in der Ausbildung

Simulatoren werden heute zur Ausbildung und Vorbereitung von Fachkräften in unterschiedlichen Bereichen einzelner Branchen eingesetzt. Die Ergebnisse der hierzu vorgenommenen Recherchen weisen auf verschiedenste Einsatzgebiete abseits der Fahrausbildung im Straßenverkehr hin. Der Blick in andere Branchen zeigt zudem, dass Simulatoren in der Ausbildung zum sicheren Führen von Verkehrsmitteln eine wichtige Rolle einnehmen.

Zur Identifikation der relevanten Einsatzmöglichkeiten in anderen Branchen wurden neben einer Desk Research vom Institut für Automobilwirtschaft (IfA) gezielt Experteninterviews mit Vertretern von Ausbildungsinstitutionen geführt, in denen Simulatoren als etablierte Lernumgebungen zum Einsatz kommen.

Der Umfang der Simulatorenausbildung an der jeweiligen Ausbildung ist in den jeweiligen Ausbildungscurricula spezifiziert. Es existieren teils rechtliche Rahmenbedingungen, die den Höchst- oder Mindestanteil an Simulatorenausbildung im Ausbildungsverlauf festlegen.

Nachfolgend wird der Simulatoreinsatz in den Bereichen Eisenbahn, Flug und Schiffführung analysiert.

	Bahnsimulatoren	Flugsimulatoren	Schiffsimulatoren
Einsatzgebiete	Ausbildung von Triebfahrzeugführern und weiteren Fachkräften aus der Eisenbahnbranche	Ausbildung von Berufs- und Privatpiloten	Ausbildung von nautischen Offizieren, Ausbildung zum Erwerb nautischer Befähigungszeugnisse
Kernziele der Integration in die Ausbildung	Technische Störungen, Gefahrensituationen, energiesparendes Fahren	Notsituationen, typische Unfallszenarien, technische Probleme	Training des Manövrierhaltens verschiedener Schiffstypen, unterschiedliche Seegebiete
Anbieter/ Bildungsträger	Aus- und Weiterbildungsstätten für Eisenbahnpersonal	Anbieter von Trainingsdienstleistungen für Fluggesellschaften; private Flugschulen	Reedereien, Hochschulen, nautische Schulen

Bild 4: Überblick zu weiteren Einsatzgebieten von Simulatoren (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

1.4.1 Bahnsimulatoren

Neben der Fahrausbildung im Kraftfahrwesen sind Simulatoren auch im Eisenbahnbereich etabliert. In der Ausbildung von Triebfahrzeugführern und der Schulung von Fachkräften aus der Eisenbahnbranche kommen spezielle Bahnsimulatoren zum Einsatz. Bereits im Jahr 2012 verfügte die Deutsche Bahn bspw. über 17 Simulatoren zur Schulung von eigenen Mitarbeitern sowie von Beschäftigten anderer Verkehrsunternehmen (Kaiser, 2012, S. 1). Darüber hinaus existieren Aus- und Weiterbildungsinstitutionen, die sich auf die Ausbildung des Bahnpersonals spezialisiert haben, wie beispielsweise die Railconcept GmbH, deren Simulatoren teilweise in einem eigenen Schulungszentrum eingesetzt werden oder transportabel – und damit mobil – einsetzbar sind (Railconcept GmbH, 2023). Ergänzend zur Recherche wurde mit einem Vertreter der Deutschen Eisenbahn Akademie (DEA) ein Experteninterview zu den Einsatzgebieten von Bahnsimulatoren geführt.

Bahnsimulatoren kommen sowohl in der Ausbildung zum Beruf „Eisenbahner im Betriebsdienst“ als auch bei Weiterbildungen sowie Teilqualifizierungen von Fahrpersonal zum Einsatz. An der Deutschen Eisenbahn Akademie ist das Simulatortraining Bestandteil sämtlicher Ausbildungsabschnitte.

Die besonderen Anforderungen an einen Triebfahrzeugführer umfassen unter anderem die Resistenz gegenüber hektischen Situationen und eine außergewöhnliche Resilienz gegenüber Multitasking-Herausforderungen. Zur Ausbildung zählen bahnmmedizinische und bahnspsychologische Tests, die mittels des Simulators durchgeführt werden können. Die bestandene Prüfung auf dem Simulator dient als Voraussetzung für Fahrten im Realfahrzeug, die zur Mitte der Ausbildungszeit beginnen.

Während zu Beginn der Ausbildung zunächst grundlegende Lerninhalte wie das Technikverständnis mit dem Simulator praktisch trainiert werden, können im weiteren Ausbildungsverlauf unterschiedliche Wetterbedingungen wie tiefstehende Sonne, Nebel und die daraus resultierenden Sichtbehinderungen dargestellt werden. Ebenso ungünstige Schienenverhältnisse, die durch Schnee oder nasses Laub entstehen, sind Teil der Simulation.

Selten auftretende Situationen wie beispielsweise das Befahren von technisch nicht gesicherten Bahnübergängen, Kollisionen mit Fahrzeugen und Personenunfälle werden ebenfalls im Simulator trainiert.

Einen weiteren bedeutsamen Anteil der Ausbildung auf dem Simulator stellt die rechtzeitige und korrekte Reaktion auf Signale und die Anweisungen der Fahrdienstleitung dar. Die Anwendungen der Punktuellen Zugbeeinflussung (PZB) und Linienzugbeeinflussung (LZB) können ebenfalls auf dem Simulator trainiert werden.

Zum Berichtszeitpunkt werden Weiterbildungen unter Verwendung des Bahnsimulators insbesondere im Rahmen der Einführung des European Train Control Systems durchgeführt. Übungseinheiten im Simulator werden von einem Trainer begleitet. In der Prüfungssituation befindet sich lediglich der Kandidat auf dem Fahrstand. Die Kommunikation mit dem Trainer, der die Fahrdienstleitung simuliert, wird durch eine telefonische Verbindung gewährleistet.

Im Theorieunterricht kommen sowohl Bild- als auch Videoaufnahmen zum Einsatz, die durch den Simulatorbetrieb produziert wurden.

Rechtlich ist der Simulatoreinsatz wie folgt eingeordnet. Die „Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in eisenbahntechnischen Verkehrsberufen“ benennt fünf Prüfungsbereiche. Vier der fünf Prüfbereiche enthalten Aussagen zur Nutzung von „Simulationsprogrammen“. Die Prüfungsbereiche „Zug- und Rangierfahrten durchführen“, und „Gesamtsystem Eisenbahn und Regelbetrieb“ enthalten die Formulierung „Die Zugfahrt kann digital mittels eines Simulationsprogramms abgebildet werden.“ (Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in eisenbahntechnischen Verkehrsberufen, 2022, S. 436–448). Die Möglichkeit der Nutzung von Simulationsanwendungen ist damit geöffnet.

Für die Prüfungsbereiche „Abweichungen vom Regelbetrieb“ und „Störungen im Eisenbahnbetrieb“ ist der Einsatz eines Simulationsprogramm dagegen vorgegeben: „Die Arbeitsaufgabe soll digital mittels eines Simulationsprogramms abgebildet werden.“ (Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in eisenbahntechnischen Verkehrsberufen, 2022, S. 449–450).

Der Hersteller SimuTech – Gesellschaft für Fahrsimulation mbH führt Bahnsimulatoren in seinem Produktportfolio. Der Simulator baut auf eine Originalkabine auf, die optional mit einer Bewegungsplattform ausgerüstet ist. Das Sichtsystem besteht aus einer Großprojek-

tion, als Akustiksystem dient ein Dolby Surround Soundsystem. Weitere Ausbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmer können im Rahmen einer Übungsmitschau das Simulatortraining mitverfolgen. Eine Erweiterung der Simulation auf mehrere Kabinen ist ebenfalls möglich. Der Instruktor kann die Signalisierung frei konfigurieren, Situationen erneut abrufen und die Positionen wechseln (SimuTech Gesellschaft für Fahrsimulation mbH, o. J.).

1.4.2 Flugsimulatoren

In der Ausbildung von Berufs- und Privatpiloten ist der Einsatz von Flugsimulatoren bereits international und flächendeckend etabliert. Unter anderem aufgrund der hohen Kosten der Ausbildung im realen Flugbetrieb sind Trainings in Flugsimulatoren mittlerweile ein fester Bestandteil der Pilotenausbildung. Flugsimulatoren erschaffen künstlich die Umgebung, in der Piloten ausgebildet werden. Sie ermöglichen es den Piloten, Erfahrungen im Umgang mit Notsituationen zu sammeln. In Flugsimulatoren werden oft typische Unfallszenarien und technische Probleme nachgestellt und als Übungsszenarien definiert. Dies ist der Hauptzweck dieser Trainingsgeräte für Piloten (Schubert & Haslbeck, 2014, S. 125).

Darüber hinaus existiert eine Vielzahl an Software-Simulationen, die in Kombination Peripheriegeräten das Fliegen von unterschiedlichen Luftfahrzeugmustern an unterschiedlichen Orten simulieren (Donick, 2022, S. 14). Sie kommen hauptsächlich bei Heimanwendern zum Einsatz und sind dementsprechend Entertainment-Zwecken zuzuordnen.

Die Simulatorenausbildung wird in zwei verschiedene Bereiche aufgeteilt. Unterschieden wird zwischen dem Training auf einem „Flugsimulator“ (Full Flight Simulator, FFS) und einem „Flugsimulationsübungsgerät“ (Flight Simulation Training Device, FSTD). Letzterer wird auch als „Flat-Panel-Trainer“ (FPT) bezeichnet (Lütticke & Martensen, 2023, S. 6).

Das FPT-Training besteht aus zwei Teilen, einem zum Üben von normalen Abläufen (Normal-Procedure) und einem zum Üben von Notfällen (Abnormal-Procedure). Der FPT ist als einfacher Simulator ohne Bedienelemente aus einem realen Flugzeug und ohne aufwendig gestaltetes Sicht- oder Bewegungssimulationssystem konzipiert (European Aviation Safety Agency, 2018). Ziel ist das Einüben von Handlungsabläufen, die Steuerung und das „händische Fliegen“ zählen nicht zu den Übungszielen (Lütticke & Martensen, 2023, S. 6).

Das FFS-Training auf dem Full Flight Simulator wird auf einem Simulator vorgenommen, der eine originalgetreue Nachbildung des Cockpits eines bestimmten Luftfahrzeugs darstellt. Der Simulator verfügt über Bedienelemente aus dem Realfahrzeug, (European Aviation Safety Agency, 2018). Zur Simulation der wirkenden Kräfte hat das Bewegungssystem eines Full Flight Simulator eine besondere Bedeutung. Die Kabine ist dafür auf einer Bewegungsplattform montiert, die mittels hydraulischer Hexapoden die Bewegung innerhalb von sechs Freiheitsgraden ermöglichen (Reiser Simulation and Training GmbH, o. J.) kann. Das Sichtsystem ermöglicht einen Blickwinkel von bis zu 200 Grad nach links und nach rechts sowie 40 Grad nach oben und nach unten (Lütticke & Martensen, 2023, S. 6).

Sowohl Verkehrsflugzeug- als auch Business-Jet-Piloten werden in Simulationsumgebungen realitätsnahen Situationen ausgesetzt wie beispielsweise widrigen Wetterbedingungen, dem Ausfall elektronischer Systeme, Zwischenfällen wie Reifenplatzern bei der Landung und Hydraulikausfällen (Mordor Intelligence, 2022).

1.4.3 Schiffsführungssimulatoren

Schiffsführungssimulatoren dienen der Vermittlung von Ausbildungseinheiten der Seefahrtsschulen zur Erlangung der jeweiligen Befähigungszeugnisse (Bieker et al., 2013, S. 7). Schiffsführungssimulatoren werden insbesondere an nautischen Schulen und Hochschulen

eingesetzt. Ausbildungsziel ist in der Regel das Befähigungszeugnis für den nautischen oder den technischen Schiffsoffizier. Ergänzend zur Recherche wurden Experteninterviews mit Professoren der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth sowie des Maritimen Simulationszentrums Warnemünde der Hochschule Wismar geführt.

Das Maritime Simulationszentrum Warnemünde verfügt sowohl über einen Schiffsführungssimulator als auch über einen Schiffsmaschinensimulator sowie über einen Simulator für Verkehrszentralen. Diese werden vor allem in der praktischen Ausbildung von Schiffsoffizieren eingesetzt (Hochschule Wismar, 2023).

Die Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth betreibt einen Schiffsführungssimulator mit fünf Brücken, der der nautischen Ausbildung dient. Vorteile des Simulatoreinsatzes werden insbesondere im Training mit heterogenen Gruppen gesehen, bei denen die Studierenden über unterschiedliche Erfahrungsstände verfügen.

Als praktische Elemente sind im Studium eine Ausbildungsfahrt mit einem Schulschiff sowie die im Rahmen des Studiums zu leistende 12-monatige Praxisseefahrzeit vorgesehen. Die weitere praktische Ausbildung wird vollständig am Schiffsführungssimulator absolviert. Im Studiengang „Nautik und Seeverkehr“ ist die Ausbildung an Schiffsführungssimulatoren obligatorisch und vollständig mit den Lehrveranstaltungen verzahnt. So wird im Rahmen einer Lehrveranstaltung neben der Theorieinhalte ein konkreter Stundenumfang an Simulatortraining ausgewiesen. Die Tabelle 1 zeigt die Inhalte der Simulatorübungen und die erforderlichen Stundenumfänge.

Die in Tabelle 5 aufgeführten Übungen geben eine vollumfängliche Auflistung der Lerninhalte wieder, die die Experten beider Institutionen benannt haben.

Semester	Stunden	Inhalte der Übungen
1	15	Übungen zur Vorlesung Nautische Grundlagen Inhalte zur Vorbereitung auf die Ausbildungsreise im ersten Semester: Steuern, Ruderkommandos, Ausguck, Melden von Schiffen, Grundkenntnisse Gerätekunde
4	36	Übungen zur Vorlesung Technische Navigation Radar, ARPA, elektronische Seekarte, GPS, Selbststeuer, GMDSS-Anlage, AIS
	18	Übungen zur Vorlesung Wachdienst Einführende Übungen zur Kollisionsverhütung (Seeverkehrsrecht)
6	54	Übungen zur Vorlesung Manövrieren Übungen mit verschiedenen Schiffstypen bei unterschiedlichen Sichtverhältnissen (Tag, Nacht, Nebel, ...) und unter Wind- und Stromeinfluss, Revierfahrt nach Sicht und Seezeichen, Passier- und Überholmanöver, Fahren in engen und flachen Gewässern, Hafenmanöver und Ankermanöver
8	72	Schiffsführung Komplexe Übungen zur Reiseplanung, Ansteuerungen dicht befahrener Reviere, Funkverkehr und Kommunikation, Schiffsführung bei Seenotfällen, Bridgeteam- und Notfallmanagement Das Modul beinhaltet die praktische Abschlussprüfung.
insgesamt	195	Stunden Simulatoreausbildung

Tab. 5: Überblick der Simulatorübungen an der Jade Hochschule (Quelle: Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth (o. J.))

Die Leistungsfähigkeit, der an den Hochschulen zu Ausbildungszwecken eingesetzten Simulatoren, wird im Rahmen der berufsrechtlichen Akkreditierung durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie zertifiziert.

In der Seeleute-Befähigungsverordnung regelt § 11 die „Qualitätsnormen für Ausbildung und Prüfungsleistungen“. Die Schulung und Zertifizierung von Seeleuten ist weltweit durch das Internationale Übereinkommen der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation über Standards für die Ausbildung, Zertifizierung und den Wachdienst von Seefahrern, allgemein als STCW-Übereinkommen bekannt, standardisiert.

Hier heißt es im englischsprachigen Originaltext: „Technical innovations, such as the use of simulators for training and assessment purposes have been recognized. Simulators are mandatory for training in the use of radar and automatic radar plotting aids“ (International Maritime Organization, 2010). Übersetzt heißt das: „Technische Innovationen, wie der Einsatz von Simulatoren zu Trainings- und Beurteilungszwecken, wurden anerkannt. Für die Ausbildung im Umgang mit Radar und automatischen Radarplothilfen sind Simulatoren obligatorisch“ (Regel I/12 und Abschnitt A-I/12 des STCW-Codes).

Als Anforderung an einen zu Ausbildungszwecken eingesetzten Schiffsführungssimulator heben die Experten neben den Möglichkeiten der Simulation verschiedener Schiffmodelle hervor, dass sich das simulierte Schiffmodell ähnlich verhalten muss wie ein reales Schiff. Beispielsweise müssen die Bewegungsabläufe bei einer Ruderbewegung vergleichbar sein.

Ebenso wurde auf die Wichtigkeit von Instruktoren hingewiesen, die für das Instruieren von Simulatortraining besonders ausgebildet sein müssen.

Darüber hinaus wurde die Bedeutung eines eingehenden Briefings sowie De-Briefings betont, bei denen die Teilnehmer des Simulatortrainings sich in die zu simulierende Situation einfinden und nach Abschluss der Übungseinheit mit einer fachlichen Rückmeldung zu ihrer Leistung konfrontiert werden.

Insgesamt weisen die Befragten den Simulationsumgebungen ein hohes Potenzial und bewerteten die Verringerung der für die nautische Ausbildung erforderliche Praxiszeit an Bord von Fracht- und Passagierschiffen zugunsten des Simulatortrainings verringert. Insbesondere für die Lotsenausbildung erwarten die Experten zukünftig positive Effekte durch die Ausweitung des Simulatortrainings.

1.5 Zwischenfazit I

Marktscreening: Klassen B und BE

Fahrschulen in Deutschland können auf ein breites Angebotsspektrum von Fahrsimulatoren verschiedener Hersteller zurückgreifen. Hersteller bieten verschiedene Fahrsimulatoren für unterschiedliche Einsatzzwecke an und differenzieren die Hardware nach Pkw- und Lkw-/Bus-Varianten sowie nach Kriterien, die in anderen Fahrzeugklassen (bspw. Zweiräder) relevant sind.

Unterschiede einzelner Varianten bestehen insbesondere bei der Ausgestaltung des Fahrstandes, bspw. bei der Nähe zum Realfahrzeug bzw. beim Anteil der verwendeten Bedienelemente aus Originalfahrzeugen. Bewegungssysteme („Motion Bases“) der analysierten Fahrsimulatoren werden in der Regel als aufpreispflichtige Optionen angeboten. Die Motion-Base stellt daher einen wesentlichen Kostentreiber hinsichtlich des Anschaffungspreises dar. Als Sichtsysteme kommen mehrheitlich Lösungen mit drei

Monitoren zum Einsatz. VR-Brillen werden bislang nur vereinzelt angeboten, der Einsatz von Videoprojektoren und Leinwänden stellt ebenso eine Randerscheinung dar.

Softwareseitig sind in der Regel Module zum Training der Fahrzeugbedienung, der Grundfahraufgaben und der Fahraufgaben integriert. Die Anpassung von Umgebungsbedingungen – bspw. hinsichtlich des Verkehrsaufkommens oder der Wetterverhältnisse sowie die Auswahl von Stadt-, Überland- und Autobahnrouten – ist ebenso durchgängig in der jeweiligen Grundausstattung möglich. Unterschiede bei der Software zeigen sich in der Anzahl und Komplexität der möglichen Gefahrensituationen und Stresssituationen, wie bspw. die Simulation von technischen Störungen. Die Anzahl und Komplexität der simulierbaren Gefahren- und Stresssituationen ist dagegen heterogen und herstellerspezifisch ausgeführt.

Marktscreening: Klassen A, A1, A2, AM

Das Angebot an Fahrsimulatoren für die Zweiradklassen ist im Vergleich zu anderen Lösungen für andere Fahrerlaubnisklassen stark eingeschränkt. Auch der Verbreitungsgrad in Fahrschulen ist aufgrund der verhältnismäßig niedrigen Nachfrage nach Fahrerlaubnisklassen A, A1, A2 und AM ebenfalls wesentlich geringer.

Fahrstände für Zweirad-Kabinen-Simulatoren sind bezüglich der Rahmenform denen von Leichtkrafträdern nachempfunden. Verfügbare Simulator-Plattformen sind bislang statisch aufgebaut, Varianten mit Bewegungssystemen sind bislang nicht im Einsatz. Zudem sind Echtfahrzeug-Motorrad-Simulatoren im Angebot, bei denen ein Motorrad auf eine Bewegungsplattform montiert wird, wodurch Fahrzeugbewegungen beim Bremsen, bei Kurvenfahrten und Fahrbahnunebenheiten abbildbar sind. Spezifische Sichtsysteme (bspw. simulierte Außenspiegel) komplettieren Echtfahrzeug-Simulatoren.

Marktscreening: Klassen C, CE, C1, C1E und D, DE, D1, D1E

Fahrsimulatoren für die Ausbildung von Berufskraftfahrern bilden spezifische Strukturen eines Lkw ab. Für die Simulation von Bus-Klassen bieten die Hersteller in der Regel dieselbe oder lediglich geringfügig angepasste Simulator-Hardware an. Sowohl für die Lkw- als auch für die Busausbildung sind aufpreispflichtige „Virtual Reality Walkarounds“ erhältlich, bei denen Fahrschülerinnen und -schüler mittels VR-Brille die relevanten Fahrzeuge von außen besichtigen können (bspw. für die Abfahrtskontrolle, Trennen und Verbinden von Gespannen).

Marktscreening: Klassen L und T

Für die Fahrausbildung der Klasse T und das professionelle Training mit landwirtschaftlichen Maschinen existieren bisher wenige spezialisierte Produkte. Simulationssoftware zur Steuerung von landwirtschaftlichen Maschinen stammt häufig aus dem Bereich der Unterhaltungssoftware.

Der einzig verfügbare professionelle Simulator für landwirtschaftliche Maschinen ist mit einem Fahrstand ausgestattet, der auf einem Bewegungssystem montiert ist. Der Aufbau ist weitestgehend identisch mit dem Simulator für die Klassen C und D. Auswechselbare Pedale und optionale Joysticks ermöglichen es, verschiedene Maschinentypen auf einem Simulator abzubilden.

Marktscreening: Andere Einsatzgebiete von Simulatoren

Haupteinsatzgebiete von Simulatoren mit etablierten Lernumgebungen sind in den Bereichen Eisenbahn, Flug und Schiffsführung identifizierbar.

Umfänge der Simulatorenausbildung sind in der Regel in den spezifischen Ausbildungscurricula spezifiziert und basieren häufig auf vorhandenen rechtlichen Rahmenbedingungen, die Höchst- oder Mindestanteile an der Simulatorenausbildung während der jeweiligen Ausbildungsverläufe determinieren.

2 Metaanalyse zu einschlägiger Literatur

2.1 Grundlagen

Ziel der qualitativen und vergleichenden Analyse ist es, bezüglich vorangegangener Studien bereits nachgewiesene Erkenntnisse zum Forschungsgegenstand in die vorliegende Studie einfließen zu lassen. Darüber hinaus können aus vorhandenen Forschungsarbeiten neue tragfähige Ergebnisse bezüglich des Forschungsgegenstandes resultieren (Bagoly-Simó & Hemmer, 2017; Universität Bern, o. J.; Wagner & Weiß, 2014).

Die Metaanalyse ist den Forschungsmethoden zuzuordnen, die dazu dienen, bereits vorhandene Literatur zu Forschungsarbeiten bezüglich einer neuen Forschungsfrage zu analysieren. Es sind quantitative und qualitative Methodenkonzepte zur Metaanalyse zu unterscheiden (Solis, 2021), wobei die nachfolgenden Literaturlauswertungen auf der qualitativen Variante aufbaut.

Sie lässt nämlich – basierend auf einer strukturierten Literaturrecherche und Inhaltsanalyse – zunächst einen qualifizierten Überblick zu einschlägigen Forschungsarbeiten zu. Vorteilhaft ist im vorliegenden Untersuchungskontext, dass die qualitative Perspektive auch den Einbezug wissenschaftlicher Publikationen zulässt, die aufgrund ihrer spezifischen Studiendesigns bei quantitativen Metaanalysen nicht berücksichtigt werden könnten (Schnepf & Groeben, 2019). Die nachfolgende Systematik zur Metaanalyse bezieht sich auf drei Analyseschwerpunkte (Solis, 2021):

- Studienkontext (abhängige Variable): Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Ausbildung von Fahrschülerinnen und -schülern.
- Studiendesign: Unterschiede der Kompetenzvermittlung bei realen Fahrstunden und Simulatortrainings.
- Erkenntniskategorien (unabhängige Variablen): Informationen zum Training von Fahraufgaben, zur technischen Konzeption (Hard- und Software), zur Didaktik sowie zu Lehr- und Lernzielen, zur Handlungs- und Prozessorganisation, zum Kompetenztransfer, zur rechtlichen Situation sowie zur Situation im Ausland.

Zudem erfolgt eine Kategorisierung der ausgewerteten Literatur nach Ursprungsländern, da hinsichtlich des Simulatoreinsatzes länderspezifische Ansprüche an die Lehr-Lern-Konzeptionen und die technische Ausstattung sowie hinsichtlich der Ausgestaltung des rechtlichen Rahmens auszumachen sind.

2.2 Überblick nach Ursprungsländern

Die Recherchen zu einschlägiger Literatur bezüglich des vorliegenden Forschungsgegenstands zeigen, dass bislang nur wenige Untersuchungen mit tragfähigen Ergebnissen dokumentiert sind. Vor diesem Hintergrund sind vor allem Eignungs- und Effizienzgesichtspunkte des Simulatoreinsatzes aktuell noch nicht hinreichend dargelegt. Die Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen zunächst die analysierten 15 Beiträge und Studien aus Deutschland.

Deutschland

- Baumgartner, E.: Frontloading durch Fahrbarkeitsbewertungen in Fahrsimulatoren, in: Bargende, M.; Reuss, C.; Wiedemann, J. (Hrsg.): Wissenschaftliche Reihe, Institut für Fahrzeugtechnik, Universität Stuttgart, 2021
- Bredow, B.; Sturzbecher, D.: Ansätze zur Optimierung der Fahrschul Ausbildung in Deutschland, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 269 - Mensch und Sicherheit, Bergisch Gladbach 2016
- Bredow, B.: Theorieunterricht in der Fahrschule. Gestaltung, Verzahnung, Überwachung. München 2021
- Fischer, C; Schröder, A.; Heider, J.: Kognitive Verhaltenstherapie bei Autofahrangst. Exposition im Straßenverkehr. Online-Publikation, 2020, Psychotherapeut 2021 · 66:132–139, <https://doi.org/10.1007/s00278-020-00470-6>
- Klimmt, C.; Jäncke, L.; Vorderer, P.: Die Wirkungen von Computerspielen auf das Fahrverhalten, in: Klimmt, C.; Maurer, M.; Holte, H.; Baumann, E. (Hrsg.): Verkehrssicherheitskommunikation. Beiträge der empirischen Forschung zur strategischen Unfallprävention, Wiesbaden 2015, S. 239-254
- Miunske, T.: Ein szenarienadaptiver Bewegungsalgorithmus für die Längsbewegung eines vollbeweglichen Fahrsimulators, in: Bargende, M.; Reuss, H.-C.; Wiedemann J. (Hrsg.): Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik. Universität Stuttgart, Wiesbaden 2020
- Moving (Hrsg.): Branchenreport Fahrschule 2023, MOVING International Road Safety Association e. V., Berlin 2023
- Paduzi, A.: Bewertung der Validität von Fahrsimulatoren anhand vibroakustischer Fahrzeugschwingungen, Berlin 2021
- Petzoldt, T.; Weiß, T.; Franke, T.; Krems, J. F.; Bannert, M.: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware, in: BAST (Hrsg.): Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit Heft M 219, Bergisch Gladbach 2011

Tab. 6: Überblick zu Literaturquellen 1 (Deutschland) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Bedeutend für die vorliegende Untersuchung sind vor allem im Hinblick auf Lehr-Lernformen und didaktische Erkenntnisse Bredow, B.; Sturzbecher, D. (2016), Bredow, B. (2021) sowie Sturzbecher, D.; Brünken, R.; Bredow, B.; Genschow, J.; Ewald, S.; Klüver, M. (2022). Im Hinblick auf die Relevanz technischer Ausstattungsmerkmale von Simulatoren sind zudem Baumgartner, E. (2021), Miunske, T. (2020), Paduzi, A. (2021) und Nurme-la, A.-M. (2023) bedeutsam. Hinsichtlich der praktischen Anwendbarkeit finden sich Hinweise in Winner, H.; Zöllner, C. (2019). Bezüglich des praxisbezogenen Einsatzes von Fahrsimulatoren finden sich konkrete Ansätze in Reindl, S.; Günther, S.; Wottge, A. (2016) sowie in Reindl, S.; Thomas, J.; Wottge, A. (2023). Eine veröffentlichte Masterarbeit aus Finnland beschäftigt sich darüber hinaus mit der Integration in den Fahrschulunterricht (Tabelle 15). Mit lernpsychologischen Ansätzen befasst sich die französische Veröffentlichung von Laurent, S. (2021), während sich Ndiave, D.; Surand, T.; Piechnik, B.; Adam, M.; Aillerie et al. (2021) mit dem praktischen Einsatz sowie mit technischen Spezifikationen beschäftigen (Tabelle 7).

Deutschland
<ul style="list-style-type: none"> • Reindl, S.; Günther, S.; Wottge, A.: Einsatz von Fahrsimulatoren in Fahrschulen, Forschungsbericht, Institut für Automobilwirtschaft (Hrsg.), Geislingen, 2016 • Reindl, S.; Thomas, J.; Wottge, A.: Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Schaltkompetenz in der Fahrausbildung, Forschungsbericht, Institut für Automobilwirtschaft (Hrsg.), Geislingen. 2023 • Schlüter, M.; Uphaus, F.; Reuss, H.-C.: Rahmenbedingungen für Fahrbarkeitsuntersuchungen an einem Fahrsimulator, in: Lieb, J. (Hrsg.): Simulation und Test. Antriebsentwicklung im digitalen Zeitalter, 20. MTZ-Fachtagung 2018, Wiesbaden 2019 • Sturzbecher, D.; Brünken, R.; Bredow, B.; Genschow, J.; Ewald, S.; Klüver, M.: Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland, in: BASt (Hrsg.): Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit Heft M 330, Bergisch Gladbach, 2022 • Winner, H.; Zöllner, C.: Fahrsimulatorkonzepte im Wandel, in: Bruder, Ralph; Winner, Hermann (Hrsg.): Hands off, Human Factors off? - Welche Rolle spielen Human Factors in der Fahrzeugautomation?, Darmstadt, 2019, S. 1-20
Finnland
<ul style="list-style-type: none"> • Nurmela, A.-M.: Entwicklung des Fahrzeugsimulatorunterrichts, Abschlussarbeit, oberer MA, Studiengang Logistik, Fachhochschule Jyväskylä, Februar 2023 (deutsche Übersetzung)
Frankreich
<ul style="list-style-type: none"> • Laurent, S.: Bénéfice d'une simulation animée pour l'apprentissage du code de la route chez des candidats sourds: évaluation comportementale et physiologique. Psychologie. Université Bourgogne Franche-Comté, 2021 • Ndiaye, D.; Surand, T.; Piechnik, B.; Adam, M.; Aillerie, I. et al.: Projet EN- SEMBLE – Préparation de l'apostrophe; expérimentation sur simulateur de conduite. [Rapport de recherche] IFSTTAR, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'apostrophe; Aménagement et des Réseaux, 2021 • Rodriguez, N.: Simulateur pour l'apprentissage de la conduite en fauteuil roulant électrique pour des enfants polyhandicapés, Bulletin de la Société informatique de France, numéro 15, 2020, pp. 83–96

Tab. 7: Überblick zu Literaturquellen 2 (Deutschland, Finnland und Frankreich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Mit Simulatoren für verschiedene Anwendungsbereiche und Branchen (Tabelle 7 und Tabelle 8) beschäftigen sich hingegen Rodriguez, N. (2020) und RPC (Hrsg.) (2007). Der spanische Beitrag von Segarra, M.; Conza, D.; Zapata Bravo, M.; Arévalo Maldonado, D. (2020) fokussiert sich daneben auf Aspekte der Gefahrenwahrnehmung, während die universitären Veröffentlichungen von González, S. et al. (2022 und 2023) konstruktive Aspekte von Lkw-Simulatoren sowie die (betriebswirtschaftliche) Integration von Fahrsimulatoren in den Fahrschulbetrieb in den Mittelpunkt stellen. Ebenfalls mit betriebswirtschaftlichen Aspekten beschäftigen sich Arce, M. S.; Lescaffette, S. (2023) mit ihrem Beitrag „Analyse der wirtschaftlichen Machbarkeit der Installation eines Trainingssimulators für den Umgang mit schweren Lasten“. Ewert, U. und Steiner, K. (2013) gehen dagegen im Schweizer Kontext auf Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren in der Aus- und Weiterbildung ein. Uhr (2004) befasst sich in seiner Dissertation zudem mit der Transferproblematik des Trainings vom Simulator in die Realität. Sensorische und wahrnehmungsbezogene Faktoren bei der Gestaltung von Fahrsimulationsanzeigen stehen ergänzend im Mittelpunkt der Veröffentlichung von Andersen, G. J. (2022). Der Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr (2007) hat zudem eine Handreichung zum Einsatz eines „leistungsfähigen Simulators“ für die Ausbildung von Berufskraftfahrern veröffentlicht (Tabelle 8).

Frankreich
<ul style="list-style-type: none"> • RPC (Hrsg.): Cancers du sein. Recommandations pour la pratique clinique – utilisation des simulateurs en chirurgie, Saint Paul de Vence, 2007 • Segarra, M.; Conza, D.; Zapata Bravo, M.; Arévalo Maldonado, D.: Análisis de metodologías para formación de conductores inexpertos en percepción del peligro: carreteras de montaña. Avances: Investigación En Ingeniería, 2020
Spanien
<ul style="list-style-type: none"> • González, S.; Isaza, L. M.: Construcción de un simulador de conducción de camión para prácticas en entorno simulado. Caso: Usuarios de la empresa practicar, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, 2022 • González, S.; Mendoza, J. D.: Safety Driving: Plan de negocios para crear una escuela de choferes con simuladores de cond. Tesis para optar al Título Profesional de Licenciado en Administración de realidad virtual, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, 2023 • Arce, M. S.; Lescaffette, S.: Análisis de factibilidad económica de instalación de simulador de entrenamiento en el manejo de car-gas pesadas en el NOA, Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta, 2023
Schweiz
<ul style="list-style-type: none"> • Ewert, U.; Steiner, K.: Fahrsimulatoren für Aus- und Weiterbildung. bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; bfu-Faktenblatt Nr. 11, Bern, 2013 • Uhr, M.: Transfer of Training from Simulator to Reality: Investigations in the Field of Driving Simulators, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zürich, Aachen 2004
Sonstige
<ul style="list-style-type: none"> • Andersen, G. J.: Sensory and perceptual factors in the design of driving simulation displays, in: Fisher DL, Rizzo M, Caird JK, Lee JD (Hrsg.): Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology. Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2011: Kap. 8; S. 1–11. • Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr (Hrsg.): Handreichung zum Einsatz eines „leistungsfähigen Simulators“ im Sinne der Richtlinie 2003/59/EG, Duisburg 2007, S. 32 ff.

Tab. 8: Überblick zu Literaturquellen 3 (Frankreich, Spanien, Schweiz und sonstige) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

2.3 Schwerpunkte der Literaturlauswertung

Besonders die didaktische Konzeption und Möglichkeiten zur Kompetenzvermittlung sowie die Integration von Fahrsimulatoren in den Theorieunterricht und die praktische Fahrausbildung sind für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung. Im Hinblick Identifikation der zentralen Einsatzbereiche von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung sowie hinsichtlich der relevanten politischen, ökonomischen, soziokulturellen, technologischen und ökologischen Einflussfaktoren, die den Einsatz von Simulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung determinieren, liefert die Studie des Instituts für Automobilwirtschaft aus dem Jahr 2015 erste konkrete Ansatzpunkte (Reindl, S.; Günther, S.; Wottge, A.) (Tabelle 9).

Bibliographische Informationen
Reindl, S.; Günther, S.; Wottge, A.: Einsatz von Fahr simulatoren in Fahrschulen, Forschungsbericht, Institut für Automobilwirtschaft (Hrsg.), Geislingen, 2015
Forschungsziel(e)
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation der zentralen Einsatzbereiche von Fahr simulatoren (Kabinen- Simulatoren) in der fahrpraktischen Ausbildung (Klasse B) • Untersuchung der relevanten politischen, ökonomischen, soziokulturellen, technologischen und ökologischen Einflussfaktoren, die den Einsatz von Simulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung determinieren
Untersuchte Variablen
<p>Fahrschulperspektive:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variablen: Betriebswirtschaftliche Tragfähigkeit sowie Zukunftsfähigkeit des Fahrschulbetriebes • Unabhängige Variablen: Politische, betriebswirtschaftliche, technologische Einflussfaktoren <p>Perspektive von Fahrschülerinnen und -schülern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variablen: Attraktivität der Simulatorenausbildung • Unabhängige Variablen: Politische, kostenseitige, technologische und sozio- kulturelle Einflussfaktoren
Analysemethode(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Desk-Research: Literaturrecherche und - analyse mit dem Schwerpunkt zu Einsatzmöglichkeiten von Fahr simulatoren • Field-Research I: Online- Befragung von Fahrlehrern (Fahrschulbefragung) • Field-Research II: Online- Befragung von Fahrschülerinnen und -schülern (Fahrschülerbefragung)
Datengrundlage(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Fahrschulbefragung: Online- Befragung (IfA-Panel), n = 314 (Fahrlehrerinnen und -lehrer), Erhebungszeitraum: 18.05.2015 - 26.05.2015 • Fahrschülerbefragung: Online-Befragung (PULS- Panel), n = 1.335 (potenzielle, aktuelle und ehemalige Fahrschülerinnen und -schüler), Erhebungszeitraum: 08.05.2015 - 03.06.2015
Zentrale Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Simulatoren können Fahrstunden in einem realen Fahrzeug substituieren. Die Anzahl der substituierbaren Stunden variiert aufgrund individueller kognitiver Fähigkeiten der Fahrschülerinnen und -schüler und kann deshalb nicht standardisiert festgelegt werden. Unterschiedliche Quellen beziffern diese jedoch mit vier bis acht Stunden. • Einsatzbereiche der fahrpraktischen Ausbildung: Insbesondere vor der ersten fahrpraktischen Ausbildungsstunde, vor allem zur Erarbeitung von Routinen im Umgang mit dem Fahrzeug. • Vorteile: Kosten- und Zeitersparnis, höhere Dichte an darstellbaren Verkehrssituationen, Potenzial zum Selbstlernen, neue Möglichkeiten des Feedbacks, objektive Analyse des Lernfortschritts, Umweltfreundlichkeit. • Nachteile: Unrealistisches Fahrgefühl (fehlende Vibrationen/Geräusche), fehlendes Raumgefühl, unrealistische Darstellung der Fahrumgebung, fehlende psychische Belastung, unzureichendes „Empathievermögen“, Simulator-Sickness. • Fahrschülerinnen und -schüler haben ein generelles Interesse an Fahrstunden in Simulatoren. Die Kosten-/Nutzenrelation aus Kundenperspektive ist deutlich positiv zu bewerten. • Fahrschulen sind ebenfalls am Einsatz von Fahr simulatoren interessiert und setzen sich aus betriebswirtschaftlichen und ökologischen Gründen damit auseinander. Fahrschulen, die bereits Simulatoren einsetzen, sind sehr zufrieden mit der Anschaffung. Darüber hinaus bewerten Fahrlehrerinnen und -lehrer den Einsatz von Fahr simulatoren überwiegend positiv.

Tab. 9: Schwerpunkte der Literaturlauswertung (1) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Im Hinblick auf die Vermittlung von Schaltkompetenz, die hierzu nötige prozessuale Integration in den Fahrschulbetrieb sowie zu Nutzenaspekten des Einsatzes von Fahr simulatoren bietet die Nachfolgestudie des Instituts für Automobilwirtschaft (Reindl, S.; Thomas, J.; Wottge, A.) ebenfalls praxisrelevante Ansätze (Tabelle 10).

Bibliographische Informationen
Reindl, S.; Thomas, J.; Wottge, A.: Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Schaltkompetenz in der Fahrausbildung, Forschungsbericht, Institut für Automobilwirtschaft (Hrsg.), Geislingen. 2023
Forschungsziel(e)
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von konkreten Möglichkeiten, die Vermittlung von Schaltkompetenz durch den Einsatz von Fahrsimulatoren (Kabinen-Simulatoren) in der fahrpraktischen Ausbildung zu optimieren, um die Anzahl realer Fahrstunden zu reduzieren. • Die zum 01. April 2021 in Kraft getretene „Automatik- Verordnung“ sieht vor, dass mindestens zehn Fahrstunden auf einem Fahrzeug mit Schaltgetriebe durchzuführen sind, um einen Fahrausweis mit der Schlüsselzahl 197 zu erhalten. • Voraussetzung ist, dass Fahrschülerinnen bzw. -schüler während einer 15- minütigen Testfahrt (innerorts und außerorts) nachweisen, dass sie die erforderlichen Kompetenzen zum Führen eines Fahrzeugs mit Schaltgetriebe erlangt haben.
Untersuchte Variablen
<ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variable: Schaltkompetenz • Unabhängige Variablen zur verantwortungsvollen und umweltbewussten Ausführung von Bedienungsfunktionen eines Pkw: Pedalbedienung, Anfahren, Schalthebelbedienung, Hoch- und Runterschalten, richtige Gangwahl und Rangieren
Analysemethoden
<ul style="list-style-type: none"> • Desk-Research: Literaturrecherche und -analyse mit den Schwerpunkt zum verantwortungsvollen und umweltbewussten Führen eines Pkw • Field-Research I Online- Befragung von Fahrlehrern (Fahrschulbefragung) • Field-Research II: Experimentelle Studie mit Fahrschülerinnen und -schülern (Testfahrten mit jeweils unabhängigen Gutachtern)
Datengrundlage(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Fahrschulbefragung: Online-Befragung (IfA-Panel), n = 115 (Fahrlehrerinnen und -lehrer, die bereits Fahrsimulatoren einsetzen), Erhebungszeitraum: 31.03. bis 26. 05.2021 • Experimentelle Studie: Testfahrten mit Fahrschülerinnen und -schülern in Experimental- und Kontrollgruppen aus 14 Fahrschulen (drei Strukturtypen), n = 95, Zeitraum: Februar bis Juni 2023
Zentrale Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzzeitige Aspekte im Zusammenhang mit dem Einsatz von Fahrsimulatoren zur Erlangung von Schaltkompetenz: Fahrsimulatoren in Verbindung mit Übungsstunden im Pkw eignen sich in erster Linie dazu, grundlegende Umfänge der Fahrzeugbedienung zu vermitteln. Die anteilig im Simulator ausgebildeten Fahrschülerinnen und -schüler erreichen das identische Schaltkompetenzniveau wie jene Schülerinnen und Schüler, die ausschließlich im Pkw ausgebildet werden. Etwa zur Mitte der fahrpraktischen Ausbildung verfügen die Fahrschülerinnen und Fahrschüler über Fähigkeiten, die Umfänge des Schaltens so auszuführen, dass das sichere und umweltbewusste Führen des Fahrzeugs im Straßenverkehr nicht beeinflusst wird. • Ökonomische Aspekte: Wenngleich auch die simulatorgestützte Fahrausbildung durchschnittlich zwei Fahrstunden mehr umfasst als die klassische Fahrausbildung, ist sie günstiger. Der Grund hierfür liegt in den unterschiedlichen Angebotspreisen für Fahrstunden im Fahrsimulator gegenüber der Schulung im realen Pkw. Bezogen auf einen durchschnittlichen Ausbildungsverlauf beträgt der Kostenvorteil für einzelne Fahrschülerinnen und -schüler rund 100,00 Euro.

Tab. 10: Schwerpunkte der Literaturlauswertung (2) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Ebenfalls von Bedeutung für die vorliegende Untersuchung sind Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren, die sich für den Einsatz im Lehrbetrieb und die Integration in didaktische Konzeption von Fahrschulen eignen. Fundierte Ansatzpunkte hierzu finden sich in der Veröffentlichung von Baumgartner, E. (2021), der die Entwicklung eines Simulationsrahmens, der bereits in der Konzeptphase Bewertungen des subjektiven Fahrverhaltens angesichts unterschiedlicher Antriebsformen durch den Einsatz von Fahrsimulatoren ermöglicht (Tabelle 11).

Bibliographische Informationen
Baumgartner, E.: Frontloading durch Fahrbarkeitsbewertungen in Fahrsimulatoren, in: Bargende, M.; Reuss, C.; Wiedemann, J. (Hrsg.): Wissenschaftliche Reihe, Institut für Fahrzeugtechnik, Universität Stuttgart, 2021
Forschungsziel(e)
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines Simulationsrahmens, der bereits in der Konzeptphase (Frontloading) Bewertungen des subjektiven Fahrverhaltens durch den Einsatz von Fahrsimulatoren ermöglicht. • Schwerpunkt: Kabinen-Simulatoren zur Ausbildung der Klasse B.
Untersuchte Variablen
<ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variablen: Realitätsnahe Simulierbarkeit unterschiedlicher Antriebsarten bezüglich Fahrbarkeit sowie Leistung und Energieeffizienz • Unabhängige Variablen: Menschliche Sinneswahrnehmungsmechanismen und menschliche Empfindungen
Analysemethode(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Desk-Research: Literaturrecherche und -analyse bezüglich der Soft- und Hardware-Ausstattung von Fahrsimulatoren, Integrierter Konzeptbewertungsprozess, Fahrbarkeitsbewertungen, modularer Versuchsaufbau (Simulationsframework) • Field-Research: Testfahrten mit Probanden sowie eine darauf aufgesetzte Umfrage
Datengrundlage(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Konzeptbewertungen • Fahrbarkeitsbewertungen • Testfahrten: n = 31 • Meinungsumfrage bei professionellen Testfahrern (n = 31)
Zentrale Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Die Abbildung der Fahrbarkeit von Simulatoren mit verschiedenen Antriebsarten ist gegeben. • Kabinen-Simulatoren bieten Möglichkeiten für Blindversuche mit zwei unterschiedlichen Fahrsimulatorkonzepten • Vorteilhaft ist, dass verschiedenen Antriebsarten in nur einem Simulator darstellbar sind. Hinzukommt ein geringer Pflege- und Verwaltungsaufwand. • Bei dynamischen Manövern sind starke Skalierungen erforderlich.
Bibliographische Informationen
Bredow, B.; Sturzbecher, D.: Ansätze zur Optimierung der Fahrschul Ausbildung in Deutschland, Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0515/2010: Ansätze zur Optimierung der Fahrschul Ausbildung in Deutschland, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 269 - Mensch und Sicherheit, Bergisch Gladbach, 2016
Forschungsziel(e)
<ul style="list-style-type: none"> • Kritische Betrachtung der Inhalte, Methoden und Durchführungsformen der Fahrausbildung und der Fahrschul Ausbildung • Erarbeitung wissenschaftlich begründeter Ansatzpunkte für ihre Weiterentwicklung • Schwerpunkt: Ausbildung zur Klasse B.
Untersuchte Variablen
<ul style="list-style-type: none"> • Abhängige Variablen: Lernerfolge in Theorie und Praxis • Unabhängige Variablen: Lehr- und lerntheoretische Variablen
Analysemethode(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Desk-Research I: pädagogisch-psychologische Analyse von Curricula der Fahrausbildung (international) • Desk Research II: Analyse definierender Merkmale und Anforderungen sowie Bewertung hinsichtlich ihrer Rolle im Fahrkompetenzerwerbsprozess • Desk Research III: Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten Rahmencurriculums für optimierte Ausbildungscurriculums (Theorie- und Praxisunterricht)
Datengrundlage(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Curricula (Deutschland und international) • Expertenbewertungen einzelner Ausbildungseinheiten (Experten bzw. Expertenteams mit Vertretern der Ausbildungspraxis und der Wissenschaft)
Zentrale Ergebnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Skizzierung eines künftigen Ausbildungscurriculums für den Theorieunterricht und die Fahrpraktische Ausbildung sowie Offenlegung Schnittstellen zu informellen Lehr-Lernformen (v. a. selbstständiges Theorielernen). • Darüber hinaus wurden Implementationskonzepte und prototypische Ausbildungseinheiten einer optimierten Fahrschul Ausbildung entwickelt sowie auf die Optimierung der Ausbildung und eine verbesserte Ausschöpfung ihres Verkehrssicherheitspotenzials fokussiert. • Mögliche Einsatzbereiche/Lerninhalte von Fahrsimulatoren: Übung des Umgangs mit spezifischen Anforderungen unter realitätsnahen Bedingungen, Übung von Anforderungen, die regional/jahreszeitlich bedingt sonst nicht möglich wären

Tab. 11: Schwerpunkte der Literaturlauswertung (3) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Grundlegende und fundierte Erkenntnisse zu Inhalten, Methoden und Durchführungsformen der Fahrausbildung und der Fahrschulausbildung und Lehr-Lernformen (Tabelle 11) sowie zur Erarbeitung wissenschaftlich begründeter Ansatzpunkte für ihre Weiterentwicklung bietet daneben die Veröffentlichung von Bredow, B.; Sturzbecher, D. (2016).

2.4 Detailanalyse zur rechtlichen Situation

Unterschiedliche Simulatorkonzepte werden aktuell zur Ausbildung und Vorbereitung von Fachkräften in unterschiedlichen Bereichen einzelner Branchen eingesetzt. Der Umfang bzw. Anteil der Simulatoreausbildung an der jeweiligen Ausbildung sind üblicherweise in den jeweiligen Ausbildungscurricula spezifiziert. Für die Ausbildung in Fahrschulen bezüglich einzelner Fahrerlaubnisklassen existieren allerdings große Unsicherheiten zum rechtlichen Rahmen für den Fahrsimulatoreinsatz:

- Nach wie vor liegen große Unsicherheiten bezüglich der erreichbaren Lehr-Lernziele mittels Simulatorstunden vor, um konkrete Einsatzfelder solcher didaktisch-technischen Anlagen zu definieren.
- Es ist daher der Rückgriff auf neue Ansätze notwendig, um einerseits über die Kompetenzstruktur sowie andererseits zu den erreichbaren Kompetenzniveaus Klarheit zu schaffen. Es geht also sowohl darum, welche Inhalte via Fahrsimulator vermittelbar sind, als auch darum, welche Niveaustufen grundsätzlich erreichbar sind.

Ein Blick in andere Länder zeigt daneben (Tabelle 12):

Land	Einsatzgebiet	Umfang	Beschreibung
Finnland	Fahrpraktische Ausbildung in den Klassen B, C und D	50 % der praktischen Pflichtfahrstunden der Basisausbildung (= 4 Stunden) werden als Simulatorstunden akzeptiert	Fokus der Simulatoreausbildung liegt auf dem Erlernen von Fahrzeugsteuerung, Fahraufgaben, Navigation des Fahrzeugs im Straßenverkehr; Vorbereitung auf unübliche, gefährliche Situationen; Bedienung von Fahrerassistenzsystemen; Umweltbewusstes Fahren; Schaltkompetenz; Umstieg von Schalt- auf Automatikgetriebe; Stressfreies Erlernen der Fahraufgaben
Frankreich	Fahrpraktische Ausbildung der Klasse B	Mindestens 10 Fahrstunden sind im Realverkehr (öffentliche Straße) mit manuellem Schaltgetriebe zu absolvieren, bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe sind es 7 Stunden	Der Mindestumfang der fahrpraktischen Ausbildung (Fahrzeuge mit Schaltgetriebe) beinhaltet 20 Fahrstunden. 15 Stunden davon sind auf öffentlichen Straßen abzuleisten. Dieser Anteil kann auf 10 Stunden reduziert werden. Dabei sind 5 Fahrstunden im Selbsttraining (Selbstlernen) für Grundfahraufgaben auf einem einsitziger Fahrsimulator möglich. Weitere 5 Simulatorstunden für anspruchsvolle Fahraufgaben sind in Anwesenheit eines Fahrlehrers vorgeschrieben. Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe ist die Anzahl realer Fahrstunden auf 7 Stunden reduzierbar.

Tab. 12: Länderspezifika zu rechtlichen Rahmenbedingungen (Quellen: MOVING International Road Safety Association e. V., 2023; Finnish Transport and Communications Agency, 2023; ANIECA-National Driving Schools Association in Portugal, 2023; Raamwerk nascholingscursussen Code 95 en ADR/AND, 2018; JORF n°0191 du 18 août 2019, S. 24-25 | Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024))

Land	Einsatzgebiet	Umfang	Beschreibung
Niederlande	Klasse B	Durchschnittlich 7 Stunden, keine Obergrenze	273 Fahraufgaben können geübt werden, u. a. Gefahrenerkennung, Manövrieren, Autobahnfahrten, Umgang mit dem Fahrzeug, verschiedene Fahrzeugarten.
	Klassen C und D	7,5 h für Fahrerqualifizierungsnachweis (Code 95)	Zusätzliche Lerninhalte: Vorrangsignale, Sondertransporte, G-Kraft Reduktion, Spiegelbruchverhinderung
Portugal	Einsatz von zertifizierten Simulatoren ist Bestandteil der Theorie- und Praxisausbildung in der Klasse B	Bis zu 25 % (höchstens aber 8 von 32 Pflichtstunden) am Simulator sind erlaubt	Die tatsächliche Verbreitung von Fahrsimulatoren ist gering. Sie werden insbesondere genutzt, um die Ausbildungskonzepte zu erklären und das Fahrzeug kennenzulernen.
Slowakei	Teil der Pflichtausbildung bei erster Phase (B)	4 Fahrstunden während der ersten Phase der praktischen Ausbildung (6 h)	Die erste Phase der Fahrausbildung, welche insgesamt 6 Fahrstunden umfasst, findet auf abgesperrtem Gelände statt. 4 Fahrstunden können durch Simulatorstunden ersetzt werden.
	Klassen C und D	8 von 20 (Basisqualifikation) bzw. 5 von 10 Fahrstunden (beschleunigte Basisqualifikation)	Fokus: Fahren bei unterschiedlichen Straßenverkehrsbedingungen und Witterungsbedingungen, bei Tag und Nacht, Verbrauchsoptimierung

Tab. 12: (Fortsetzung)

- Für fünf europäische Länder, für die Daten vorliegen, erfolgte eine Analyse der Regelungen in der Fahrerlaubnisgesetzgebung zur Nutzung von Fahrsimulatoren in der Ausbildung. Die Analyse zeigt, dass in allen betrachteten Ländern Fahrsimulatoren als Teil der Ausbildung akzeptiert sind, ihr Beitrag wird jedoch unterschiedlich gewichtet.
- In Finnland werden 50 Prozent der praktischen Pflichtfahrstunden in der Basisausbildung (= 4 Stunden) als Simulatorstunden akzeptiert.
- Für die fahrpraktische Ausbildung sind in Frankreich bei der Fahrerlaubnis B mit Schaltgetriebe lediglich mindestens 10 reale Fahrstunden vorgeschrieben, wenn der Fahrsimulator unter vorgeschriebenen Bedingungen und Voraussetzungen eingesetzt wird (Automatik: 7 h).
- In Portugal sind bis zu 25 Prozent der Basisausbildung (8 von 32 Pflichtstunden) am Simulator erlaubt. In der Slowakei ist die Nutzung von Fahrsimulatoren begrenzt auf vier von sechs Fahrstunden während der ersten Phase der praktischen Basisausbildung.
- In den Niederlanden ist die Nutzung von Fahrsimulatoren nicht begrenzt.

2.5 Zentrale Ergebnisse der qualitativen Metaanalyse

Die Literaturquellen sind einerseits nach den Ursprungsländern sowie andererseits alphabetisch geordnet. Die folgende Abbildung zeigt zunächst den Überblick zur Auswertung der identifizierten Literatur aus Deutschland mit dem Erkenntnisgewinn zu einzelnen Themenfelder und unabhängigen Variablen sowie zur abhängigen Variablen „Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung von Fahrschulen“ (Tabelle 13).

Eine Gewichtung der Primärstudien nach ihrer Qualität sowie im Hinblick auf die Forschungstiefe in einzelnen Themen- bzw. Forschungsfeldern lässt sich anhand des Überblicks nicht vornehmen – dies ist aber während des Forschungsprozesses in abgewogener Weise erfolgt.

Untersuchungen und Studien (DE) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten (unabhängige Variablen)									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessorganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmöglichkeiten Fahrschule
Baumgartner, E. (2021)	Frontloading durch Fahrbarkeitsbewertungen in Fahrsimulatoren		X	X			X				
Bredow, B.; Sturzbecher, D. (2016)	Ansätze zur Optimierung der Fahrschulausbildung in Deutschland	X			X	X	X	X	X	X	X
Bredow, B. (2021)	Theorieunterricht in der Fahrschule. Gestaltung, Verzahnung, Überwachung	X			X	X	X	X			
Fischer, C; Schröder, A.; Heider, J. (2021)	Kognitive Verhaltenstherapie bei Autofahrgangst				X	X	X		X		
Klimmt, C.; Jäncke, L.; Vorderer, P. (2015)	Die Wirkungen von Computerspielen auf das Fahrverhalten			X	X			X			
Miunske, T. (2020)	Ein szenarienadaptiver Bewegungsalgorithmus für die Längsbewegung eines vollbeweglichen Fahrsimulators			X				X			X
Moving (Hrsg.) (2023)	Branchenreport Fahrschule 2023	X							X		
Parduzi, A. (2021)	Bewertung der Validität von Fahrsimulatoren anhand vibroakustischer Fahrzeugschwingungen	X	X	X							(X)
Petzoldt, T.; Weiß, T.; Franke, T.; Krems, J. F.; Bannert, M. (2011)	Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware			X	X	X		X		X	
Reindl, S.; Günther, S.; Wottge, A. (2016)	Einsatz von Fahrsimulatoren in Fahrschulen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reindl, S.; Thomas, J.; Wottge, A. (2023)	Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Schaltkompetenz in der Fahrausbildung, Forschungsbericht	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schlüter, M.; Uphaus, F.; Reuss, H. (2019)	Rahmenbedingungen für Fahrbarkeitsuntersuchungen an einem Fahrsimulator		X	X	X			X			X
Sturzbecher, D.; Brünken, R.; Bredow, B.; Genschow, J.; Ewald, S.; Klüver, M. (2022)	Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Schlüter, M.; Uphaus, F.; Reuss, H. (2019)	Rahmenbedingungen für Fahrbarkeitsuntersuchungen an einem Fahrsimulator		X	X	X			X			X
Sturzbecher, D.; Brünken, R.; Bredow, B.; Genschow, J.; Ewald, S.; Klüver, M. (2022)	Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland	X		X	X	X	X	X	X	X	X

Tab. 13: Erkenntnisgewinn zur Literaturanalyse in der Zusammenfassung (Deutschland) (Quelle: Recherchen und Interviews | Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Der Überblick zeigt, dass hinsichtlich der Zielvariable „Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in Fahrschulen“ nur wenige Beiträge in der gesichteten Literatur identifizierbar sind. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die ausgewertete Literatur aus dem Ausland (Tabelle 13).

Untersuchungen und Studien (FI) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten (unabhängige Variablen)									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmöglich- lichkeiten Fahrschule
Nurmela, A.-M. (2023)	Entwicklung des Fahrzeugsimulatorunterrichts	X			X	X	X	X		X	X
Untersuchungen und Studien (FR) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten (unabhängige Variablen)									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Fahrsimulator-Einsatz- möglichkeiten
Laurent, S. (2021)	Bénéfice d'une simulation animée pour l'apprentissage du code de la route chez des candidats sourds: évaluation comportementale et physiologique.	X			X	X	X	X		X	
Untersuchungen und Studien (FR) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmöglich- lichkeiten Fahrschule
Ndiaye, D.; Surand, T.; Piechnik, B.; Adam, M.; Aillerie, I. et al. (2021)	Projet EN-SEMBLE – Préparation de l'expérimentation sur simulateur de conduite [Rapport de recherche]		X	X	X	X				X	
Rodriguez, N. (2020)	Simulateur pour l'apprentissage de la conduite en fauteuil roulant électrique pour des enfants polyhandicapés	X	X	X	X	X	X			X	X
RPC (Hrsg.) 2007	Cancers du sein. Recommandations pour la pratique clinique – utilisation des simulateurs en chirurgie		X	X			X			X	
Untersuchungen und Studien (ES) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmöglich- lichkeiten Fahrschule
Segarra, M., Conza Conza, D., Zapata Bravo, M., & Arévalo Maldonado, D. (2020)	Análisis de metodologías para formación de conductores inexpertos en percepción del peligro.	X	X	X	X			X		X	
González, S.; Isaza, L. M. (2022)	Construcción de un simulador de conducción de camión para prácticas en entorno simulado.	X	X	X	X		X	X		X	X
González, S.; Mendoza, J. D. (2023)	Safety Driving: Plan de negocios para crear una escuela de choferes con simuladores de conducción de realidad virtual.		X	X					X	X	X

Tab. 14: Erkenntnisgewinn zur Literaturanalyse in der Zusammenfassung (Ausland) (Quelle: Recherchen und Interviews)

Untersuchungen und Studien (ES) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmög- lichkeiten Fahrschule
Arce, M. S.; Lescaffette, S. (2023)	Análisis de factibilidad económica de instalación de simulador de entrenamiento en el manejo de cargas pesadas	X	X	X	X					X	(X)
Untersuchungen und Studien (CH) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenz- transfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmög- lichkeiten Fahrschule
Uhr, M. (2004)	Transfer of Training from Simulator to Reality: Investigations in the Field of Driving Simulators	X	X	X	X			X		X	X
Ewert, U.; Steiner, K. (2013)	Fahrsimulatoren für Aus- und Weiterbildung.		X	X					X	X	X
Untersuchungen und Studien (Sonstige EU und USA) Bibliographische Angaben		Erkenntnisgewinn zu relevanten Themenfeldern und Sachverhalten									Abhängige Variable
Autor(en)	Titel	Fahraufgaben	Hardware	Software	Didaktik	Lehr- und Lernziele	Handlungs-/Prozessor- ganisation	Kompetenztransfer	Rechtlicher Rahmen	Situation im Ausland	Simulator-Einsatzmög- lichkeiten Fahrschule
Bundesamt für Güterverkehr (Hrsg.) (2007)	Handreichung zum Einsatz eines „leistungsfähigen Simulators“ im Sinne der Richtlinie 2003/59/EG	X	X	X				X		X	X
Andersen, G. J. (2011)	Sensory and perceptual factors in the design of driving simulation displays		X	X	X		X			X	

Tab. 14: (Fortsetzung)

2.6 Zwischenfazit II

Die Metaanalyse zeigt zusammenfassend die Möglichkeiten zum Erkenntnisgewinn in den relevanten Themen- bzw. Forschungsfeldern bezüglich der vorliegenden Untersuchung auf. Während der Erkenntnisgewinn zu unabhängigen Variablen verhältnismäßig vielversprechend ist, lassen sich nur wenig einschlägige Arbeiten mit tragfähigen Aussagen zu den Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in Fahrschulen identifizieren.

Eine Gewichtung der Primärstudien nach ihrer Qualität sowie im Hinblick auf die Forschungshöhe in einzelnen Themen- bzw. Forschungsfeldern ist während des Forschungsprozesses in die vorliegende Dokumentation der Forschungsergebnisse eingeflossen.

Die Recherchen zeigen, dass in einzelnen Ländern Fahrsimulatoren als Teil der Ausbildung akzeptiert sind. Dabei sind unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich geeigneter Ausbildungsinhalte sowie maximale Unterrichtseinheiten nachvollziehbar.

Bspw. ist es in Finnland und Frankreich möglich, erhebliche Anteile der fahrpraktischen Ausbildung mittels Simulatoren abzubilden. In Frankreich sind unter bestimmten Bedingungen und Voraussetzungen Pflichtstunden im realen Verkehr auf zehn (Schaltgetriebe) bzw. sieben (Automatikfahrzeuge) Fahrstunden reduzierbar. In Finnland sind die Pflichtstunden der Basisausbildung (vier Fahrstunden) mittels Fahrsimulatorstunden um 50 Prozent kürzbar. In Portugal ist die Nutzung von Fahrsimulatoren begrenzt auf einen bestimmten Anteil (25 Prozent, also bspw. 8 von 32 Pflichtfahrstunden). In der Slowakei ist die Nutzung von Fahrsimulatoren begrenzt auf vier von sechs Fahrstunden während der ersten Phase der praktischen Basisausbildung. In den Niederlanden ist die Nutzung von Fahrsimulatoren nicht begrenzt.

3 Durch Fahrsimulatoren vermittelbare Lerninhalte und Kompetenzen

3.1 Methodik und Vorgehensweise

Nach wie vor liegen große Unsicherheiten bezüglich der erreichbaren Lehr-Lernziele mittels Simulatorstunden vor, um konkrete Einsatzfelder solcher didaktisch-technischen Anlagen zu definieren.

Es ist daher der Rückgriff auf neue Ansätze notwendig, um einerseits über die Kompetenzstruktur sowie andererseits zu den erreichbaren Kompetenzniveaus Klarheit zu schaffen. Es geht also sowohl darum, welche Inhalte via Fahrsimulator vermittelbar sind, als auch darum, welche Niveaustufen grundsätzlich erreichbar sind.

Die Ziele und Inhalte der Fahrausbildung diene als theoretische Grundlage für die Vorgehensweise. Ziel der Ausbildung ist die Befähigung zum sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Führen von Fahrzeugen sowie die Vorbereitung auf die Fahrerlaubnisprüfung (Fahrschüler-Ausbildungsordnung, 2012).

Weiter heißt es in der FahrschAusbO: „Die Ausbildung hat ein Verkehrsverhalten zu vermitteln, das

- ... Fähigkeiten und Fertigkeiten, um das Fahrzeug auch in schwierigen Verkehrssituationen zu beherrschen,
- ... Kenntnis, Verständnis und Anwendung der Verkehrsvorschriften,
- ... Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Wahrnehmung und Kontrolle von Gefahren einschließlich ihrer Vermeidung und Abwehr,
- ... Wissen über die Auswirkungen von Fahrfehlern und eine realistische Selbsteinschätzung,
- ... Bereitschaft und Fähigkeit zum rücksichtsvollen und partnerschaftlichen Verhalten und das Bewusstsein für die Bedeutung von Emotionen beim Fahren sowie
- ... Verantwortung für Leben und Gesundheit, Umwelt und Eigentum sicherstellt“ (Fahrschüler-Ausbildungsordnung, 2012).

Das vorliegende Kapitel 3 widmet sich gleichzeitig Arbeitspaket 3. Nachdem sich das Arbeitspaket 2 vorrangig auf die technischen Spezifikationen und Übersichten zu verfügbaren Simulatorsystemen konzentriert, ist das Arbeitspaket 3 stark anwendungsbezogen ausgerichtet. Im Mittelpunkt dabei steht die Identifikation und Beschreibung von Lerninhalten und Kompetenzen, die sich aus wissenschaftlicher Sicht mithilfe von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung vermitteln lassen.

Innerhalb des Arbeitspakets 3 sind folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Welche Lerninhalte lassen sich aus wissenschaftlicher Perspektive vermitteln?
- In welchem Umfang sollten Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung eingesetzt werden?
- Welche Niveaustufen lassen sich durch den Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung in den verschiedenen Kompetenzbereichen erreichen?
- Wie positioniert sich die Fahrerlehrerschaft bezüglich des Fahrsimulatoreinsatzes?

- Welche Positionen beziehen die einschlägigen Branchenverbände und Fahrschulfachverlage zum Simulatoreinsatz in der Fahrausbildung?
- Welche Empfehlungen lassen sich daraus ableiten?

Die Bearbeitung des Arbeitspakets 3 stellte eines der umfassendsten Arbeitsphasen im Projektvorhaben dar und erfolgte daher in mehreren Teilschritten. Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wird ein Methodenmix aus Desk- und Fieldresearch angewendet.

Im Rahmen der Desk-Research erfolgte die Identifikation und Beschreibung der vermittelbaren Lerninhalte und Kompetenzen anhand eines zweistufigen Analyserasters.

Bestandteil der Field-Research sind sowohl eine Fahrlehrerbefragung zu bisherigen Erfahrungen und Einschätzungen hinsichtlich des Einsatzes von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung sowie ein Workshop mit Auftraggebern, Fachverbänden, Simulatorherstellern, Fahrschulverlagen und weiteren Branchenexperten.

3.2 Position der Fahrlehrerschaft

Bevor auf die Beantwortung der im Kapitel 3.1 aufgeführten Fragestellungen eingegangen wird, sind nachfolgend die zentralen Aussagen der Untersuchungsschritte Fahrlehrerbefragung und Expertenworkshop dargelegt.

Die Fahrlehrerbefragung zielte darauf ab, ein umfassendes Stimmungsbild der Fahrlehrerschaft hinsichtlich des Einsatzes von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung darzulegen und konkrete Einschätzungen zum Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung zu erfassen. Zur Erreichung möglichst hoher Fallzahlen wurde die Online-Befragung über verschiedene Kanäle an Fahrschulbetriebe im gesamten Bundesgebiet verteilt. Neben der institutseigenen Kontaktdatenbank dienten vor allem unabhängige Fahrschul- und Fachverbände als wesentliche Multiplikatoren zur Aussendung der Online-Befragung an die Fahrschulbetriebe.

Der Fragebogaufbau stellte sich wie folgt dar:

- A. Informationen zum Fahrschulbetrieb
- B. Status quo zum Einsatz von Fahrsimulatoren im Fahrschulbetrieb
- C. Einschätzungen zur Eignung von Fahrsimulatoren innerhalb der Fahrausbildung

Teil A zielte maßgeblich darauf ab, Informationen sowohl zu den Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmern als auch zum Fahrschulbetrieb zu gewinnen. Dies bot die Möglichkeit, die Ergebnisse in den weitergehenden Auswertungen noch differenzierter – beispielsweise nach Fahrschulgröße oder Standort – auswerten zu können. Zu Teil A zählten insgesamt neun Fragestellungen.

Der Fokus des Teils B umfasste die Abfrage zum Status quo hinsichtlich des Einsatzes von Fahrsimulatoren im jeweiligen Fahrschulbetrieb bezüglich der Nutzungstiefe und -intensität. Dabei wurde zunächst in Erfahrung gebracht, wie viele Simulatoren in den jeweiligen Ausbildungsklassen zum Befragungszeitpunkt eingesetzt wurden und von welchen Herstellern die eingesetzten Simulatoren stammten. Darüber hinaus war mit diesem Fragebogenabschnitt auch zu ergründen, in welchen Phasen der Ausbildung die Simulatoren aktuell eingesetzt wurden und welche Lehrinhalte durch sie vermittelt werden konnten. Teil B setzte sich aus insgesamt elf Fragen zusammen.

Teil C stellte den wichtigsten Fragebogenabschnitt dar. Mit ihm sollte zunächst die grundsätzliche Haltung der Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer gegenüber dem Simulatoreinsatz in Erfahrung gebracht werden. Darüber hinaus war durch die Befragten einzeln zu bewerten, inwiefern sich der Simulatoreinsatz zur Vermittlung ausgewählter Lehrinhalte des Theorie- als auch Praxisunterrichts eigne. Dazu wurden die zu bewertenden Lehrinhalte aus dem OFSA II-Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (Sturzbecher et al., 2022) entnommen. Nicht zuletzt dadurch sollte eine inhaltliche Verknüpfung der Befragungsergebnisse im Simulator-Kontext mit den Bestrebungen der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Weiterentwicklung der Fahrausbildung gewährleistet werden. Zum Fragebogenteil C zählten insgesamt neun Fragen.

Hinweis: Der Fragebogen der Fahrlehrerbefragung ist dem Anhang beigelegt.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse basieren auf dem Meinungsbild einer Stichprobe von insgesamt 135 Fahrlehrern aus Fahrschulbetrieben unterschiedlicher Größe mit situationsspezifischen Herausforderungen in einzelnen Regionen Deutschlands. Es nahmen nur Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer teil, die bereits Erfahrung mit dem Einsatz von Fahrsimulatoren während der Fahrausbildung haben oder hatten. Die Stichprobe setzt sich angesichts der nachgewiesenen Strukturen (Bild 5) so zusammen, dass Rückschlüsse auf das Meinungsbild der Grundgesamtheit aller Fahrschulen in Deutschland zulässig sind. Die Ergebnisse sind außerdem statistisch als signifikant aufzufassen, da mit $p < 0,05$ Zufalls- oder Stichprobenfehler ausschließbar sind. Eine Selektivität der Umfrage ist ebenfalls nicht zu vermuten, da Fahrschulbetriebe über die Befragung mit den relevanten Rahmenbedingungen (Zweck der Untersuchung, Zeitraum und Zugangsmöglichkeiten zur Teilnahme) rechtzeitig und über die üblichen Kommunikationskanäle der maßgeblichen Verbände – wie der Bundesvereinigung der Fahrlehrerverbände inklusive seines Organs, der Zeitschrift „Fahrschule“, den Verband Innovativer Fahrschulen Deutschland e. V. oder die International Road Safety Association e. V. (MOVING) – informiert wurden. Die relevanten Merkmalsträger der Grundgesamtheit hatten also jeweils die gleiche Chance, in die nunmehr vorliegende Stichprobe aufgenommen zu werden. Ebenso belegen maßgebliche Indikatoren wie die festgestellten Fehlergrenzen und Konfidenzniveaus der Online-Untersuchung, dass der Umfang der Stichprobe von $n = 135$ ausreichend ist. Um die Mehrfachteilnahme an der Befragung auszuschließen, wurden die IP-Adressen ausgewertet.

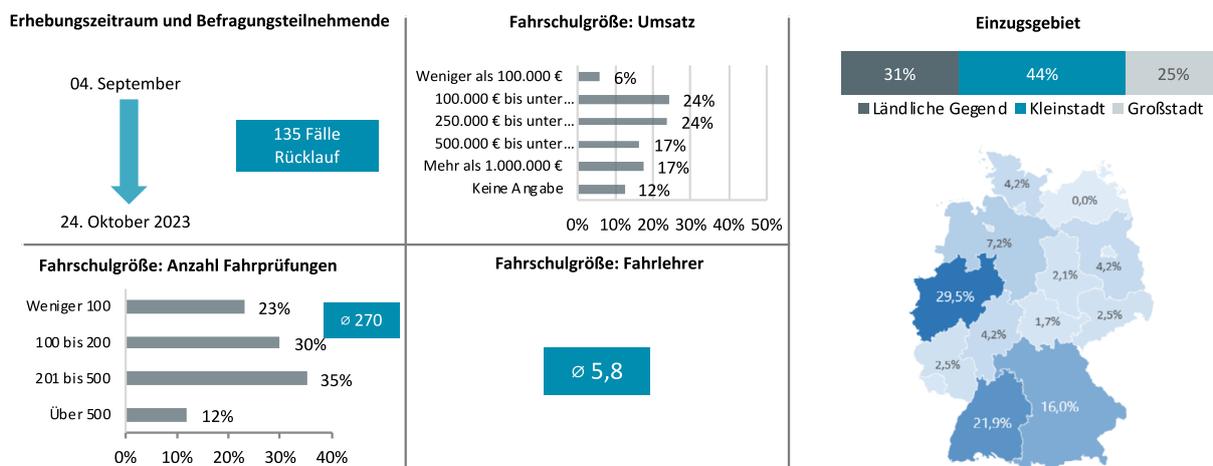


Bild 5: Informationen zur Erhebung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. Sept. bis 24. Okt. 2023 | n = 135)

Befragungsergebnisse

Ausgangspunkt des Fragebogenteils zur Einschätzung der Eignung von Fahr simulatoren für die Pkw-Fahrausbildung bildet die Frage zur grundsätzlichen Einstellung gegenüber dem Einsatz von Fahr simulatoren in der Fahrausbildung. Dabei fördern die Befragungsergebnisse ein heterogenes Stimmungsbild zu Tage.

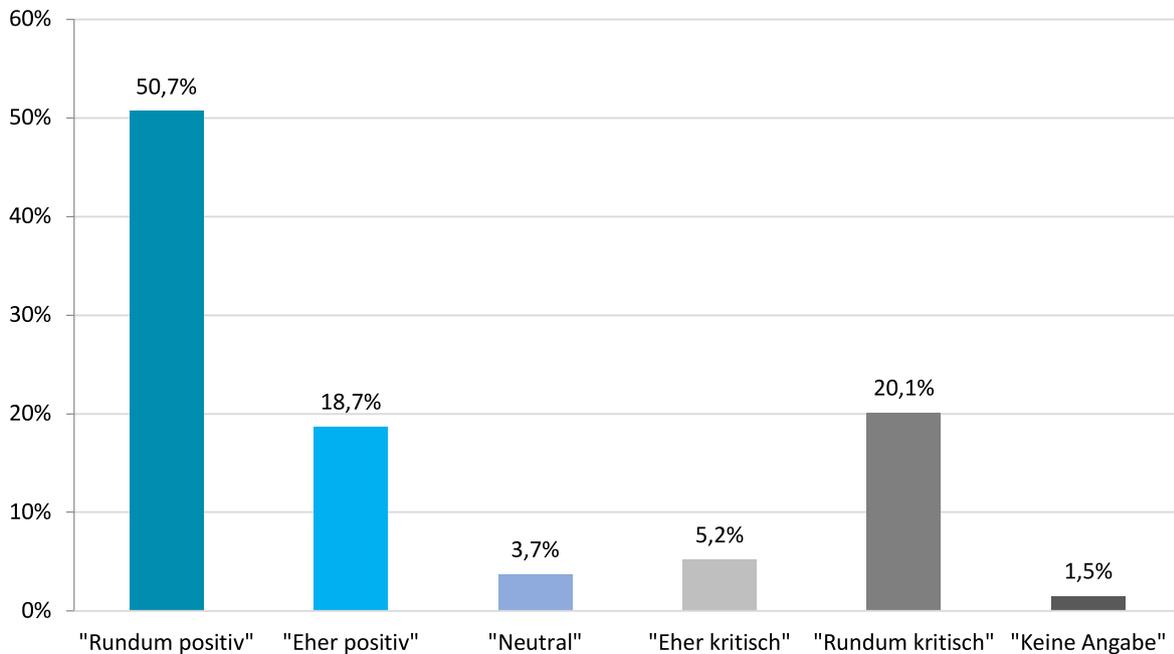


Bild 6: Grundsätzliche Fahrlehrereinstellung zum Fahr simulatoreinsatz (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. Sept. bis 24. Okt. 2023 | n=135)

Mit 50,7 Prozent der Befragten steht die überwiegende Mehrheit dem Simulatoreinsatz in der Pkw-Fahrausbildung „rundum positiv“ gegenüber. Hinzu kommen 18,7 Prozent der Befragungsteilnehmenden, die eine „eher positive“ Einstellung hinsichtlich Fahr simulatoren in der Fahrausbildung haben. Nur sehr geringe Anteile der Befragten nehmen eine „neutrale“ bzw. „eher kritische“ Position ein. Demgegenüber steht rund ein Fünftel der Befragungsteilnehmenden, die den Einsatz von Fahr simulatoren als „rundum kritisch“ bewerten. Demnach setzen sich die Befragungsteilnehmenden aus einer überwiegenden Mehrzahl von Personen mit positiver Einstellung und gleichzeitig auch einem nicht unbeträchtlichen Teil zusammen, der eine kritische Meinung zum Einsatz von Fahr simulatoren vertritt.

Ausgehend von der Perspektive auf die grundlegende Einstellung zum Simulatoreinsatz wird im weiteren Verlauf eine differenzierte Betrachtung der Möglichkeiten und Grenzen des Fahr simulatoreinsatzes sowohl im Theorieunterricht als auch in der praktischen Fahrausbildung vorgenommen. Dabei ist anzumerken, dass der Fokus vorangegangener Untersuchungen in erster Linie auf dem Einsatz von Fahr simulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung lag. Mit dieser Tradition möchte die vorliegende Untersuchung brechen. So sollen im Sinne einer ganzheitlichen Weiterentwicklung der Fahrausbildung neben der fahrpraktischen Ausbildung auch die Potenziale des Simulatoreinsatzes im Theorieunterricht beleuchtet werden.

Frage C.2: Wie bewerten Sie grundsätzlich den Einsatz von Fahr simulatoren
a) in der fahrpraktischen Ausbildung und
b) im Theorieunterricht?

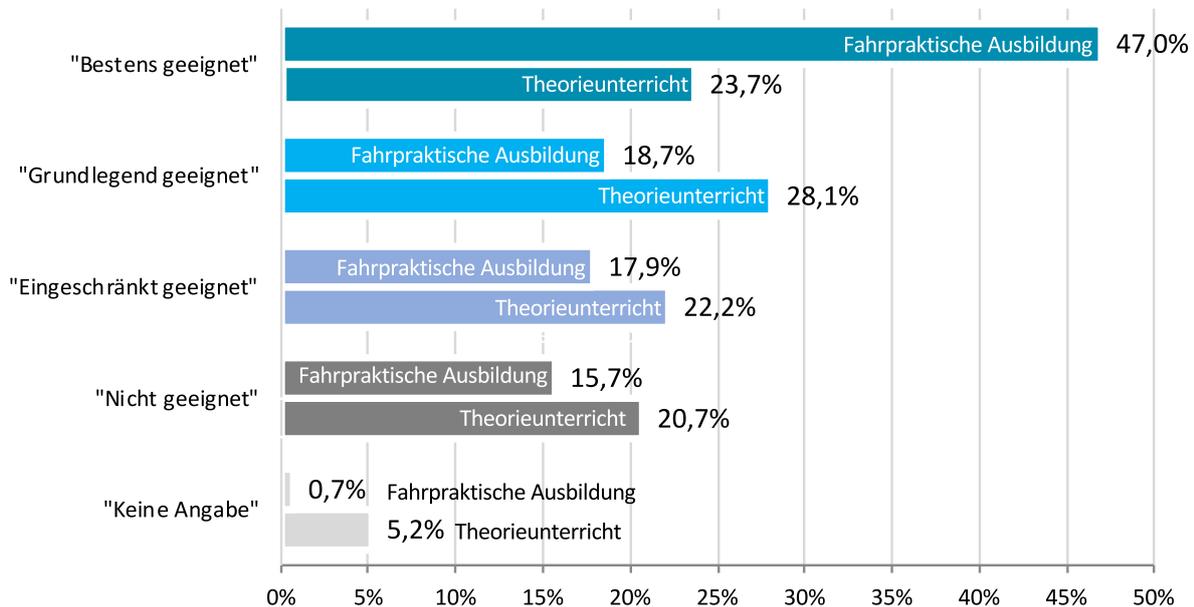


Bild 7: Fahrlehrerperspektive zum Simulatoreinsatz in Theorie- und Praxisausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n=135)

Aus den Befragungsergebnissen ist ableitbar, dass die Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer den Fahr simulatoren beim Einsatz in der fahrpraktischen Ausbildung eine deutlich größere Eignung zuschreiben als im Theorieunterricht. So halten 47 Prozent der befragten Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer den Fahr simulator für den Einsatz in der fahrpraktischen Ausbildung als „bestens geeignet“. Bezüglich des Theorieunterrichts ist es hingegen nur etwa jeder vierte Lehrende, der dem Simulatoreinsatz eine „beste“ Eignung attestiert. Zu beachten ist dabei auch, dass rund 21 Prozent der Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer den Simulatoreinsatz im Theorieunterricht als „nicht geeignet“ bewerten. Demgegenüber vertreten hinsichtlich des Einsatzes in der fahrpraktischen Ausbildung nur knapp 16 Prozent diese Meinung. Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass Lehrende mit vorhandener Simulator-Erfahrung die fahrpraktische Ausbildung als Haupteinsatzfeld des Simulators betrachten. Andererseits lässt sich aus den Ergebnissen keine grundlegende Ablehnung bezüglich des Einsatzes im Theorieunterricht erkennen. So sind es mit knapp 52 Prozent immerhin über die Hälfte der befragten Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer, die für den Theorieunterricht mindestens eine „grundlegende“ Eignung sehen.

Ein Blick in das Datenmaterial zeigt zudem, dass Lehrende in großen Fahrschulbetrieben dem Einsatz von Fahr simulatoren im Theorieunterricht grundlegend positiver gegenüber stehen als eher kleine Fahrschulbetriebe. Große, oftmals in urbanen Ballungsräumen ansässige Fahrschulunternehmen stehen offensichtlich der Implementierung digitaler Innovationen in die Fahrausbildung überdurchschnittlich positiv gegenüber. Eine wesentliche Rolle dabei dürfte auch spielen, dass der Simulatoreinsatz im Theorieunterricht nur dann zielführend erfolgen kann, wenn nicht konsequent am „Frontalunterricht“ festgehalten wird. Nicht zuletzt das zeigen auch die im Rahmen des Workshops geführten Diskussionen hinsichtlich notwendiger Veränderungen in den Ausbildungs- und Schulungsformaten.

Aufbauend auf der Erfassung einer ersten Grundhaltung zum Simulatoreinsatz im Theorieunterricht sind weitere Detailergebnisse relevant. So sollte in Erfahrung gebracht werden,

welche konkreten Ausbildungsinhalte des Theorieunterrichts sich aus Sicht der Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer für eine Vermittlung unter Einbindung des Fahrsimulators eignen und welche nicht. Um eine möglichst enge Verzahnung mit vorangegangenen Studien und Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Straßenwesen zu gewährleisten, sind die bewerteten Ausbildungsinhalte direkt aus dem OFSA II-Bericht entnommen.

Basierend auf Antwortmöglichkeiten innerhalb einer vierstufigen Bewertungsskala von „nicht geeignet“ bis „bestens geeignet“ zeigt sich bei der Analyse der Mittelwerte folgendes Bild: Die tendenziell größte Eignung messen die befragten Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer den Lerninhalten „Kreuzung, Einmündung, Einfahren“, „Verkehrsrechtliche Vorschriften“, „Kreisverkehr“, „Verkehrswahrnehmung“, „Haltestelle, Fußüberweg“ und „Geradausfahren“ zu. Auf der anderen Seite zeigen die Befragungsergebnisse, dass den Lerninhalten „Verhalten in besonderen Verkehrssituationen“, „Fahrkompetenzdefizite und Unfälle“, „Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren“, „Fahrphysik“ sowie „Technische Grundlagen“ eine vergleichsweise geringe Eignung attestiert wird.

Frage C.3: Wie bewerten Sie die Eignung von Fahrsimulatoren hinsichtlich der Vermittlung nachstehender Lerninhalte des Theorieunterrichts?

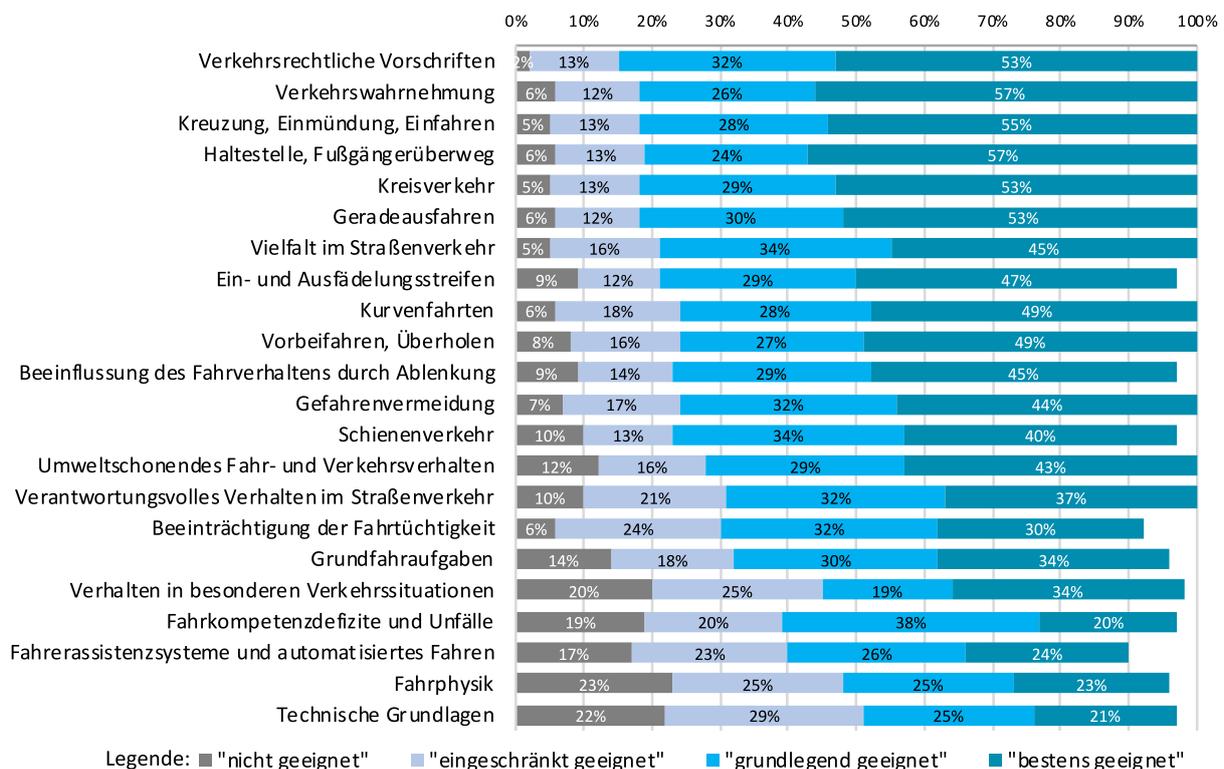


Bild 8: Fahrlehrerperspektive zur Simulator-Eignung von Lerninhalten im Theorieunterricht (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n = 135 | ‚Keine Angabe‘ als Antwortmöglichkeit für fehlende Werte auf 100 % gesetzt.)

Die Perspektive richtend auf die Einschätzungen zum Simulatoreinsatz in der fahrpraktischen Ausbildung sind zunächst nochmals die zuvor dargelegten Befragungsergebnisse von Bedeutung. Demnach sieht 47 Prozent aller Befragten Fahrsimulatoren für den Einsatz in der fahrpraktischen Ausbildung als „bestens geeignet“. Zusätzlich schreiben weitere knapp 19 Prozent der Befragungsteilnehmenden dem Simulator eine mindestens „grundlegende Eignung“ zu. Auf der anderen Seite sehen immerhin 18 Prozent lediglich eine „eingeschränkte Eignung“ sowie weitere 16 Prozent „keine Eignung“. Auch in diesem

Zusammenhang ist eine tiefergehende Analyse unumgänglich, um Einschätzungen der Fahrlehrerschaft hinsichtlich der Simulator-Eignung zur Vermittlung konkreter Inhalte der fahrpraktischen Ausbildung offenzulegen.

Frage C.6: Wie bewerten Sie die Eignung von Fahr simulatoren hinsichtlich der Vermittlung nachstehender Lerninhalte der fahrpraktischen Ausbildung?

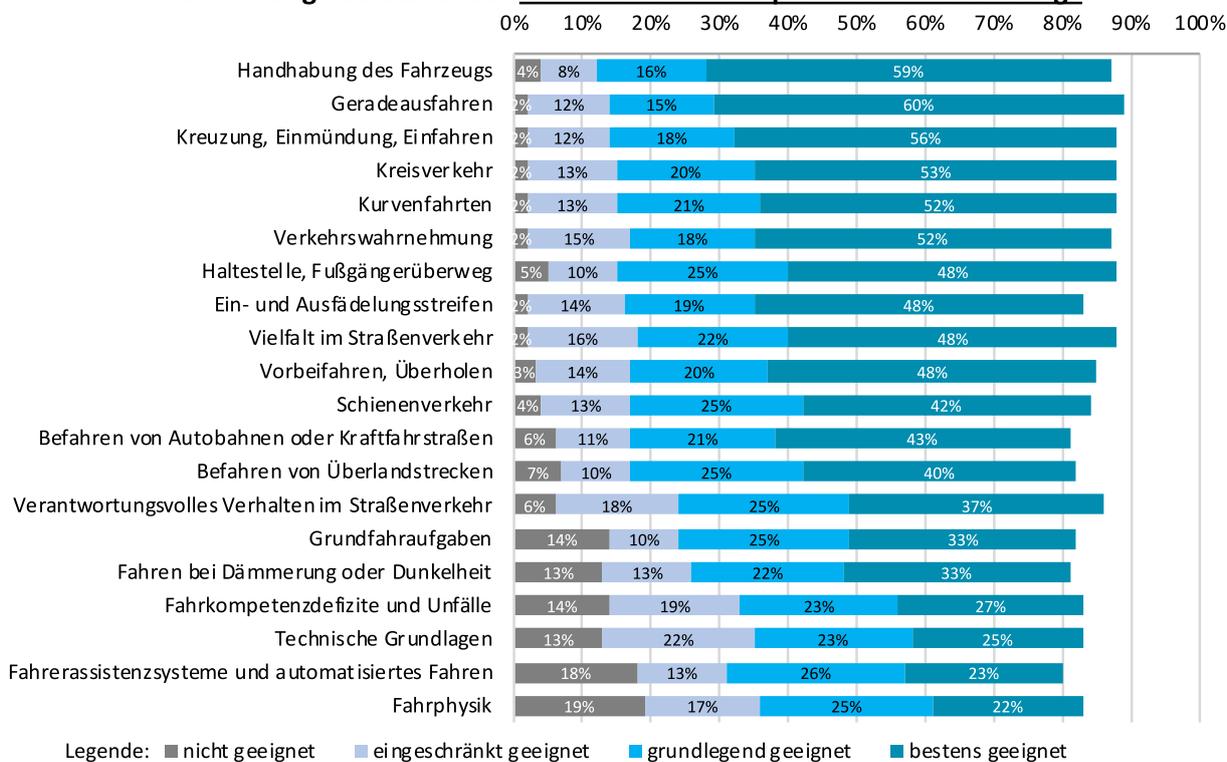


Bild 9: Fahrlehrerperspektive zur Simulator-Eignung von Lerninhalten der fahrpraktischen Ausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n = 135 | ‚Keine Angabe‘ als Antwortmöglichkeit für fehlende Werte auf 100 % gesetzt.)

Die Ergebnisse zeigen wie schon hinsichtlich der Eignung beim Theorieunterricht, dass die befragten Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer den Lerninhalten „Geradeausfahren“, „Kreuzung, Einmündung, Einfahrten“, „Handhabung des Fahrzeugs“, „Kurvenfahrten“ sowie „Verkehrswahrnehmung“ die höchste Eignung beim Simulatoreinsatz zuschreiben. Für die Vermittlung der Lerninhalte „Grundfahraufgaben“, „Fahrkompetenzdefizite und Unfälle“, „Technische Grundlagen“, Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren“ sowie „Fahrphysik“ sind nach Ansicht der Befragten Fahr simulatoren innerhalb der fahrpraktischen Ausbildung hingegen tendenziell weniger geeignet.

Zusätzlich lassen sich beim Vergleich der Bewertungen zu einzelnen Attributen bezüglich der Theorie- und Praxisausbildung einige Parallelen feststellen. So umfasst das obere Drittel beider Rankings für die geeigneten Lehrinhalte im Theorie- als auch im Praxisunterricht größtenteils dieselben Ausbildungsinhalte. Ein ähnliches Bild ergibt sich im unteren Ranking-Drittel.

Besondere Aufmerksamkeit ist zusätzlich auch der Einschätzung zur Anzahl der Fahrstunden, die im Rahmen der praktischen Fahrausbildung mit einem Simulator durchgeführt werden sollten, zu schenken. Hier eröffnet die Analyse der Befragungsergebnisse ein verhältnismäßig eindeutiges Bild. So empfiehlt eine Mehrheit von 59 Prozent der Befragungs-

teilnehmenden, zwischen sechs und zehn Fahrstunden der praktischen Fahrausbildung mit einem Fahrsimulator durchzuführen. Elf Prozent wünschen sich eine Anzahl zwischen elf und fünfzehn Fahrstunden. Weiterhin sind es 14 Prozent der Befragten, die sich für eine bis maximal fünf Fahrstunden zur Durchführung im Simulator aussprechen. Demgegenüber steht ein nicht zu vernachlässigender Stichprobenanteil von 16 Prozent, der sich dafür ausspricht, keine einzige Fahrstunde der fahrpraktischen Ausbildung am Simulator durchzuführen. Es existieren also Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer, die eine rundum kritische Haltung zum Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung haben (vgl. Bild 6).

Frage C.8: Wie viele Fahrstunden der fahrpraktischen Basisausbildung sollten oder könnten Ihrer Meinung nach mit einem Fahrsimulator im Durchschnitt je Fahrschüler durchgeführt werden?

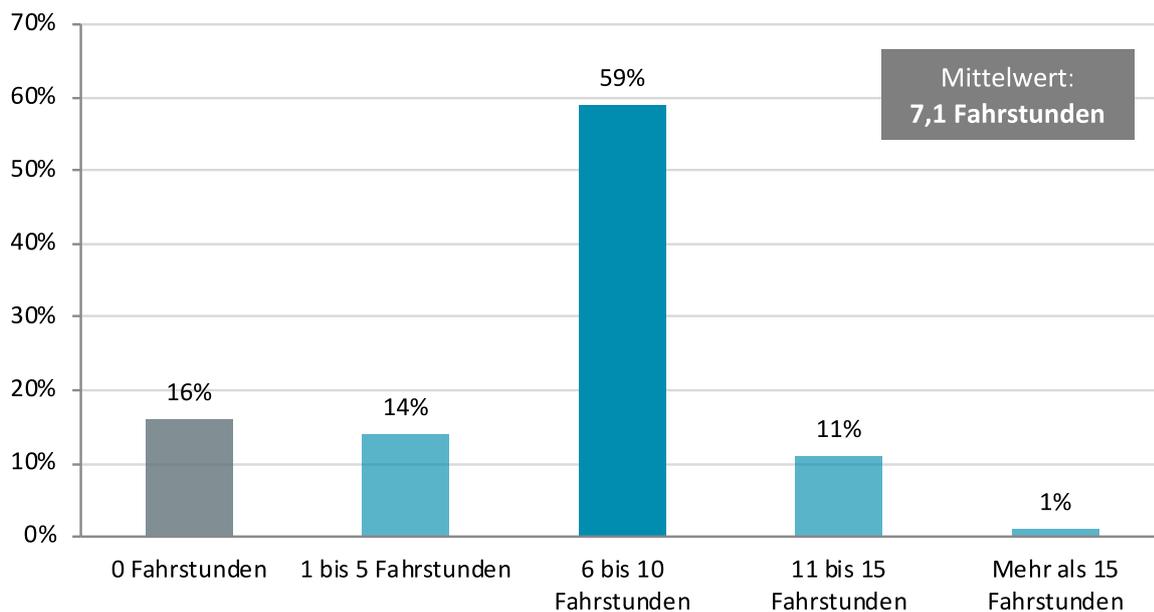


Bild 10: Einschätzungen zur Anzahl von Simulator-Stunden in der Fahrausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n=135)

Unter Berücksichtigung aller Einschätzungen spricht sich die befragte Fahrlehrerschaft im Durchschnitt für 7,1 Simulatorstunden innerhalb der fahrpraktischen Fahrausbildung aus. Zur Einordnung der Ergebnisse ist die durchschnittliche Gesamtzahl der praktischen Fahrstunden zu berücksichtigen, die Fahrschülerinnen und -schüler bis zum erfolgreichen Bestehen der fahrpraktischen Prüfung benötigen. Diese belaufen sich nach Angaben der Deutschen Verkehrswacht auf rund 30 praktische Fahrstunden (Deutsche Verkehrswacht, 2023). Demnach sollte nach dem Ermessen der Fahrlehrer etwa ein Viertel der fahrpraktischen Ausbildung mittels Fahrsimulator durchgeführt werden.

Frage C.9 widmet sich den besonderen Ausbildungsfahrten. Die Befragten wurden um eine Einschätzung gebeten, wie viele der obligatorischen 12 besonderen Ausbildungsfahrten der Klasse B auf einem Fahrsimulator absolviert werden können sollten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Befragten den Fahrsimulator für Teile der besonderen Ausbildungsfahrten als geeignet einschätzen: Überlandfahrten eignen sich den Befragungsergebnissen zufolge am besten für den Simulatoreinsatz, hier sollten 1,2 Fahrstunden auf dem Simulator abgelegt werden können. Bei Autobahnfahrten und Fahrten bei Dunkelheit könnten nach Einschätzung der befragten Fahrlehrer eine beziehungsweise 0,8 Fahrstunden am Simulator erfolgen.

Frage C.9: Wie viele der aktuell vorgeschriebenen 12 besonderen Ausbildungsfahrten der Klasse B sollten auf dem Fahr Simulator absolviert werden können?

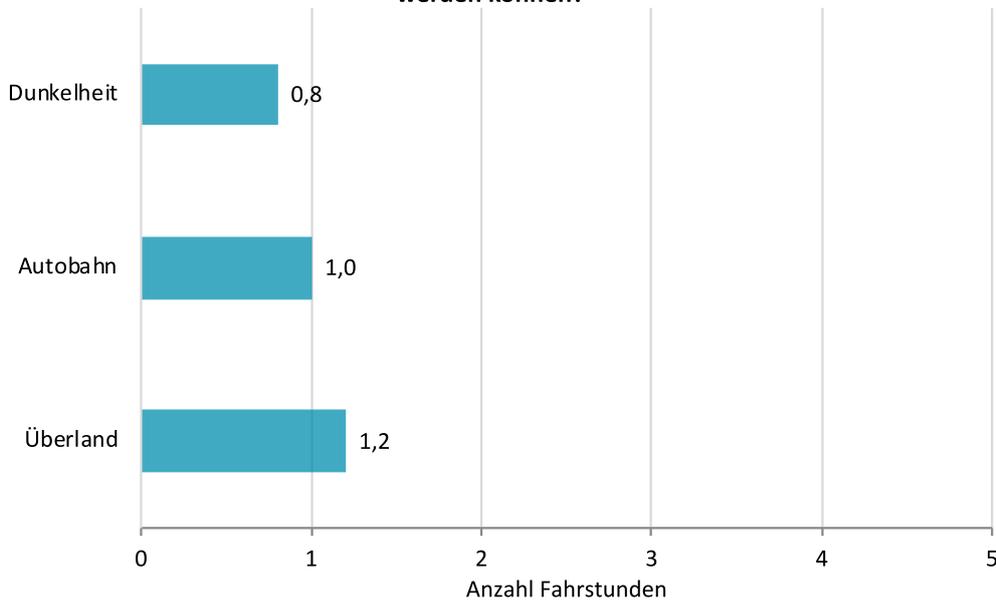


Bild 11: Anzahl der besonderen Ausbildungsfahrten, die auf einem Fahr Simulator absolviert werden können sollten (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n=135)

Frage C.11 nimmt Bezug auf verschiedene Typen von Fahrschülerinnen und -schülern. Auf einer Skala von eins bis fünf wurde um eine Einschätzung gebeten, wie stark unterschiedliche Fahrschülerinnen- und -schülertypen vom Einbezug der Fahr Simulatoren in die Fahrausbildung profitieren.

Frage C.11: Wie stark profitieren unterschiedliche Fahrschüler-Typen von Übungsstunden im Fahr Simulator?

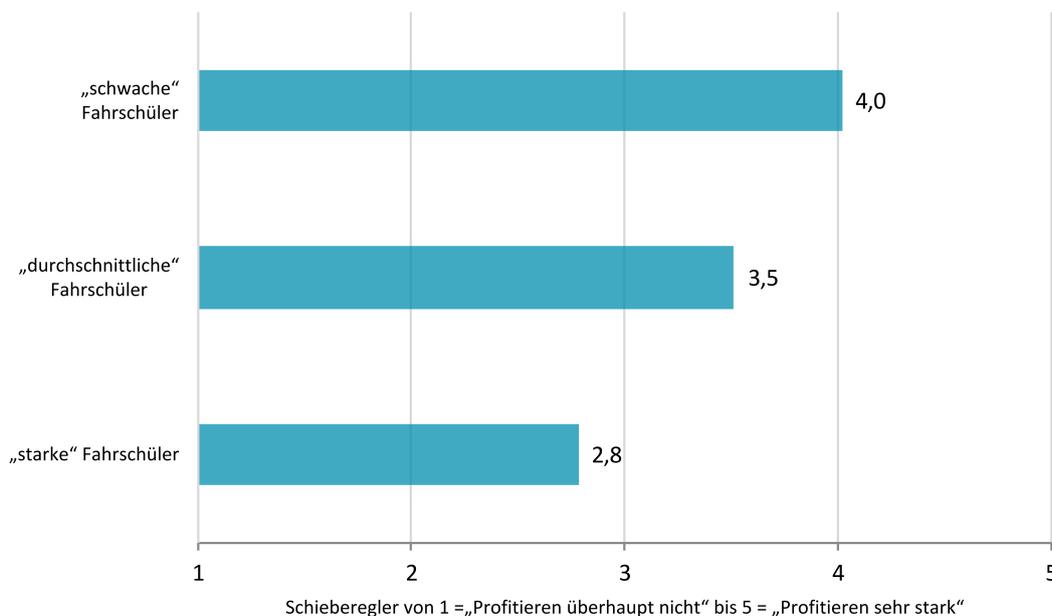


Bild 12: Einschätzung der Vorteile von Fahr Simulator Übungsstunden für verschiedene Fahrschülertypen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n=135)

„Starke“ Fahrschülerinnen und -schüler profitieren demnach weniger, „schwache“ Fahrschülerinnen und -schüler deutlich stärker von der Nutzung von Fahrsimulatoren während der Fahrausbildung.

Im Durchschnitt profitieren Fahrschülerinnen und -schüler mehr von Simulatoren, wenn sie ein niedriges Ausgangsniveau bezüglich ihrer Fahrfähigkeiten haben.

Die Online-Befragung bei Fahrlehrerinnen und -lehrern (n = 135) zur Erfassung ihres Meinungsbildes zeigt, dass mehr als zwei Drittel der Befragten dem Simulatoreinsatz in Fahrschulen sehr positiv oder positiv gegenüberstehen (69,4 %). Knapp die Hälfte der Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer (47 %) messen Fahrsimulatoren eine deutlich größere Eignung für die fahrpraktische als für die theoretische Ausbildung (knapp ein Viertel, 25 %) bei.

Die tendenziell größte Eignung im Theorieunterricht von Fahrsimulatoren wird den Lerninhalten „Kreuzung, Einmündung, Einfahren“, „Verkehrsrechtliche Vorschriften“, „Kreisverkehr“, „Verkehrswahrnehmung“, „Haltestelle, Fußüberweg“ und „Geradeausfahren“ zugemessen. Die besonders gute Eignung im fahrpraktischen Unterricht bezieht sich auf Standardfahraufgaben wie „Handhabung des Fahrzeugs“, „Geradeausfahren“, „Kreuzung, Einmündung, Einfahrten“, „Kurvenfahrten“ oder „Verkehrswahrnehmung“.

Nicht oder nur partiell geeignet im Theorieunterricht sind den Befragungsergebnissen zufolge Lehr-Lerninhalte wie „Verhalten in besonderen Verkehrssituationen“, „Fahrkompetenzdefizite und Unfälle“, Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren“, „Fahrphysik“ sowie „Technische Grundlagen“. Der Fahrsimulator in der fahrpraktischen Ausbildung erhält weniger Zustimmung bezüglich grundsätzlicher Inhalte wie etwa bei „Fahrkompetenzdefiziten und Unfällen“, „Technischen Grundlagen“, „Fahrerassistenzsystemen“ und der „Fahrphysik“.

Eine deutliche Mehrheit von 59 Prozent empfiehlt, zwischen sechs und zehn Fahrstunden während der Fahrausbildung an einem Simulator durchzuführen, 12 Prozent der Befragten halten mehr – und 14 Prozent weniger – Fahrstunden am Simulator für sinnvoll. Insgesamt ergibt sich ein Mittelwert von 7,1 „empfohlenen“ Fahrsimulatorstunden.

3.3 Position der Branchenverbände und Fachverlage

Zur Ermittlung der Position von Branchenverbänden und Fahrschulfachverlagen sowie von weiteren Stakeholdern der Fahrausbildung wurde am 11. September 2023, zwischen 14:00 Uhr und 17:00 Uhr, ein Online-Arbeitsworkshop durchgeführt. Von der Auftraggeberseite haben Vertreter des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr sowie der Bundesanstalt für Straßenwesen am Workshop teilgenommen. Ausgerichtet wurde der Workshop vom Projektkonsortium aus dem Institut für Automobilwirtschaft und der Moving International Road Safety Association e. V.

Folgende Vertreterinnen und Vertreter von Branchenverbänden haben am Online-Workshop mitgewirkt:

- Bundesarbeitsgemeinschaft der Fahrlehrerausbildungsstätten (BAGFA e. V.)
- Bundesverband deutscher Fahrschulunternehmen (BDFU)
- Bundesvereinigung der Fahrlehrerverbände (BVF)
- Deutsche Fahrlehrer-Akademie e. V. (DFA)
- Verband Innovativer Fahrschulen Deutschland (VIFD)

Darüber hinaus waren Vertreterinnen und Vertreter von folgenden Simulatorherstellern und -lieferanten beteiligt:

- Yaak Technologies
- Degener Verlag GmbH
- SiFaT RoadSafety Simulatoren für Fahrschulen
- Tenstar Simulation AB
- Springer Fachmedien München GmbH - Verlag Heinrich Vogel

Vertreterinnen und Vertreter aus den Landesverwaltungen:

- Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Sport und Integration
- Berlin - Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
- Bremen - Die Senatorin für Bau, Mobilität und Stadtentwicklung
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
- Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz Saarland
- Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft

Das Workshop-Konzept war wie folgt gegliedert:

14:00 Uhr: Begrüßung und Vorstellungsrunde

14:30 Uhr: Projektvorstellung, Methodik und Einführung in die Workshops

14:50 Uhr: Workshop Teil 1: Fahrsimulatoren im Theorieunterricht

- Darlegung spezifischer Lernbereiche (Basis: OFSA II Konzept)
- Zwischenergebnisse aus der Befragung von Fahrlehrerinnen und -lehrern
- Zuordnung der Ausbildungseinheiten in „geeignet“ und „eher nicht geeignet“
- Gestaltung des Theorieunterrichts mit Fahrsimulatoren
- Anforderungen an Fahrsimulatoren bezüglich des Theorieunterrichts

15:45 Uhr: Workshop Teil 2: Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung

- Darlegung spezifischer Lernbereiche (Basis: OFSA II Konzept)
- Zwischenergebnisse aus der Befragung von Fahrlehrerinnen und -lehrern
- Zuordnung der Ausbildungseinheiten in „geeignet“ und „eher nicht geeignet“
- Gestaltung des fahrpraktischen Unterrichts mit Fahrsimulatoren
- Anforderungen an Fahrsimulatoren bezüglich des fahrpraktischen Unterrichts

16:30 Uhr: Workshop Teil 3: Anforderungen an die Gesetzgebung

- Wünschenswerte rechtliche Rahmenbedingungen
- Umsetzbare rechtliche Rahmenbedingungen

16:50 Uhr: Zusammenfassung und Hinweise zur weiteren Vorgehensweise

Inhaltlich konnten die bisher erarbeiteten Erkenntnisse durch die Diskussionen innerhalb des Workshops bestätigt und vertieft werden. So ist auch innerhalb der Branchenverbände eine grundlegend positive Grundstimmung gegenüber dem Einsatz von Fahrsimulatoren zu konstatieren. Die angeführten Gründe dafür sind vielfältig. So sehen die Branchenvertreter im Simulatoreinsatz eine Chance, die Fahrschulausbildung digital-zukunftsfähig auszu-

bauen und die Fahrausbildung qualitativ zu verbessern. Zugleich wird auch die Möglichkeit gesehen, dem auch innerhalb der Fahrschulbranche vorliegenden Fachkräftemangel zu begegnen. Weitere Aspekte, die aus Sicht der Branchenvertreter für den Einsatz von Fahrsimulatoren in Fahrschulen sprechen, sind ökonomischer Natur.

Gleichzeitig werden aber auch Einschränkungen und Grenzen des Simulatoreinsatzes aufgezeigt. So ist festzuhalten, dass es aus Sicht der Workshop-Teilnehmer nicht zielführend sei, die Fahrausbildung ausschließlich im Simulator durchzuführen. Vielmehr sollte eine kombinierte Ausbildung mit Fahrstunden am Simulator und Fahrschul-Pkw angestrebt werden. Als größte Einschränkungen des Simulators sind vor allem die fehlende Realitätsnähe bei komplexen Fahrsituationen wie beispielsweise bezüglich der Nachtfahrten, der Beeinträchtigungen durch eine tiefstehende Sonne oder der Überholvorgänge auf Autobahnen zu betrachten.

Die Vertreter der Fahrschulfachverlage und Simulatorhersteller stehen dem Simulatoreinsatz in Fahrschulen – nicht zuletzt auch aus eigenem Interesse – ebenfalls positiv gegenüber. Die durch die Vertreter der Branchenverbände aufgezeigten Einschränkungen können sie teilweise, aber nicht durchgehend, teilen. Vor diesem Hintergrund sind die Branchenvertreter bestrebt, die angebotenen Simulatorlösungen weiterzuentwickeln, um den Einschränkungen nachhaltig zu begegnen.

Insgesamt konnte während des Workshops insbesondere die Eignung einzelner Ausbildungseinheiten für theoretische und fahrpraktische Simulatoreinheiten nicht zufriedenstellend geklärt werden. Es ist deswegen zu empfehlen, zusätzliche Workshops mit Vertreterinnen und Vertretern einzelner Stakeholdergruppen getrennt voneinander – also bspw. getrennt nach Branchenverbänden und Simulatorherstellern – in kleineren Gruppen zu initiieren. Die Projektbeteiligten werden sich hierzu mit der Auftraggeberin zeitnah austauschen.

3.4 Eignung für einzelne Lehr-Lerninhalte und die Kompetenzvermittlung

Das Kapitel 3.4 zielt darauf ab, die Lerninhalte und Kompetenzen zu identifizieren, die unter Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung vermittelt werden können. Vor diesem Hintergrund gilt es, sowohl die Kompetenzstruktur als auch die in den jeweiligen Bereichen zu erreichenden Kompetenzniveaus zu analysieren.

Dazu ist zunächst herauszuarbeiten, welche Inhalte der Fahrausbildung unter Einsatz eines Fahrsimulators in der Fahrausbildung vermittelt werden können. Dieser Arbeitsteil zielt demnach auf die Kompetenzstruktur ab.

Basierend auf den identifizierten Lerninhalten, die sich für den Simulatoreinsatz eignen, ist in einem zweiten Schritt zu identifizieren, welche Niveaustufen durch den Fahrsimulatoreinsatz erreichbar sind.

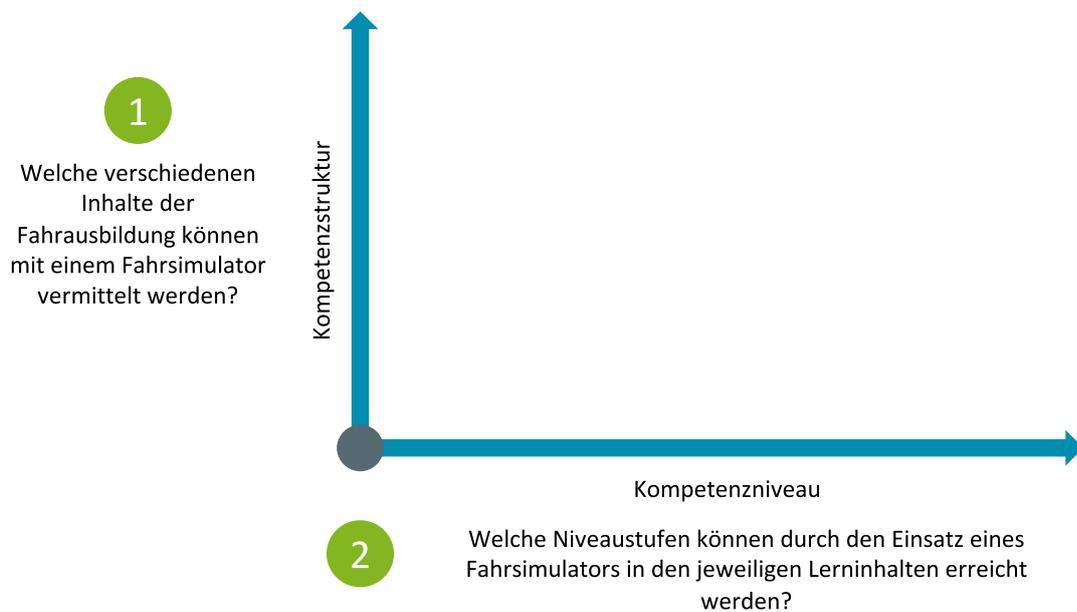


Bild 13: Fragestellungen bei der Analyse von Kompetenzstruktur und Kompetenzniveau (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024 in Anlehnung an Klieme und Leutner, 2006)

Um beide Fragestellungen hinreichend analysieren und beantworten zu können, ist zunächst die Fahrkompetenzstruktur – und damit die Zusammensetzung der in der Fahrausbildung vermittelbaren Lerninhalte – zu identifizieren.

Dies setzt zunächst ein allgemeines theoretisches Verständnis des Begriffs der „Kompetenz“ voraus. In diesem Zusammenhang ist das in der Bildungsforschung etablierte Kompetenzkonzept von Weinert (2001) zu betrachten. Demnach sieht Weinert Kompetenzen als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27).

Sturzbecher (2010) greift diesen allgemeinen Kompetenzbegriff auf und überträgt diesen auf das Führen eines Kraftfahrzeugs. Zur Herleitung der Fahrkompetenzstruktur wird der Fahrkompetenzbegriff nach Sturzbecher (2010) herangezogen. Dieser sieht als Fahrkompetenz die erfolgreiche Bewältigung von Situationen und Anforderungen im motorisierten Straßenverkehr, für welche (1) verkehrsspezifisches Wissen, (2) verkehrssicherheitskonforme Einstellungen, (3) automatisierte psychomotorische Fertigkeiten, (4) automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren sowie (5) eine realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz benötigt werden.



Bild 14: Kompetenz- und Fahrkompetenzdimensionen (Quellen: Weinert, 2001; Sturzbecher, 2010)

Die tiefere Analyse zu einzelnen Fahrkompetenzdimensionen offenbart neben der großen Heterogenität der einzelnen Dimensionen ebenso deren große inhaltliche Tiefe.

Beispielsweise umfasst die Kompetenzdimension (1) „Verkehrsspezifisches Wissen“ sowohl Wissen über Verkehrsregeln und Sicherheitsanforderungen als auch Wissen über die Art, Perspektiven und Verhaltensweisen der anderen Verkehrsteilnehmenden. Die zweite Kompetenzdimension (2) „Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen“ greift die Inhalte der ersten Dimension auf und vertieft diese in Richtung einer motivationalen Ebene. Demnach müssen Kraftfahrer die Regeln und Sicherheitsanforderungen im Straßenverkehr nicht nur kennen, sondern sollten auch zu ihrer Einhaltung motiviert sein. Eine entsprechende Motivation läge demnach dann vor, wenn die Regeln und Anforderungen für die eigene Verkehrssicherheit als relevant erachtet werden.

Die dritte Fahrkompetenzdimension (3) „automatisierte psychomotorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs“ ist hinsichtlich vieler verschiedener psychomotorischer Teilhandlungen zu betrachten. Im Mittelpunkt dabei steht die Erlernung der korrekten Ausführung und Koordination der psychomotorischen Teilhandlungen, um ein Kraftfahrzeug sicher bedienen und steuern zu können. Zu diesen lassen sich beispielsweise das Anfahren, das Schalten oder das Lenken zählen. Können bestimmte Teilhandlungen durch entsprechendes Training zunehmend routiniert ausgeführt werden ohne ihnen bewusst Aufmerksamkeit zu widmen, kann dieses Vermögen als Fertigkeit bezeichnet werden (Sturzbecher, 2010, S. 12).

Im Mittelpunkt der vierten Fahrkompetenzdimension stehen auch automatisierte Fertigkeiten, die jedoch auf die Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren abzielen. In diesem Zusammenhang werden zunächst effiziente Strategien zur Verkehrsbeobachtung angeführt, die mit zunehmender Übung ebenfalls automatisiert werden können. Ein weiterer Bestandteil dieser Fahrkompetenzdimension liegt in der richtigen Deutung und

Antizipation der erfassten Verkehrssituationen. Das abschließende Element dieser Kompetenzdimension liegt in der Beherrschung bestimmter Notfallsituationen zur Abwehr der zuvor identifizierten Gefahrensituationen (Sturzbecher, 2010, S. 12).

Das abschließende Kompetenzniveau (5) „Realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz“ beschreibt die Einschätzung und Berücksichtigung der eigenen Handlungsvoraussetzungen und Bewältigungsmöglichkeiten im Straßenverkehr. Es umfasst demnach eine Komponente der Selbsteinschätzung und -reflexion (Sturzbecher, 2010, S. 12). Die Erläuterung des Fahrkompetenzbegriffs ist zusammenfassend in Tabelle 15 dargelegt.

Fahrkompetenz (spezifisch)	Erläuterungen
Erfolgreiche Bewältigung von Situationen und Anforderungen im motorisierten Straßenverkehr	1) Verkehrsspezifisches Wissen Für eine sichere Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr müssen Kraftfahrer verkehrsspezifisches Wissen – beispielsweise über Verkehrsregeln und Sicherheitsanforderungen – erwerben.
	2) Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen Kraftfahrer müssen die Verkehrsregeln und Sicherheitsanforderungen nicht nur kennen, sondern sollten auch zu ihrer Einhaltung motiviert sein. Dies ist meist dann der Fall, wenn die Regeln und Anforderungen als relevant für die eigene Verkehrssicherheit erachtet werden.
	3) Automatisierte psycho-motorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs Kraftfahrer müssen die korrekte Ausführung und Koordination bestimmter psychomotorischer Teilhandlungen (z. B. Anfahren, Schalten, Lenken) erlernen, um ein Kraftfahrzeug sicher bedienen und steuern zu können. Werden die Teilhandlungen über einen längeren Zeitraum hinweg trainiert, so können sie zunehmend routiniert bzw. „automatisiert“ ausgeführt werden, d. h. ihnen muss nicht mehr bewusst Aufmerksamkeit gewidmet werden. In der Lernpsychologie wird das Vermögen zur automatisierten Ausführung von Handlungen als „Fertigkeit“ bezeichnet.
	4) Automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren Für die Verkehrswahrnehmung im Allgemeinen und die Gefahrenwahrnehmung im Besonderen sind der Erwerb und die Nutzung effizienter Beobachtungsstrategien von Bedeutung (Crick & McKenna, 1992). Die Nutzung derartiger Strategien kann – ähnlich wie die Fahrzeugbedienung – durch Übung automatisiert werden. Weiterhin ist es notwendig, erfasste Verkehrssituationen richtig zu deuten und ihren weiteren Verlauf zu antizipieren; potenzielle Gefahren können dann durch den Einsatz geeigneter Handlungsstrategien (z. B. Verzögerung des Fahrzeugs) oftmals vermieden werden. Da es nicht immer möglich ist, Gefahrensituationen zu vermeiden, müssen Kraftfahrer schließlich bestimmte Notfallreaktionen (z. B. die Durchführung einer Gefahrenbremsung) zur Gefahrenabwehr sicher beherrschen.
	5) Realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz Kraftfahrer müssen zur effektiven Bewältigung der Anforderungen von Verkehrssituationen die eigenen Handlungsvoraussetzungen und Bewältigungsmöglichkeiten wirklichkeitsgetreu einschätzen und berücksichtigen können (Kuiken & Twisk, 2001).

Tab. 15: Erläuterung des Fahrkompetenzbegriffs (Quelle: Weinert, 2001; Sturzbecher, 2010)

Nachdem zuvor die Zusammensetzung der verschiedenen Kompetenzbereiche hergeleitet wurde, die nachfolgend hinsichtlich ihrer Simulatoreignung zu untersuchen sind, ist das Analysemodell nun um die Perspektive der in den einzelnen Bereichen zu erreichenden Kompetenzniveaus zu erweitern.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den zuvor dargestellten Dimensionen der Fahrkompetenz unterschiedliche Lehr-Lernziele zu verfolgen sind. Nach Bloom (1972) sind die kompetenzzeitigen Lehr-Lernziele nach kognitiven, affektiven oder psychomotorischen Sachverhalten zu unterscheiden. So beschreiben kognitive Lehr-Lernziele das Wissen über Fakten, Konzepte, Regeln, Prozeduren oder Prinzipien. Demgegenüber umfassen affektive Lehr-Lernziele Interessen, Einstellungen und Werte und insbesondere auch die Fähigkeit, adäquate Werturteile bilden zu können und sein eigenes Verhalten danach auszurichten.

Psychomotorische Lehr-Lernziele hingegen beinhalten die Beherrschung von Bewegungsabläufen und komplexen Verhaltensweisen. Alle drei Arten haben gemein, dass sie sich ihrem Aufbau zu Folge in verschiedene hierarchisch angeordnete Ebenen bzw. Stufen ausdifferenzieren lassen. Demnach existieren verschiedene aufeinander aufbauende Niveaustufen, die das erreichbare Niveau innerhalb der Lehr-Lernziele beschreiben (Bredow & Sturzbecher, 2016, S. 22).

Die in Tabelle 16 dargestellte Abbildung zeigt die verschiedenen Zieldimensionen und die ihnen zugrundeliegenden Niveaustufen.

Lehr-Lernziele	Inhalt	Niveaustufen
Kognitiv	Wissen über Fakten, Konzepte, Regeln, Prozeduren oder Prinzipien.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Kenntnisse: Informationen können wiedergegeben und in gleichartigen Situationen abgerufen werden. 2 Verständnis: Informationen können nicht nur wiedergegeben, sondern auch mit eigenen Worten erklärt werden. 3 Anwendung: Informationen, Regeln und Prinzipien können in definierten Situationen verwendet werden. 4 Analyse: Ein Sachverhalt kann in seine Bestandteile zergliedert werden. 5 Synthese: Einzelne Elemente eines Sachverhaltes können kombiniert und zu einer Gesamtheit zusammengeführt werden. 6 Beurteilung: Informationen und Sachverhalte können nach bestimmten Kriterien beurteilt werden.
Affektiv	Interessen, Einstellungen und Werte sowie auf die Fähigkeit, angemessene Werturteile bilden zu können und eigenes Verhalten danach auszurichten.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Wertbeachtung: Der Lernende ist für das Thema sensibilisiert. 2 Wertbeantwortung: Der Lernende zeigt eine emotionale Reaktion. 3 Wertung: Der Lernende misst dem Gegenstand einen Wert bei. 4 Wertordnung: Der Lernende baut ein Wertesystem auf und integriert die Werte in eine Hierarchie von Überzeugungen. 5 Wertverinnerlichung: Der Lernende identifiziert sich mit dem Gegenstand.
Psychomotorisch	Beherrschung von Bewegungsabläufen und komplexen Verhaltensweisen.	<ol style="list-style-type: none"> 1 Imitation: Bewegungs- oder Handlungsabläufe können nachgeahmt werden. 2 Manipulation: Instruktionen werden ausgeführt, Techniken werden gefestigt. 3 Präzisierung: Abläufe und Techniken werden mit hoher Genauigkeit geübt. 4 Handlungsgliederung: Verschiedene Elemente eines Handlungs- oder Bewegungsablaufs werden koordiniert. 5 Naturalisierung: Abläufe werden internalisiert.

Tab. 16: Niveaustufen in Abhängigkeit der Lehr-Lernziele (Quelle: Bloom, 1972)

Die je nach Art des Lernziels unterschiedlich ausgeprägten Niveaustufen sind auch beim Aufbau des Bewertungs- und Analyseschemas zu berücksichtigen. So werden den zuvor beschriebenen fünf Kompetenz-Dimensionen (vgl. Tabelle 15) in Abhängigkeit ihrer inhaltlichen Ausrichtung jeweils eine der drei skizzierten Lehr-Lernziele zugeordnet.

So sind die Lernziele der Dimensionen (1) „verkehrsspezifisches Wissen“ und (5) „realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz“ eher kognitiver Natur. Die Dimension (2) „verkehrssicherheitskonforme Einstellungen“ hingegen zielt eher auf ein affektives Lehr-Lernziel ab. Darüber hinaus sind die Fahrkompetenz-Dimensionen (3) und (4) einem psychomotorischen Lernziel zuzuordnen.

Vor diesem Hintergrund werden in den verschiedenen Kompetenz-Dimensionen auch verschiedene zu erreichenden Kompetenz-Niveaus zugrunde gelegt. Damit liegt nun ein

Analyse-Raster vor, mit dessen Hilfe die Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lerninhalten untersucht werden kann. Ziel ist es, innerhalb dieses Modells zu begründen, weshalb mittels Fahrsimulator einzelne Kompetenzen vermittelt werden können bzw. weshalb nicht. Parallel dazu ist auch zu begründen, welche Niveaustufen in den einzelnen Kompetenzbereichen erreicht werden können.

Betrachtet wird dabei der Einsatz eines Kabinen-Fahrsimulators, der sich in den vorangehenden Untersuchungsschritten als marktüblich herausgestellt hat (vgl. Kapitel 2 und 3).

Dimensionen der Fahrkompetenz	Art des Lehr-Lernziels	Kompetenzniveaus					
		1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
1) Verkehrsspezifisches Wissen	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
2) Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen	Affektiv	1 Wertebeachtung	2 Wertbeantwortung	3 Wertung	4 Wertordnung	5 Wertverinnerlichung	
3) automatisierte psychomotorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs	Psychomotorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
4) automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren	Psychomotorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
5) eine realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung

Tab. 17: Niveaustufen des Kompetenzrahmens (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024 in Anlehnung an Bloom, 1972; Sturzbecher, 2010 sowie Weinert, 2001)

Die nachfolgenden Tabellen dienen der Erläuterung der fünf Dimensionen der Fahrkompetenz.

1) Vermittlung von verkehrsspezifischem Wissen		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
1) Kenntnisse	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin oder der -schüler kann die Informationen wiedergeben und in gleichartigen Situationen abrufen. Begründung der Simulator-Eignung: Fahrsimulatoren verfügen aufgrund der Beschaffenheit ihrer Hard- und Software über die Möglichkeit, der Fahrschülerin oder dem -schüler verkehrsspezifische Kenntnisse zu vermitteln. So reicht das Spektrum der durch den „virtuellen Fahrlehrer“ vermittelbaren Wissensinhalte beispielsweise von der richtigen Sitzeinstellung und der korrekten Lenkradhaltung über zulässige Höchstgeschwindigkeiten bis hin zu Vorfahrtsregeln. Die Vermittlung des Wissens erfolgt dabei sowohl über die grafische Darstellung auf dem Display als auch in verbaler Form. Die Aneignungstiefe geht dabei so weit, dass die vermittelten Informationen von der Fahrschülerin oder dem -schüler wiedergegeben und in gleichartigen Situationen abgerufen werden können.
2) Verständnis	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann die Informationen nicht nur wiedergeben, sondern auch mit eigenen Worten erklären. Begründung der Simulator-Eignung: Darüber hinaus kann auch die zweite Niveaustufe „Verständnis“ erreicht werden. So konnte vorrangig im IfA-Experiment aus 2023 (Reindl, S. et al. 2023) beobachtet werden, dass die Fahrschülerinnen oder der -schüler die u. a. auch im Simulator erlernten Regeln und Vorschriften derartig verinnerlicht hatten, dass sie diese mit eigenen Worten wiedergeben konnten. Förderlich dürfte an dieser Stelle vor allen Dingen auch sein, dass die durch den „virtuellen Fahrlehrer“ erklärten Regeln im Fahrsimulator in einer interaktiven Umgebung dargestellt und vermittelt werden. Das dürfte positiv auf die Erlangung von Verständnis bezüglich des verkehrsspezifischen Wissens einzahlen.
3) Anwendung	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann die Informationen, Regeln und Prinzipien in definierten Situationen anwenden. Begründung der Simulator-Eignung: Diese Niveaustufe ist im Fahrsimulator als erreichbar einzustufen, da sämtliche Übungen im Fahrsimulator darauf ausgelegt sind, theoretisches Wissen in einem konkreten Anwendungsfall abzurufen und in konkreten Situationen anzuwenden. Dafür sind mittels Simulator-Software verschiedene Fahrsituationen und Fahraufgaben abgebildet, die die Fahrschülerin bzw. der -schüler durchlaufen muss. Beispielsweise kann das vermittelte Wissen zu Vorfahrtsregeln an Kreuzungen direkt im Fahrsimulator angewendet werden, indem eine derartige Situation im Simulator trainiert wird.
4) Analyse	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann einen bestimmten Sachverhalt im Kontext des verkehrsspezifischen Wissens in seine einzelnen Bestandteile aufteilen und diese verstehen. Begründung der Simulator-Eignung: Die Niveaustufe „Analyse“ ist als erreichbar einzustufen. Der Grund liegt darin, dass Fahrschülerinnen und -schüler im Fahrsimulator auch mit vergleichsweise komplexen Fahraufgaben konfrontiert werden, die zum korrekten Durchlaufen zunächst in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt werden müssen. Auf dieser Basis sind dann die anzuwendenden Verkehrsregeln und Handlungsabfolgen zu identifizieren, damit die Fahraufgabe sicher und verantwortungsvoll durchlaufen werden kann. Als Beispiel ist an dieser Stelle das Linksabbiegen an einer Kreuzung mit ausgefallener Lichtzeichenanlage und Fußgängern zu nennen. Zur sicheren und verantwortungsvollen Bewältigung dieser Fahraufgabe muss die Fahrschülerin bzw. der -schüler die Situation in ihre Einzelteile zerlegen, um darauf aufbauend das richtige Verhalten ableiten zu können.
5) Synthese	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Das Erreichen der Niveaustufe „Synthese“ steht in einem starken Zusammenhang mit der vorherigen Niveaustufe „Analyse“. Für das Erreichen der Niveaustufe „Synthese“ müssen Elemente eines Sachverhaltes kombiniert und zu einer Gesamtheit zusammengeführt werden. Im Kontext der Fahrausbildung muss die Fahrschülerin bzw. der -schüler in einer komplexen Fahrsituation einzelne Verkehrsregeln kombinieren und anwenden, um die Fahrsituation sicher bewältigen zu können. Als Beispiel ist an dieser Stelle erneut das Linksabbiegen an einer Kreuzung mit ausgefallener Lichtzeichenanlage und die Fahrbahn überquerenden Fußgängern zu nennen. Begründung Simulator-Eignung: Auch derartige Fahrsituationen sind in marktüblichen Fahrsimulatoren abgebildet. Zum Erreichen der Niveaustufe „Synthese“ trägt zusätzlich mit bei, dass der „virtuelle Fahrlehrer“ bei komplexeren Fahrsituationen zunächst noch Instruktionen und Hinweise zur richtigen Handlungsabfolge gibt.

Tab. 18: Vermittlung von verkehrsspezifischem Wissen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

1) Vermittlung von verkehrsspezifischem Wissen		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
6) Beurteilung	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Beim Erreichen der Niveaustufe „Beurteilung“ können Informationen und Sachverhalte nach bestimmten Kriterien beurteilt werden. Im Kontext der Fahrausbildung wäre das beispielsweise gegeben, wenn eine individuelle Fahrsituation dahingehend bewertet werden kann, welche Verkehrsregeln gelten und anzuwenden sind. Begründung Simulator-Eignung: In den marktüblichen Fahrsimulatoren werden Fahrschülerinnen bzw. -schüler mit voranschreitender Ausbildungsdauer immer wieder neuen und komplexer werdenden Fahrsituationen konfrontiert. Die Hinweise und Unterstützungen des „virtuellen Fahrlehrers“ nehmen ebenfalls mit voranschreitender Ausbildungsdauer sukzessive ab. Vor diesem Hintergrund ist eine Beurteilung der Fahrsituation hinsichtlich der zu tätigen Handlungsabläufe durch die Fahrschülerin bzw. den -schüler notwendig und das Erreichen der Niveaustufe kann als gegeben angesehen werden.

Tab. 18: (Fortsetzung)

2) Vermittlung von verkehrssicherheitspolitischen Einstellungen		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
1) Wertbeachtung	Partiell	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe „Wertbeachtung“ wird dann erreicht, wenn die Fahrschülerin bzw. der -schüler für die Relevanz von sicherheitspolitischen Einstellungen im Straßenverkehr sensibilisiert ist. Begründung Simulator-Eignung: Das Erreichen dieser Niveaustufe kann durch Fahrsimulatoren partiell gewährleistet werden, da diese die Fahrschülerin oder den -schüler bei den verschiedenen Fahrsituationen auf die Relevanz von Verkehrssicherheit und verkehrssicherheitspolitischer Einstellungen hinweisen. Als Beispiele sind konkrete Hinweise des virtuellen Fahrlehrers bei zu dichtem Auffahren, zu hohen Geschwindigkeiten oder der Missachtung von Verkehrsregeln zu nennen. Allerdings ist auch zu konstatieren, dass vom „virtuellen Fahrlehrer“ lediglich die Hinweise bei Fehlverhalten wiedergegeben werden. Eine Schilderung möglicher Folgen und Konsequenzen der Missachtungen von verkehrssicherheitspolitischen Regeln, u. a. anhand von Beispielen aus der Praxis, bleibt aus. Dies könnte jedoch erheblichen Einfluss auf die Sensibilisierung der Fahrschülerinnen und -schüler haben.
2) Wertbeantwortung	Keine	Erreichen der Niveaustufe: Vom Erreichen der Niveaustufe „Wertbeantwortung“ kann dann gesprochen werden, wenn die Fahrschülerin bzw. der -schüler erste emotionale Reaktionen hinsichtlich verkehrssicherheitspolitischer Themen zeigt. Begründung Simulator-Eignung: Diese Niveaustufe kann allein mittels Fahrsimulatoren nicht erreicht werden. Der Grund dafür liegt maßgeblich in der sehr sachlichen Vermittlung von Lerninhalten durch den Fahrsimulator, welche durch den Fahrsimulator bzw. den „virtuellen Fahrlehrer“ nicht auf einer emotionalen Ebene transportiert wird.
3) Wertung	Keine	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe „Wertung“ wird dann erreicht, wenn die Fahrschülerin bzw. der -schüler einen bestimmten Sachverhalt im Kontext der Verkehrssicherheit bewerten kann und der Verkehrssicherheit einen relevanten Stellenwert zuschreibt. Begründung Simulator-Eignung: Das Erreichen dieser Niveaustufe durch Ausbildungsstunden am Fahrsimulator lässt sich unter Berücksichtigung vorangegangener Untersuchungen als nicht erreichbar einordnen. Die Gründe sind neben den zuvor genannten Aspekten vor allem darin zu sehen, dass den Fahrschülerinnen und -schülern im Fahrsimulator die Relevanz verkehrssicherheitspolitischer Einstellungen nicht ausreichend dargelegt wird. So wird durch den virtuellen Fahrlehrer zwar auf Fehlverhalten hingewiesen, mögliche Folgen der Fehlverhalten werden der Fahrschülerin oder dem -schüler jedoch nicht tiefergehend erläutert oder gar dargestellt. Vor diesem Hintergrund dürfte es der Fahrschülerin oder dem -schüler kaum gelingen, der Verkehrssicherheit einen besonderen Stellenwert einzuräumen.

Tab. 19: Vermittlung von verkehrssicherheitspolitischen Einstellungen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

2) Vermittlung von verkehrssicherheitspolitischen Einstellungen		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
4) Wertordnung	Keine	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe „Wertordnung“ wird dann erreicht, wenn die Fahrschülerin bzw. der -schüler ein Wertesystem aufbauen und die Werte in eine Hierarchie von Überzeugungen integrieren kann. Begründung Simulator-Eignung: Nicht zuletzt, weil die vorangegangene Niveaustufe nicht erreicht werden kann, kann auch die Niveaustufe nicht unter Berücksichtigung der zuvor genannten Argumente nicht erreicht werden.
5) Wertverinnerlichung	Keine	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe „Wertverinnerlichung“ wird dann erreicht, wenn die Fahrschülerin bzw. der -schüler sich mit den notwendigen verkehrssicherheitspolitischen Anforderungen identifiziert und diese aus voller Überzeugung berücksichtigt und einhält. Begründung Simulator-Eignung: Nicht zuletzt, weil die vorangegangene Niveaustufe nicht erreicht werden kann, lässt sich auch diese Niveaustufe unter Berücksichtigung der zuvor genannten Argumente nicht erreichen.

Tab. 19: (Fortsetzung)

3) Vermittlung von automatisierten psychomotorischen Fertigkeiten		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
1) Imitation	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn die zum Führen eines Pkw notwendigen Bewegungs- oder Handlungsabläufe nachgeahmt werden können. Begründung Simulator-Eignung: Die Lerninhalte und Lektionen in marktüblichen Fahrsimulatoren sind auf die Vermittlung von Bewegungs- und Handlungsabläufen ausgerichtet. Angefangen von sehr einfachen Bewegungsabläufen, wie dem Anfahren oder der Gangwechsel, steigt die Komplexität der zu erlernenden Abläufe im Ausbildungsverlauf an. Vorangegangene Untersuchungen zeigen, dass die im Fahrsimulator erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe durch die Fahrschülerinnen und -schüler relativ leicht nachgeahmt werden können.
2) Manipulation	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn Instruktionen ausgeführt und Techniken gefestigt werden können. Begründung der Simulator-Eignung: Aus den vorangegangenen Untersuchungen lässt sich ablesen, dass die Technik, der zum Führen eines Fahrzeugs notwendigen Bewegungsabläufe, mit voranschreitender Ausbildungsdauer sukzessive gefestigt wird. Dabei laufen die psychomotorischen Abläufe in Teilen bereits automatisiert ab. Der Beitrag des Fahrsimulators ist dahingehend zu sehen, dass sich die Fahrschülerin bzw. der -schüler in der geschützten Simulatorumgebung vollständig auf die Festigung und Vertiefung seiner Techniken konzentrieren kann, ohne dabei beispielsweise parallel auf andere Verkehrsteilnehmer und das Verkehrsgeschehen achten zu müssen.
3) Präzisierung	Uneingeschränkt	Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn die zum Führen eines Pkw notwendigen Abläufe und Techniken zunehmend mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden können. Begründung der Simulator-Eignung: Die Niveaustufe kann als mittels Fahrsimulatoren erreichbar beschrieben werden, da mit voranschreitender Ausbildungsdauer und entsprechender Wiederholung einzelner Bewegungsabläufe eine Präzisierung der Bewegungs- und Handlungsabläufe bei den Simulator-Schülerinnen bzw. -schülern festzustellen ist. Die marktüblichen Fahrsimulatoren tragen insbesondere durch die Feedbacks und Verbesserungsvorschläge des „virtuellen Fahrlehrers“ zu einer Steigerung der Genauigkeit bei der Handlungsausführung bei. Zum Erreichen der Niveaustufe „Präzisierung“ trägt zusätzlich das Motion-Feedback des Fahrsimulators bei, welches zusätzlich auf eine falsche Handlungsausführung hinweist und zur Verbesserung animiert.

Tab. 20: Vermittlung von automatisierten psychomotorischen Fertigkeiten (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

3) Vermittlung von automatisierten psychomotorischen Fertigkeiten		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
4) Handlungsgliederung	Uneingeschränkt	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn verschiedene Elemente eines Handlungs- oder Bewegungsablaufs koordiniert werden können.</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Zusätzlich lässt sich bei Fahrschülerinnen oder -schülern im Fahrsimulator beobachten, dass mit zunehmender Anzahl an Fahrstunden mehrere Elemente eines Handlungs- oder Bewegungsablaufs koordiniert werden können. So enthalten alle marktüblichen Fahrsimulatoren, die für den Einsatz in Fahrschulen konzipiert sind, dementsprechende Übungen. Die Anzahl und Komplexität der verschiedenen zu kombinierenden Handlungs- und Bewegungsabläufe nimmt dabei mit voranschreitendem Ausbildungsverlauf zu.</p>
5) Naturalisierung	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die höchste Niveaustufe beschreibt die vollkommene Internalisierung der einzelnen Bewegungs- und Handlungsabläufe. Das bedeutet, dass die psychomotorischen Abläufe vollkommen automatisiert und damit im Unterbewusstsein stattfinden. An dieser Stelle sei ergänzt, dass die vollständige Erreichung dieser Niveaustufe in der Praxis für gewöhnlich erst beim selbstständigen Fahren, also nach dem Führerscheinerwerb, erreicht wird. (Sturzbecher et. al. 2022, S. 29)</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Bei Fahrschülerinnen und -schülern im Fahrsimulator lässt sich im Ausbildungsverlauf zumindest ein zunehmender Automatisierungsgrad bei der Durchführung der einzelnen Handlungsabläufe feststellen. Eine vollständige Automatisierung, bei der die Koordination der Bewegungsabläufe vollkommen im Unterbewusstsein stattfindet, lässt sich hingegen nicht beobachten. Das liegt jedoch vielmehr daran, dass die vollständige Automatisierung der Bewegungsabläufe erst nach dem Führerscheinerwerb mit zunehmender Fahrerfahrung einsetzt. Grundsätzlich sprechen aufgrund der Art und Beschaffenheit von Fahrsimulatoren jedoch keine Gründe dagegen, dass bei ausreichend hoher Anzahl an Übungsstunden auch im Fahrsimulator die Niveaustufe „Naturalisierung“ erreicht werden kann.</p>

Tab. 20: (Fortsetzung)

4) Vermittlung von automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
1) Imitation	Uneingeschränkt	<p>Erreichen der Niveaustufe: Zum Erreichen der Niveaustufe „Imitation“ hinsichtlich der Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren müssen die Bewegungs- und Handlungsabläufe zur Beobachtung des Verkehrsgeschehens zunächst nachgeahmt werden können.</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Die Lerninhalte und Lektionen in marktüblichen Fahrsimulatoren sind auf die Vermittlung von Bewegungs- und Handlungsabläufen ausgerichtet. Neben den Bewegungsabläufen zur Fahrzeugbedienung, wie dem Anfahren oder der Gangwechsel, umfasst dies auch Bewegungs- und Handlungsabläufe im Kontext der Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren. Das setzt auf Seiten des Fahrsimulators voraus, dass die Simulator-Software der Fahrschülerin oder dem -schüler zu Beginn der Ausbildung klare Instruktionen zu den durchzuführenden Bewegungs- und Handlungsabläufen gibt. Nur so kann die Fahrschülerin oder der -schüler wissen, welche Handlungsabläufe er durchführen muss. Gleichzeitig muss durch den Simulator sichergestellt werden, dass Fehler erkannt werden. Dies kann beispielsweise durch ein Eye-Tracking oder Gesten-Tracking sichergestellt werden. Bei erkannten Fehlern ist die Fahrschülerin oder der -schüler auf falsch durchgeführte Handlungsabläufe aufmerksam zu machen. Nur wenn die korrekte Ausführung der Handlungsabläufe erkennbar ist, lässt sich diese auch in der richtigen Form nachahmen bzw. imitieren. Weiterhin ist wichtig, dass in der Software eine möglichst breite Anzahl an verschiedenen Verkehrssituationen abgebildet wird, die potenzielle Gefahren beherbergen. Simulatoren haben hier gegenüber der klassischen Ausbildung im Fahrschul-Pkw den Vorteil, dass eine vergleichsweise hohe Anzahl an verschiedenen Gefahrensituationen in einer hohen Frequenz und Dichte trainiert werden kann. Vorangegangene Untersuchungen zeigen, dass die im Fahrsimulator erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe durch die Fahrschülerinnen und -schüler relativ leicht nachahmbar sind.</p>

Tab. 21: Vermittlung von automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

4) Vermittlung von automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
2) Manipulation	Uneingeschränkt	<p>Erreichen der Niveaustufe: Das Erreichen der Niveaustufe „Manipulation“ liegt dann vor, wenn die Instruktionen hinsichtlich der Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren ausgeführt werden können und die Techniken dabei sukzessive gefestigt werden.</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Aus den vorangegangenen Untersuchungen lässt sich ableiten, dass die Technik der zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren notwendigen Bewegungsabläufe mit voranschreitender Ausbildungsdauer sukzessive gefestigt wird. Dabei laufen die psychomotorischen Abläufe in Teilen bereits automatisiert ab. Der Beitrag des Fahrsimulators ist dahingehend zu werten, dass sich die Fahrschülerinnen und -schüler in der geschützten Simulatorumgebung vollständig auf die Festigung und Vertiefung seiner Techniken konzentrieren kann, ohne dabei beispielsweise parallel auf andere Verkehrsteilnehmer und das Verkehrsgeschehen achten zu müssen.</p>
3) Präzisierung	Uneingeschränkt	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn die Handlungsabläufe zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren zunehmend mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden können.</p> <p>Begründung Simulator-Eignung: Die Niveaustufe kann als mittels Fahrsimulatoren erreichbar beschrieben werden, da mit voranschreitender Ausbildungsdauer und entsprechender Wiederholung einzelner Bewegungsabläufe eine Präzisierung der Bewegungs- und Handlungsabläufe bei den Simulator-Schülern festzustellen ist. Die marktüblichen Fahrsimulatoren tragen insbesondere durch die Feedbacks und Verbesserungsvorschläge des „virtuellen Fahrlehrers“ zu einer Steigerung der Genauigkeit bei der Handlungsausführung bei.</p>
4) Handlungsgliederung	Uneingeschränkt	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Niveaustufe wird dann erreicht, wenn verschiedene Elemente eines Handlungs- oder Bewegungsablaufs im Kontext der Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren koordiniert werden können.</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Zusätzlich lässt sich bei Fahrschülerinnen und -schülern im Fahrsimulator beobachten, dass mit zunehmender Anzahl an Fahrstunden mehrere Elemente eines Handlungs- oder Bewegungsablaufs koordiniert werden können. So enthalten alle marktüblichen Fahrsimulatoren, die für den Einsatz in Fahrschulen konzipiert sind, dementsprechende Übungen. Die Anzahl und Komplexität der verschiedenen zu kombinierenden Handlungs- und Bewegungsabläufe nimmt dabei mit voranschreitendem Ausbildungsverlauf zu.</p>
5) Naturalisierung	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die höchste Niveaustufe beschreibt die vollkommene Internalisierung der einzelnen Bewegungs- und Handlungsabläufe. Das bedeutet, dass die psychomotorischen Abläufe vollkommen automatisiert und damit im Unterbewusstsein stattfinden. An dieser Stelle sei ergänzt, dass die vollständige Erreichung dieser Niveaustufe in der Praxis für gewöhnlich erst beim selbstständigen Fahren, also nach dem Führerscheinwerb, erreicht wird. (Sturzbecher et. al. 2022, S. 29)</p> <p>Begründung der Simulator-Eignung: Bei Fahrschülerinnen und -schülern im Fahrsimulator lässt sich im Ausbildungsverlauf zumindest ein zunehmender Automatisierungsgrad bei der Durchführung der einzelnen Handlungsabläufe feststellen. Eine vollständige Automatisierung, bei welcher die Koordination der Bewegungsabläufe vollkommen im Unterbewusstsein stattfindet, lässt sich hingegen nicht beobachten. Das liegt jedoch vielmehr daran, dass die vollständige Automatisierung der Bewegungsabläufe erst nach dem Führerscheinwerb mit zunehmender Fahrerfahrung einsetzt. Grundsätzlich sprechen aufgrund der Art und Beschaffenheit von Fahrsimulatoren jedoch keine Gründe dagegen, dass bei ausreichend hoher Anzahl an Übungsstunden auch im Fahrsimulator die Niveaustufe „Naturalisierung“ erreicht werden kann.</p>

Tab. 21: (Fortsetzung)

5) Vermittlung einer realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
1) Kenntnisse	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerinnen bzw. -schüler kennen die zur effektiven Bewältigung von Verkehrssituationen notwendigen eigenen Handlungsvoraussetzungen und Bewältigungsmöglichkeiten.</p> <p>Erläuterung zur Simulatoreignung: Der Fahrsimulator informiert die Fahrschülerinnen und -schüler über die zur Bewältigung der verschiedenen Verkehrssituationen notwendigen Anforderungen und Handlungsvoraussetzungen. Dabei liegt der Fokus des virtuellen Fahrlehrers vornehmlich auf den Handlungsanforderungen, also den zu tätigenden Abläufen zur Bewältigung der Fahraufgabe. Beim Durchlaufen der Fahraufgabe wird die Fahrschülerin bzw. der -schüler durch den virtuellen Fahrlehrer auch auf Fehler hingewiesen. Zudem bestehen Möglichkeiten zur Auswertung des eigenen Lernstands. Trotzdem kann die Niveaustufe „Kenntnisse“ dabei nur als partiell mittels Fahrsimulatoren erreichbar eingestuft werden. Der Grund liegt darin, dass zusätzliche Informationen zu den Faktoren, die die eigene Fahrkompetenz beeinflussen können, nicht durch den Fahrsimulator vermittelt werden. Als Beispiel sind an dieser Stelle Informationen zur Fahrtüchtigkeit, wie bspw. der Einfluss von Alkohol oder Medikamenten, zu nennen. Diese Perspektive wird durch marktübliche Fahrsimulatoren derzeit nicht abgebildet und wäre bspw. im Rahmen der Theorieausbildung zu ergänzen.</p>
2) Verständnis	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerinnen bzw. -schüler können die zur effektiven Bewältigung von Verkehrssituationen notwendigen eigenen Handlungsvoraussetzungen und Bewältigungsmöglichkeiten beschreiben und mit eigenen Worten erklären.</p> <p>Erläuterung zur Simulatoreignung: Das Erreichen der Niveaustufe „Verständnis“ kann mittels Fahrsimulatoren nur partiell erreicht werden. Auf der einen Seite konnte bei vorangegangenen Analysen beobachtet werden, dass Fahrschülerinnen und -schüler das durch Fahrsimulatoren vermittelte Wissen durch die unmittelbare Anwendung als auch die interaktive Lernumgebung gut verinnerlichen und damit auch mit eigenen Worten wiedergeben können. Auf der anderen Seite sind viele Informationen zu den Faktoren, die die eigene Fahrkompetenz beeinflussen können, nicht innerhalb der Simulatoren abgebildet und müssen bspw. im Rahmen des Theorieunterrichts vermittelt werden (siehe auch Zeile zuvor). Aus diesem Grund ist das Erreichen der Niveaustufe „Verständnis“ hinsichtlich der Vermittlung einer realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz lediglich als partiell einzustufen.</p>
3) Anwendung	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann die Informationen zur eigenen Fahrkompetenz in definierten Situationen anwenden. Das bedeutet, dass sie bzw. er sein Verhalten in bestimmten Fahrsituationen unter Berücksichtigung ihres bzw. seines eigenen Könnens und ihrer bzw. seiner Fahrtüchtigkeit anpasst.</p> <p>Erläuterung zur Simulatoreignung: Die Niveaustufe „Anwendung“ kann mittels Fahrsimulatoren nur partiell erreicht werden. Zum einen bietet der Fahrsimulator der Fahrschülerin bzw. dem -schüler die Möglichkeit, die erlernten Kenntnisse in verschiedenen Fahraufgaben anzuwenden. Eine Einschränkung liegt jedoch darin, dass mittels Fahrsimulator nicht alle notwendigen Kenntnisse vermittelt werden können (siehe u. a. Anmerkungen zu Niveaustufen 1 und 2) und dementsprechend dafür auch kein Verständnis aufgebaut werden kann. Eine weitere Herausforderung liegt in dem Transferproblem zwischen Simulator und Pkw. Weil ein Simulator die Wirklichkeit nur simulieren, aber aus verschiedenen technischen und psychologischen Gründen (z. B. Stressfaktor) nicht vollständig realistisch abbilden kann.</p>

Tab. 22: Vermittlung einer realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

5) Vermittlung einer realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz		
Niveaustufe	Simulator-Eignung	Erläuterung
4) Analyse	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann seine eigene Fahrkompetenz aus verschiedenen Gesichtspunkten und Kriterien bewerten.</p> <p>Erläuterung der Simulatoreignung: Diese Niveaustufe ist mittels Fahrsimulatoren als partiell erreichbar einzustufen. Die vorangegangenen Analysen haben gezeigt, dass marktübliche Fahrsimulatoren die Stärken und Schwächen der Fahrschülerin oder -schüler beim Durchlaufen der verschiedenen Fahraufgaben analysieren und im Nachgang zu jeder Fahrstunde individuelle Stärken- und Schwächenprofile aufzeichnen. Dieses umfasst einzelne Kriterien wie bspw. das Verhalten beim Anfahren, bei der Verkehrsbeobachtung oder in nicht vorfahrtsberechtigten Fahrsituationen. Diese Auswertungen können der Fahrschülerin oder dem -schüler dabei helfen, die eigene Fahrkompetenz hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte und Kriterien zu bewerten und zu analysieren. Die wesentliche Einschränkung des Fahrsimulators liegt in dem Transferproblem zwischen Simulator und Pkw. So kann ein Simulator die Wirklichkeit nur simulieren, aber aus verschiedenen technischen und psychologischen Gründen (z. B. Stressfaktor) nicht vollständig realistisch abbilden. Vor diesem Hintergrund kann eine Fahrschülerin oder ein -schüler alleine ausgehend von guten Bewertungen einzelner Fahrkompetenzaspekte im Fahrsimulator nicht auf eine vollumfängliche Fahrkompetenz im Realverkehr schließen.</p>
5) Synthese	Partiell	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann die Informationen zur eigenen Fahrkompetenz in den verschiedenen Aspekten miteinander kombinieren und zu einer Gesamtheit zusammenführen. Das bedeutet, dass er seine identifizierten Stärken und Schwächen dahingehend verstehen und analysieren kann, um seine Fahrkompetenz in der Gesamtheit zu verbessern.</p> <p>Erläuterung zur Simulatoreignung: Die Niveaustufe „Synthese“ kann mittels Fahrsimulatoren nur partiell erreicht werden. Zwar kann die Fahrschülerin bzw. der -schüler ihre bzw. seine identifizierten Stärken und Schwächen dahingehend verstehen und analysieren, um ihre bzw. seine Fahrkompetenz in der Gesamtheit im Fahrsimulator zu stärken. Die wesentliche Einschränkung des Fahrsimulators liegt in dem Transferproblem zwischen Simulator und Pkw. So kann ein Simulator die Wirklichkeit nur simulieren, aber aus verschiedenen technischen und psychologischen Gründen (z. B. Stressfaktor) nicht vollständig realistisch abbilden. Vor diesem Hintergrund kann eine Fahrschülerin oder ein -schüler allein ausgehend von der Synthese des Stärken- und Schwächenprofils im Fahrsimulator nicht vollständig auf eine Verbesserung der gesamten Fahrkompetenz im Pkw im Realverkehr schließen.</p>
6) Beurteilung	Keine Eignung	<p>Erreichen der Niveaustufe: Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann die Informationen zur eigenen Fahrkompetenz nach bestimmten Kriterien beurteilen. Das bedeutet, dass sie bzw. er die im Simulator identifizierten Stärken und Schwächen hinsichtlich der Fahrkompetenz im realen Pkw im Realverkehr bewerten kann.</p> <p>Erläuterung der Simulatoreignung: Die Niveaustufe „Beurteilung“ kann mittels Fahrsimulatoren nicht erreicht werden. Die wesentliche Einschränkung des Fahrsimulators liegt in dem Transferproblem zwischen Simulator und Pkw. So kann ein Simulator die Wirklichkeit nur simulieren, aber aus verschiedenen technischen und psychologischen Gründen (z. B. Stressfaktor) nicht vollständig realistisch abbilden. Vor diesem Hintergrund ist bei einer Fahrschülerin bzw. -schüler, die bzw. der zwar im Fahrsimulator sämtliche Anforderungen an die zu stellenden Fahrkompetenzkriterien erfüllt, nicht zwangsläufig von einer hohen Pkw-Fahrkompetenz im Realverkehr zu schließen. Die Fahrschülerin bzw. der -schüler kann vor diesem Hintergrund von guten Leistungen im Fahrsimulator nicht auf eine hohe Fahrkompetenz im Realverkehr schließen.</p>

Tab. 22: (Fortsetzung)

3.5 Zwischenfazit III

Position der Fahrlehrerschaft

Die Online-Befragung bei Fahrlehrerinnen und -lehrern (n = 135) zur Erfassung ihres Meinungsbildes zeigt, dass mehr als zwei Drittel der Befragten dem Simulatoreinsatz in Fahrschulen sehr positiv oder positiv gegenüberstehen (69,4 %). Knapp die Hälfte der Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer (47 %) messen Fahrsimulatoren eine deutlich größere Eignung für die fahrpraktische als für die theoretische Ausbildung (knapp ein Viertel, 25%) bei.

Die tendenziell größte Eignung im Theorieunterricht von Fahrsimulatoren wird den Lerninhalten „Kreuzung, Einmündung, Einfahren“, „Verkehrsrechtliche Vorschriften“, „Kreisverkehr“, „Verkehrswahrnehmung“, „Haltestelle, Fußüberweg“ und „Geradeausfahren“ zugemessen. Die besonders gute Eignung im fahrpraktischen Unterricht bezieht sich auf Standardfahraufgaben wie „Handhabung des Fahrzeugs“, „Geradeausfahren“, „Kreuzung, Einmündung, Einfahrten“, „Kurvenfahrten“ oder „Verkehrswahrnehmung“. Nicht oder nur partiell geeignet im Theorieunterricht sind den Befragungsergebnissen zufolge Lehr-Lerninhalte wie „Verhalten in besonderen Verkehrssituationen“, „Fahrkompetenzdefizite und Unfälle“, Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren“, „Fahrphysik“ sowie „Technische Grundlagen“. Der Fahrsimulator in der fahrpraktischen Ausbildung erhält weniger Zustimmung bezüglich grundsätzlicher Inhalte wie etwa bei „Fahrkompetenzdefiziten und Unfällen“, „Technischen Grundlagen“, „Fahrerassistenzsystemen“ und der „Fahrphysik“.

Eine deutliche Mehrheit von 59 Prozent empfiehlt, zwischen sechs und zehn Fahrstunden während der Fahrausbildung an einem Simulator durchzuführen, 12 Prozent der Befragten halten mehr – und 14 Prozent weniger – Fahrstunden am Simulator für sinnvoll. Insgesamt ergibt sich ein Mittelwert von 7,1 „empfohlenen“ Fahrsimulatorstunden.

Für die grundlegend gute Gesamtstimmung dürften auch die vielfältigen Gründe, die aus Sicht der Branchenpraktiker für einen Simulatoreinsatz in der Fahrausbildung sprechen, verantwortlich sein. Wenn auch die qualitative Aufwertung der Fahrausbildung als häufigster Grund angeführt wird, sind es auch die Möglichkeiten zur Begegnung des Fahrlehrermangels, die aus Sicht der Befragten für einen verstärkten Simulatoreinsatz in Fahrschulen sprechen. Ähnlich häufig genannt werden auch positive ökonomische Effekte für den Fahrschulbetrieb wie auch Marketing- und Imagegründe (Bild 15).

Frage B.5: Aus welchen Gründen haben Sie sich für den Einsatz von Fahr simulatoren in Ihrer Fahrschule entschieden? (Mehrfachnennungen möglich)

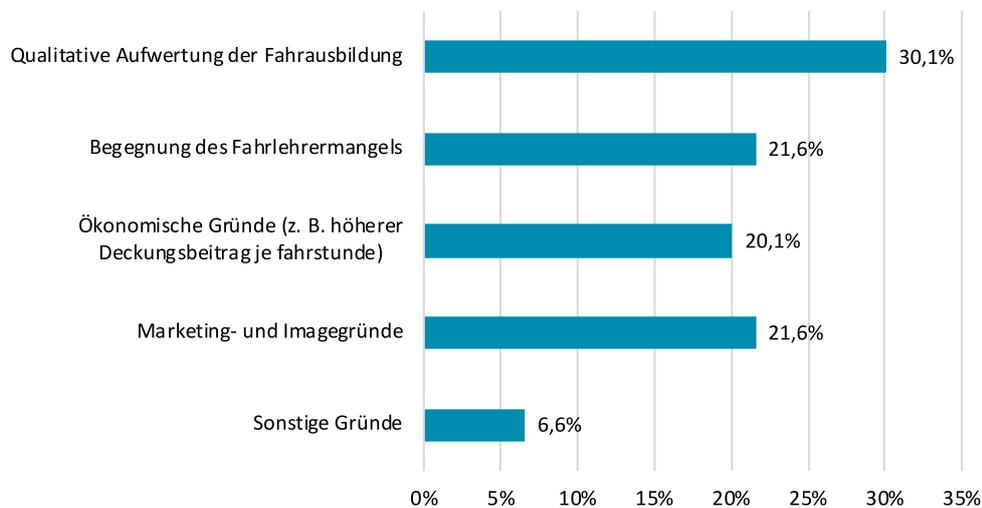


Bild 15: Fahrlehrerperspektive zu den Gründen des Simulatoreinsatzes (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 | Befragung im Zeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 | n=319)

Position der Branchenverbände und Fachverlage

Fahr simulatoren sind als intermediäres Lernmedium zwischen Theorie und Praxis einzuordnen. Selbständiges „Erfahren“ von gefährlicher Ablenkung ist als exemplarischer Anwendungszweck von Simulatoren für Theorieinhalte aufzufassen.

Anschaffungsinvestitionen und laufende Betriebskosten sind erheblich niedriger als bei einem Realfahrzeug. Fahr simulatoren dienen damit der Optimierung von Fahrschul-Betriebskosten sowie – damit einhergehend – auch des finanziellen Aufwands von Fahrschülerinnen und -schülern.

Viele Verkehrssituationen sind während realer Fahrstunden nicht oder zu selten „reproduzierbar“ (bspw. komplexe Kreuzungen, Begegnung mit Blaulichtfahrzeugen, Überholvorgänge auf Landstraßen). Mit Fahr simulatoren könnten solche Situationen systematisch in die Ausbildung einfließen. Die Darstellung unterschiedlicher Wetter- und Streckenverhältnisse stößt in Simulatoren an Grenzen, ist aber dennoch für die Sensibilisierung für solche Situation vorteilhaft.

Technische Fortschritte lösen gegenwärtige Einschränkungen im Sichtsystem auf (Curved-Bildschirme, VR-Brillen etc.).

Analysen zu vermittelbaren Lerninhalten

Die Analysen zur Eignung des Simulators für einzelne Lehr-Lerninhalte und die Kompetenzvermittlung basieren einerseits auf der Inhaltsstruktur der Fahrausbildung unter Berücksichtigung der technisch-didaktischen Konzeption eines Fahr simulators. Andererseits werden auf der Basis identifizierter Lehr-Lerninhalte, die sich für den Simulatoreinsatz eignen, die erreichbaren Niveaustufen ausgewiesen.

Die einzelnen Dimensionen der Fahrkompetenz sind dabei hinsichtlich ihres Zielsystems in kognitive, affektive und psychomotorische und kognitive Dimensionen zu unterscheiden. Diese Zieldimensionen führen jeweils zu spezifischen Kompetenzniveaus – bspw. beim „verkehrsspezifischen Wissen“ zu kognitiven Kompetenzniveaus wie (1) Kenntnisse, (2) Verständnis, (3) Anwendung, (4) Analyse, (5) Synthese und (6) Beurteilung.

Bei der „realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz“ kommt ebenfalls die kognitive Ebene in Betracht. Hinsichtlich der „verkehrssicherheitskonformen Einstellungen“ sind hingegen affektive, bei den automatisierten „psychomotorischen Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Fahrzeugs“ sowie bei „automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren“ hingegen psychomotorische Kompetenzniveaus anzusetzen.

Die partielle und uneingeschränkte Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung einzelner Lehr-Lerninhalte lässt sich anhand der bereits dargelegten Analyse zu den Kompetenzfeldern belegen (vgl. nachstehende Abbildung).

Die einzelnen Dimensionen der Fahrkompetenz sind hinsichtlich ihres Zielsystems in kognitive, affektive, psychomotorische und kognitive Kenntnisdimensionen zu unterscheiden. Diese Zieldimensionen führen jeweils zu spezifischen Kompetenzniveaus – bspw. beim „verkehrsspezifischen Wissen“ zu kognitiven Kompetenzniveaus wie (1) Kenntnisse, (2) Verständnis, (3) Anwendung, (4) Analyse, (5) Synthese und (6) Beurteilung.

Bei der „realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz“ kommt ebenfalls die kognitive Ebene in Betracht. Hinsichtlich der „verkehrssicherheitskonformen Einstellungen“ sind hingegen affektive, bei den automatisierten „psychomotorischen Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Fahrzeugs“ sowie bei „automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren“ psychomotorische Kompetenzniveaus anzusetzen.

Dimensionen der Fahrkompetenz	Art des Lehr-Lernziels	Kompetenzniveaus					
		1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
1) Verkehrsspezifisches Wissen	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
2) Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen	Affektiv	1 Wertebeachtung	2 Wertbeantwortung	3 Wertung	4 Wertordnung	5 Wertverinnerlichung	
3) automatisierte psychomotorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs	Psychomotorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
4) automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren	Psychomotorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
5) eine realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
Legende:		Keine Eignung zur Vermittlung durch den Fahrsimulator		Partielle Eignung zur Vermittlung durch den Fahrsimulator		Uneingeschränkte Eignung zur Vermittlung durch d. Fahrsimulator	

Tab. 23: Zusammenfassender Überblick zu den Dimensionen der Fahrkompetenz mit jeweils zuordenbaren Kompetenzniveaus (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024 in Anlehnung an Bloom, 1972; Sturzbecher, 2010 sowie Weinert, 2001)

Die Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lehr-Lerninhalten lässt sich anhand der farblich unterschiedlich markierten Felder ablesen: Während angesichts der technisch-didaktischen Konstruktion bspw. mittels Simulatortrainings zu „verkehrssicherheitskonformen Einstellungen“ lediglich die ersten zwei Kompetenzniveaus „partiell“ erreichbar sind, lassen sich beim „verkehrsspezifischen Wissen“ alle relevanten Kompetenzstufen verwirklichen. Die Tabelle 23 zeigt einen zusammenfassenden Überblick zu den Dimensionen der Fahrkompetenz mit jeweils zuzuordnenden Kompetenzniveaus.

Umfang des Fahrsimulatoreinsatzes in der fahrpraktischen Ausbildung

Fahrsimulatoren sollten nicht ausschließlich in der fahrpraktischen Ausbildung eingesetzt werden. Vielmehr empfiehlt es sich auf Basis der Analysen, einen Teil der praktischen Fahrausbildung im Fahrsimulator durchzuführen. Nicht zuletzt, weil sich Simulatoren vor allem bei der Vermittlung von grundlegenden Lehrinhalten der Fahrzeugbedienung als vorteilhaftig zeigen, sollte er vor allem in der ersten Hälfte der Fahrausbildung eingesetzt werden. So sind auf Basis der Analysen zwischen sieben und zehn Fahrstunden zu empfehlen. Basierend auf einer durchschnittlichen Anzahl von 33 Fahrstunden bis zum Führerscheinerwerb, lassen sich zwischen einem Viertel und einem Drittel der gesamten fahrpraktischen Ausbildung durch Simulatorstunden substituieren. Dabei ist die Intensität der Simulatorbindung auch immer auch vom individuellen Lernfortschritt einzelner Fahrschülerinnen und -schüler abhängig. Da „lernschwächere“ Fahrschülerinnen und -schüler aus Sicht der Branchenpraktiker stärker von Fahrsimulatorstunden profitieren als der Durchschnitt, ist bei jenen Fahrschülerinnen und -schülern auch eine höhere Anzahl an Simulator-Fahrstunden – also im oberen Bereich von bis zu zehn Simulatorstunden – empfehlenswert. Das Bild 16 zeigt exemplarisch zwei theoretisch mögliche Ausbildungsverläufe.

Als weitere Gründe werden zudem eine Entlastung der Fahrzeugflotte, Umweltaspekte als auch die Unterstützung von Fahrschülerinnen und -schülern, die bis vor der Fahrausbildung kaum Berührungspunkte mit der aktiven Teilnahme am Straßenverkehr hatten.

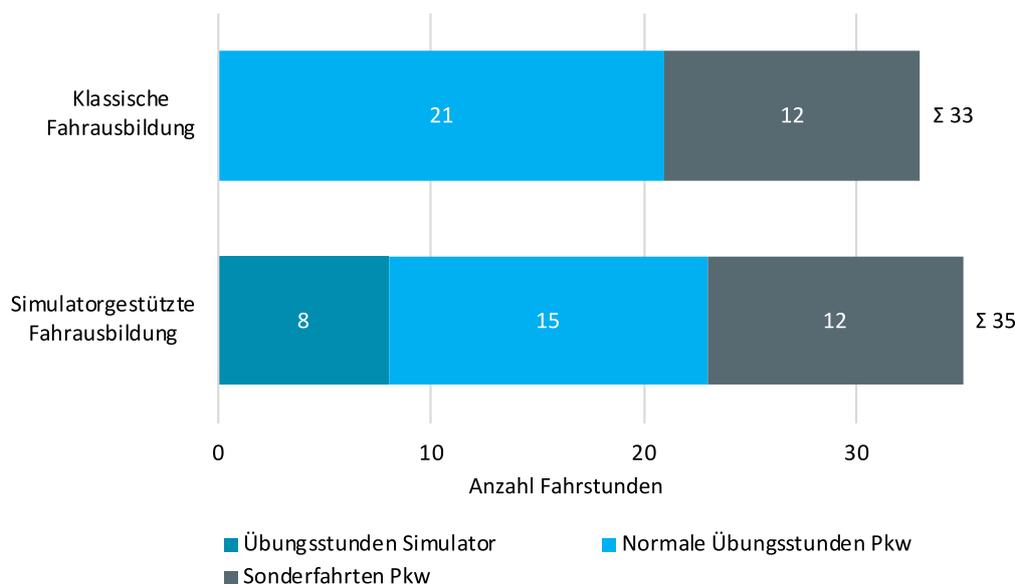


Bild 16: Anzahl Fahr- und Simulatorstunden (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2023 | MOVING, 2023)

4 Integration der Simulatoreausbildung in die Fahrausbildung

4.1 Methodische Konzeption und Vorgehensweise

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die Ableitung konkreter Vorschläge zur Integration der Simulatoreausbildung in die Fahrausbildung. Dabei bildet der im Rahmen des BAST-Forschungsberichts M 330 zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland entwickelte Ausbildungsplan zum Führerscheinwerb die grundlegende Struktur zur Verortung und Beschreibung der möglichen Simulatorintegration. Dieser unterteilt die Ausbildung zum Ersterwerb der Fahrerlaubnisklasse B in die vier Lernbereiche (1) „Basisausbildung“, (2) „Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP“, (3) „Besondere Ausbildungsfahrten“ sowie (4) „Prüfungsvorbereitung PFEP“. Jenen Lernbereichen sind wiederum einzelne konkrete Ausbildungsinhalte zugeordnet, bei denen jeweils hinterlegt ist, welche Lehr-Lernformen anwendbar sind (Bild 17).

Ausbildungsverlauf zum Ersterwerb der Fahrerlaubnisklasse B

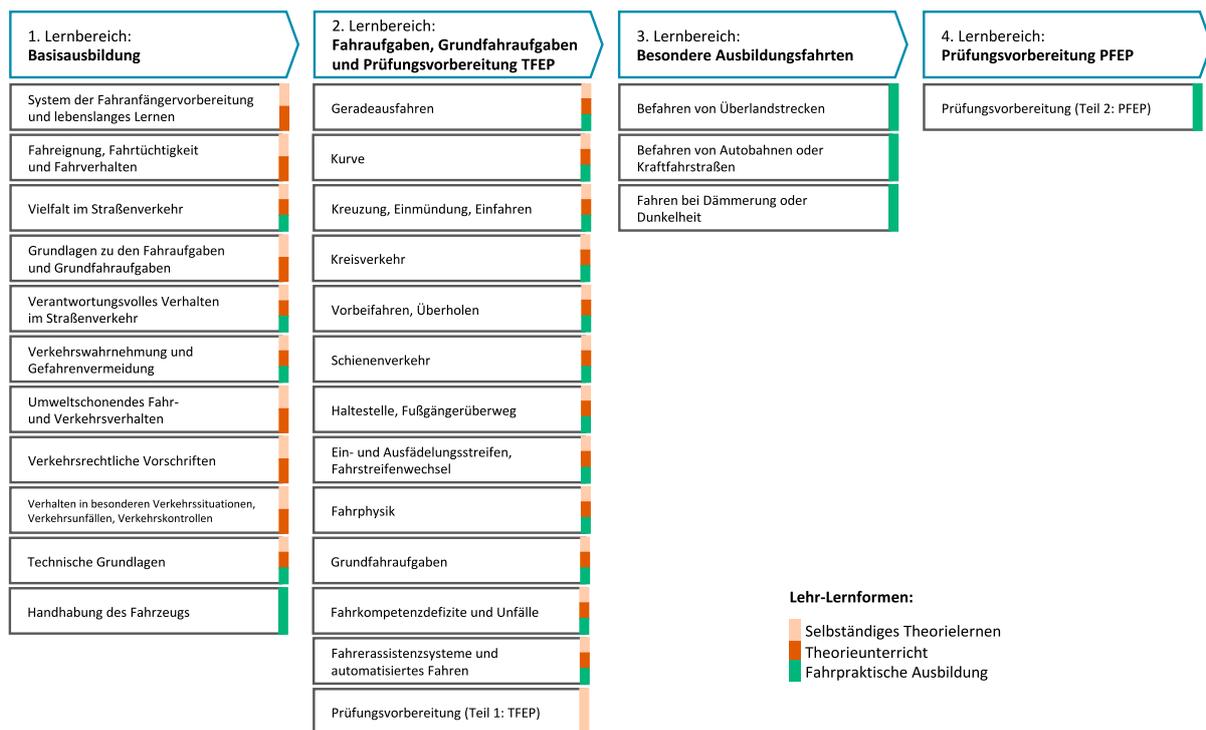


Bild 17: Ausbildungsverlauf zum Ersterwerb der Fahrerlaubnisklassen B/BE (Quelle: Sturzbecher et al., 2022, S. 149)

Für jeden einzelnen Ausbildungsinhalt des OFSA II-Konzepts ist zu bewerten und zu beschreiben, inwiefern sich Fahrsimulatoren zu deren Vermittlung eignen. Dabei wird eine Differenzierung nach vier grundlegenden Perspektiven vorgenommen.

- Zunächst erfolgt eine Beschreibung, wie eine Integration des Fahrsimulators in die Fahrausbildung umsetzbar ist, um die jeweiligen Lerninhalte zu vermitteln.
- Darauf aufbauend werden sowohl die Potenziale als auch Grenzen des Simulatoreinsatzes beleuchtet.

- In einem dritten Schritt erfolgt die Ableitung von spezifischen Simulator-Anforderungen, die sich jeweils konkret auf einzelne Lerninhalte beziehen.
- Dabei ist grundlegend zwischen Theorieunterricht und der fahrpraktischen Ausbildung zu differenzieren.

Die nachfolgenden Analysen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 beziehen sich dabei auf Grundlage einer Auswertung aktuell verfügbarer Simulatorkonzepte auf die Umsetzung, die Potenziale und Grenzen der Simulatoreausbildung in Fahrschulen. Zudem sind die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator dargelegt (Bild 18).

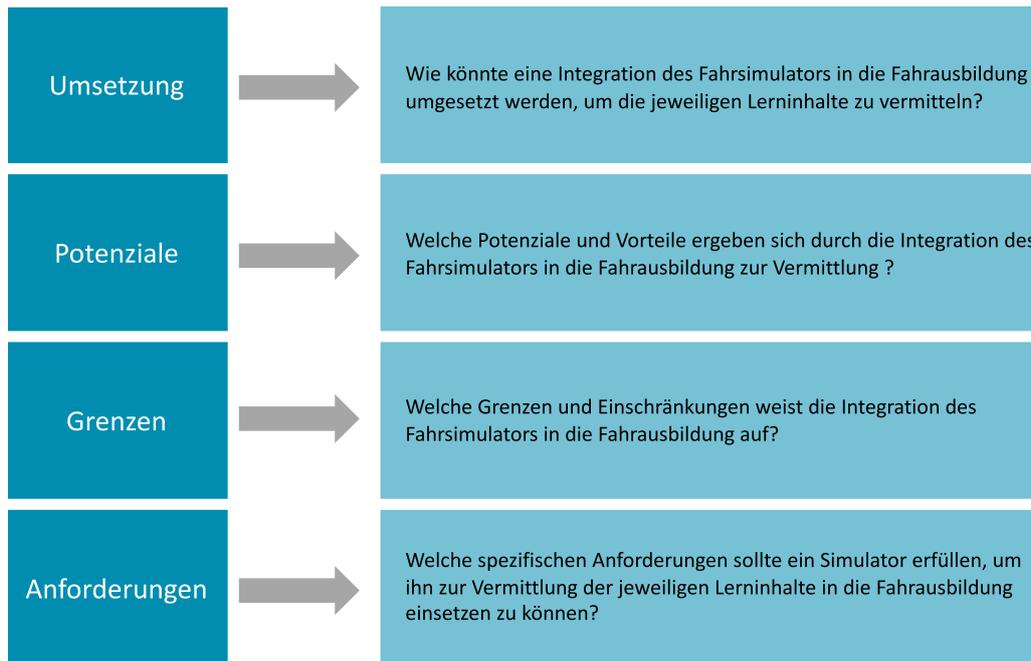


Bild 18: Beschreibung und Bewertungsprozess zur Eignung der Simulatoreausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

4.2 Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht

Gemäß der im Kapitel 4.1 dargelegten Vorgehensweise sind die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatoreausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator nachstehend für den ersten Theorie-Lernbereich nach OFSA II in der Tabelle 24 dargelegt.

1. Lernbereich: Basisausbildung – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
System der Fahranfängervorbereitung und lebenslanges Lernen	NEIN	Umsetzung: Keine Simulatorintegration möglich, da im Rahmen dieses Lerninhalts ein Verständnis über den Aufbau der Fahrausbildung vermittelt werden soll, das im Theorieunterricht sowie im selbständigen Theorielernten erworben wird.

Tab. 24: Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht (1. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173)

1. Lernbereich: Basisausbildung – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Fahreignung, Fahrtüchtigkeit und Fahrverhalten	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler nutzen im Rahmen des Theorieunterrichts Simulatoren und werden parallel mit Ablenkungssituationen konfrontiert, bspw. Ablenkung durch Gespräche, Nutzung eines Smartphones o. Ä. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterrichts Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Fahrschülerinnen und -schüler am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Potenziale des Simulatoreinsatzes liegen darin, dass Fahrschülerinnen bzw. -schüler selbst am Fahrsimulator nachvollziehen können, wie sich Ablenkung und Fahruntüchtigkeit auf ihr Fahrverhalten auswirken.</p> <p>Grenzen: Fahrschülerinnen und -schüler unterschätzen die Gefahren dadurch, dass bei Fahrfehlern auf dem Simulator keine unmittelbaren Konsequenzen drohen.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator sollte eine Übungsmitschau ermöglichen, sodass beispielsweise im Rahmen des Theorieunterrichts die Ansicht der Fahrerin oder des Fahrers auf einer Leinwand oder einem großformatigen Bildschirm im Unterrichtsraum mitverfolgt werden kann. Wünschenswert wäre eine Simulation von Einschränkungen der Fahrtüchtigkeit des Nutzers (z. B. durch Integration einer „Alkoholbrille“ in die Ansicht des Nutzers).</p>
Vielfalt im Straßenverkehr	PARTIELL	<p>Umsetzung: Der Simulator wird ergänzend zum Theorieunterricht und zum selbständigen Theorielernen genutzt, um Begegnungssituationen mit verschiedenen Verkehrsteilnehmern zu trainieren.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler erhalten ein Bewusstsein darüber, dass sie im Straßenverkehr permanent mit unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern konfrontiert sind, die sie in ihrem eigenen Fahrverhalten berücksichtigen müssen. Die Einnahme einer anderen Perspektive kann dabei ebenfalls trainiert werden und das individuelle Bewusstsein fördern.</p> <p>Grenzen: Grenzen des Simulatoreinsatzes liegen darin, dass in der Realität ständig neue Verhaltensweisen von anderen Verkehrsteilnehmern auftreten können, die die Simulation nicht vollumfänglich darstellen kann. Die Nutzerinnen und Nutzer müssen dafür sensibilisiert werden, dass in der Realität ständig sich ändernde Rahmenbedingungen anzutreffen sind.</p> <p>Anforderungen: Vorausgesetzt wird realer Verkehr, der sich aus verschiedenen Verkehrsteilnehmern zusammensetzt (u. a. Fußgänger, Radfahrer, Reiter, Lkw, landwirtschaftliche Fahrzeuge). Wünschenswert ist die Möglichkeit, in bestimmten Situationen das Fahren im Fahrzeug zu pausieren und die Perspektive eines anderen Verkehrsteilnehmers einzunehmen.</p>
Grundlagen zu den Fahraufgaben und Grundfahraufgaben	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler lernen Fahraufgaben und Grundfahraufgaben im Anschluss an den Theorieunterricht anhand von praktischen Einheiten am Simulator; sie kennen und können Wissenslücken identifizieren und schließen.</p> <p>Potenziale: Vorfahrt und Vorrang können mithilfe des Simulators praktisch trainiert werden.</p> <p>Grenzen: Die Rechtsvorschriften der StVO werden im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Fallbeispiele zu den Grundfahraufgaben müssen im Simulator enthalten sein.</p>
Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr	JA	<p>Umsetzung: Der Simulator wird genutzt, um gezielt Situationen nachzuempfinden, in denen Konflikte im Straßenverkehr typischerweise entstehen.</p> <p>Potenziale: Situationen, die Konflikte hervorrufen können, werden am Simulator dargestellt und eine Reaktion auf diese Situation geübt.</p> <p>Grenzen: Emotionen können in einer Simulation nicht in dem Maße abgebildet werden, wie sie sich im Realverkehr bemerkbar machen.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator erkennt typische Bedienungen, die ein Fahrerin Konfliktsituationen wählt, wie bspw. Aufblenden, Hupen und der virtuelle Fahrlehrer reagiert entsprechend auf diese Bedienungen.</p>

Tab. 24: (Fortsetzung)

1. Lernbereich: Basisausbildung – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung	JA	<p>Umsetzung: Der Simulator wird ergänzend zum Theorieunterricht und zum selbständigen Theorielernen genutzt, um die Wahrnehmung von Gefahren sowie Strategien zur Gefahrenvermeidung zu trainieren.</p> <p>Potenziale: Die Erkennung potenziell gefährlicher Situationen kann mit dem Simulator trainiert werden. Verhaltensstrategien zur Begegnung der Gefahrensituationen können im Rahmen des selbständigen Theorielernens nach dem Theorieunterricht mit dem Simulator trainiert werden.</p> <p>Grenzen: In marktüblichen Fahrsimulatoren kann der Schulterblick zwar trainiert werden, allerdings wird der Nutzen nicht demonstriert, da das Sichtsystem lediglich den Blick nach vorne sowie – in ausgewählten Systemen – durch einen Rückfahrmonitor nach hinten abbildet.</p> <p>Anforderungen: Die Blickbewegungen der Fahrschülerinnen und -schüler werden vom Simulator erfasst und, falls notwendig, kommentiert. Das Sichtsystem ermöglicht einen möglichst breiten horizontalen Blickwinkel.</p>
Umweltschonendes Fahr- und Verkehrsverhalten	JA	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler verfestigen das Wissen über die Möglichkeiten des umweltschonenden Fahrverhaltens aus dem Theorieunterricht in der praktischen Anwendung auf dem Simulator.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler verinnerlichen die Strategien einer umweltschonenden Fahrweise bereits früh und die Verhaltensweisen können vom Simulator auf den Fahrschul-Pkw transferiert werden.</p> <p>Grenzen: Alternative Antriebsformen können auf dem Simulator nur eingeschränkt abgebildet werden, da die Fahrzeugtechnik in den Hintergrund rückt.</p> <p>Anforderungen: Seitens des Simulators wird das umweltschonende Fahren, bspw. das frühe Hochschalten und Fahren mit niedrigen Drehzahlen, bonifiziert. Gegensätzliches Verhalten wird erkannt und vom virtuellen Fahrlehrer angesprochen.</p>
Verkehrsrechtliche Vorschriften	NEIN	<p>Umsetzung: Keine Simulatorintegration möglich, die Vermittlung der verkehrsrechtlichen Vorschriften erfolgt im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens.</p>
Verhalten in besonderen Verkehrssituationen, Verkehrsunfälle, Verkehrskontrollen	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler werden im Simulatortraining mit entsprechenden Situationen konfrontiert, die sie bereits aus dem Theorieunterricht kennen.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können das in der Theorie vermittelte Wissen unmittelbar am Simulator umsetzen, sodass das Wissen in späteren Situationen abgerufen werden kann, auch wenn die besonderen Verkehrssituationen nicht oder nur sporadisch in der fahrpraktischen Ausbildung auftreten.</p> <p>Grenzen: Das Verhalten nach einem Verkehrsunfall kann nicht auf dem Simulator trainiert werden, ebenso kann hinsichtlich des Verhaltens bei einer Verkehrskontrolle nur das Anhalten am Simulator geübt werden.</p> <p>Anforderungen: Soll die Sicherheitskontrolle vor Fahrtantritt am Simulator vermittelt werden, ist eine Virtual Reality Lösung erforderlich, um das simulierte Fahrzeug von außen in Augenschein nehmen zu können.</p>
Technische Grundlagen	NEIN	<p>Keine Simulatorintegration möglich, da die Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit nur sehr eingeschränkt am Simulator vorgenommen werden kann.</p>

Tab. 24: (Fortsetzung)

Nachfolgend sind die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatoreausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator für den zweiten Theorie-Lernbereich nach OFSA II in der dargelegt (Tabelle 25).

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Geradeausfahren	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Geradeausfahren“ und die dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Der Handlungsalgorithmus zum Geradeausfahren kann durch das Simulatortraining gefestigt werden. Das im Theorieunterricht und im selbständigen Theorielernen erworbene Wissen zu Verkehrseinrichtungen und Verkehrszeichen sowie die möglichen Gefahren und die Handlungsmöglichkeiten zur Gefahrenvermeidung können mit dem Simulator wiederholt werden.</p> <p>Grenzen: Die Rechtsvorschriften der StVO werden im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Vorausgesetzt ist die Integration der Fahraufgabe „Geradeausfahren“ und der zugehörigen Teilfahraufgaben in den Simulator. Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen vorhanden und erkennbar sein.</p>
Kurve	PARTIELL	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Kurve“ und die dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Der Simulator kann mögliche Gefahren beim Befahren von Kurven in Ergänzung zum Theorieunterricht erlebbar machen und somit zur Sensibilisierung beitragen. Die Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen werden hervorgerufen.</p> <p>Grenzen: Die Fahrzeugneigung und die wirkenden G-Kräfte beim Befahren von Kurven sind in Kabinen-Fahrsimulatoren ohne Bewegungssystem nur eingeschränkt nachempfindbar.</p> <p>Anforderungen: Die Fahraufgabe und die entsprechenden Verkehrseinrichtungen und Verkehrszeichen müssen im Simulator integriert sein. Wünschenswert ist ein Bewegungssystem, das der Fahrschülerin oder dem -schüler einen Eindruck verschafft, wie sich das Fahrzeug beim Befahren von Kurven verhält.</p>
Kreuzung, Einmündung, Einfahren	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Kreuzung, Einmündung, Einfahren“ und die dazugehörigen Teilfahraufgaben werden ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator wiederholt. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Das Training komplexe Vorfahrt- und Vorrangsituationen auf dem Simulator kann als Nachbereitung des Theorieunterrichts oder als Übungsmitschau im Theorieunterricht zum Lernerfolg beitragen. Fahrschülerinnen und -schüler werden mit Gefahren konfrontiert, die im Theorieunterricht besprochen wurden.</p> <p>Grenzen: Die Rechtsvorschriften der StVO werden im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator stellt verschiedene Arten von Kreuzungen, Einmündungen und Einfahrten dar, die sich in ihrer Komplexität unterscheiden. Die jeweiligen Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen sind in der Simulation vorhanden und erkennbar.</p>

Tab. 25: Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht (2. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Kreisverkehr	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen theoretische Lerninhalte zur Fahraufgabe „Kreisverkehr“ sowie zu den dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Handlungsabläufe können hervorgerufen werden und Gefahren, die mit dem Befahren von Kreisverkehren verbunden sind, können im Simulatortraining veranschaulicht werden. Damit wird die Gefahrenwahrnehmung der Fahrschülerinnen und -schüler geschärft.</p> <p>Grenzen: Die Rechtsvorschriften der StVO werden im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen vorhanden und erkennbar sein. Die Simulation enthält unterschiedlich ausgestaltete Kreisverkehre.</p>
Vorbeifahren, Überholen	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen theoretische Lerninhalte zur Fahraufgabe „Vorbeifahren, Wiederholen“ und den dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Fahrschülerinnen und -schüler am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Die Fahrschülerinnen und -schüler werden für mögliche Gefahren beim Vorbeifahren und Überholen sensibilisiert und können die im Theorieunterricht und beim selbständigen Theorielernen erlernten Inhalte im Simulator wiederholen</p> <p>Grenzen: Die Rechtsvorschriften der StVO werden im Theorieunterricht sowie im Rahmen des selbständigen Theorielernens vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator enthält verschiedene Situationen, in denen die Fahrschülerin bzw. der -schüler gefordert ist, auf ihr bzw. sein Wissen aus den Theorieeinheiten zurückzugreifen. Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen vorhanden und erkennbar sein.</p>
Schienenverkehr	JA	<p>Umsetzung: Die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Schienenverkehr“ und die dazugehörigen Teilfahraufgaben werden ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator wiederholt. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Fahrschülerinnen und -schüler am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Die Handlungsmuster bei der Begegnung mit Schienenfahrzeugen sowie die Gefahren und Handlungsmöglichkeiten zur Gefahrenvermeidung können im Rahmen des selbständigen Theorielernens auf dem Fahrsimulator wiederholt werden.</p> <p>Grenzen: Regionale Besonderheiten bei der Begegnung mit Schienenfahrzeugen (bspw. Straßenbahnen) und den Einrichtungen des Schienenverkehrs können ggf. nicht oder nur eingeschränkt in der Simulation berücksichtigt werden.</p> <p>Anforderungen: Die Datenbasis des Simulators verfügt über unterschiedliche Situationen, in denen es zur Begegnung mit Einrichtungen des Schienenverkehrs sowie zu Begegnungen mit Schienenfahrzeugen kommt.</p>

Tab. 25: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Haltestelle, Fußgängerüberweg	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Haltestelle, Fußgängerüberweg“ und die dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Die Erkennung der relevanten Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen im simulierten Realverkehr wird mithilfe des Simulatortrainings geschult. Für die möglichen Gefahren, die bei der Begegnung mit Fußgängerüberwegen und Haltestellen im Realverkehr auftreten können, wird das Bewusstsein von Fahrschülerinnen und -schülern geschärft.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen insbesondere in der Schulung der Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern, da bspw. deren Handzeichen zwar erkannt, aber nicht von der Fahrschülerin oder dem -schüler im Simulator erwidert werden können.</p> <p>Anforderungen: Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen vorhanden und erkennbar sein. Es existiert realer Verkehr, die Höhe des Verkehrsaufkommens variiert.</p>
Ein- und Ausfädelungsstreifen, Fahrstreifenwechsel	JA	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Fahraufgabe „Ein- und Ausfädelungsstreifen, Fahrstreifenwechsel“ sowie die dazugehörigen Teilfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterricht Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Die Fahrschülerinnen und -schüler vertiefen mithilfe des Simulatortrainings ihr Wissen zu den Handlungsanforderungen der Fahraufgabe. Sie kennen Gefahren beim Befahren von Ein- und Ausfädelungsstreifen und beim Fahrstreifenwechsel und vertiefen mithilfe des Trainings auf dem Simulator die Handlungsmöglichkeiten zur Gefahrenvermeidung.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen des Fahrsimulators liegen insbesondere in der Schulung der Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern, da bspw. deren Handzeichen zwar erkannt, aber nicht von der Person im Simulator erwidert werden können.</p> <p>Anforderungen: Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen vorhanden und erkennbar sein. Es existiert autonomer Verkehr, die Höhe des Verkehrsaufkommens variiert.</p>
Fahrphysik	NEIN	<p>Umsetzung: Die theoretischen Lerninhalte zur „Fahrphysik“ eignen sich nicht zur Umsetzung im Fahrsimulator, da Kabinen-Fahrsimulatoren durch das eingeschränkte Bewegungssystem die wirkenden G-Kräfte nur unzureichend abbilden können. Die Vermittlung der theoretischen Lerninhalte sollten daher auf den Theorieunterricht sowie das selbständige Theorielernen fokussiert werden.</p> <p>Potenziale: Keine, da der Fahrsimulator als nicht geeignet bewertet wird.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen stellt das eingeschränkte Bewegungssystem eines Kabinenfahrsimulators dar.</p> <p>Anforderungen: Es können keine Anforderungen abgeleitet werden, da der Fahrsimulator als nicht geeignet bewertet wird.</p>

Tab. 25: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Grundfahraufgaben	PARTIELL	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zur Durchführung der Grundfahraufgaben ergänzend zum Theorieunterricht und dem selbständigen Theorielernen im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterrichts Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Potenziale des Simulatortrainings liegen insbesondere in der Sensibilisierung der Fahrschülerinnen und -schüler durch mögliche Gefahren und der Begegnung dieser Gefahren durch gefahrenvermeidende Handlungsmuster.</p> <p>Grenzen: Einzelne Grundfahraufgaben („Fahren nach rechts rückwärts unter Ausnutzung einer Einmündung, Kreuzung oder Einfahrt“, „Rückwärtsfahren in eine Parklücke“) erfordern das Rückwärtsfahren mit Blickrichtung nach hinten durch das Heckfenster des Fahrzeugs, die alleinige Spiegelbeobachtung ist zur Absolvierung dieser Grundfahraufgaben nicht ausreichend. Sofern der im Rahmen des Theorieunterrichts eingesetzte Fahrsimulator über kein rückwärtiges Sichtsystem verfügt, ist der Einsatz des Simulators im Theorieunterricht für die entsprechenden Fahraufgaben nicht geeignet.</p> <p>Anforderungen: Das Rückwärtsfahren mit Blickrichtung nach hinten stellt besondere Anforderungen an das Sichtsystem. Das Sichtsystem muss, bspw. durch einen hinter dem Fahrstand positionierten Monitor oder durch eine VR-Lösung, den Blick nach hinten ermöglichen. Die entsprechenden Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen müssen darüber hinaus in der Simulation vorhanden und erkennbar sein.</p>
Fahrkompetenzdefizite und Unfälle	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zum Lerninhalt „Fahrkompetenzdefizite und Unfälle“ ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator. Möglich ist darüber hinaus eine Übungsmitschau, bei der im Rahmen des Theorieunterrichts Fallbeispiele durch die am Unterricht teilnehmenden Personen am Fahrsimulator demonstriert werden.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler lernen anhand von Fallbeispielen zu Gefahrenstrecken aus dem Theorieunterricht sowie durch praktisches Nachfahren der jeweiligen Strecken auf dem Simulator typische Gefahren und können Strategien zur Gefahrenerkennung und -vermeidung erlernen und festigen.</p> <p>Grenzen: Falls die Datenbasis des Simulators keine regionalen Gefahrenstrecken ermöglicht, muss auf Gefahrenstrecken aus der Simulationsumgebung zurückgegriffen werden.</p> <p>Anforderungen: Wünschenswert ist die Möglichkeit der Abbildung regionaler Gefahrenstrecken im Simulator. Ermöglicht werden sollte in diesem Fall die Auswahl von Gefahren, die im regionalen Umfeld der Fahrschule anzutreffen sind. Die Übungsmitschau erfordert die Möglichkeit, die Inhalte des Sichtsystems des Simulators auf die zu Unterrichtszwecken verwendete Leinwand bzw. großformatigen Bildschirm zu spiegeln.</p>
Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler wiederholen die theoretischen Lerninhalte zum Lerninhalt „Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren“ ergänzend zum Theorieunterricht im Rahmen der Ausbildung mit dem Fahrsimulator.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler wenden ihr im Theorieunterricht oder beim selbständigen Theorielernen erworbenes Wissen über die Anwendung von Fahrerassistenzsystemen (Stufe 1) und Systeme des teil- und hochautomatisierten Fahrens (Stufen 2 und 3) auf dem Fahrsimulator an und reflektieren die Potenziale und Grenzen dieser Systeme.</p> <p>Grenzen: Die Systemgrenzen der im Fahrsimulator simulierten Systeme weichen unter Umständen von den Systemgrenzen im realen Pkw ab.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator muss zum Einsatz für diesen Lerninhalt simulationsseitig über Anwendungen verfügen, in denen Assistenzsysteme eingesetzt werden können. Die im Simulator vorhandenen Assistenzsysteme müssen denen entsprechen, die im Theorieunterricht behandelt wurden. Darüber hinaus müssen die Bedienelemente für die Bedienung der Assistenzsysteme ausgerichtet sein.</p>

Tab. 25: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Empfehlungen zu Lerninhalten und Umfang der Simulatornutzung		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Prüfungsvorbereitung (Teil 1: TFEP)	PARTIELL	<p>Umsetzung: Der Fahrsimulator unterstützt die Fahrschülerinnen und -schüler bei der gezielten Vorbereitung auf die Theoretische Fahrerlaubnisprüfung (TFEP).</p> <p>Potenziale: Inhalte, bei deren Beherrschung die Fahrschülerin bzw. der -schüler bislang Schwächen aufweist, werden vom Fahrsimulator als wiederholungs- oder erklärungsbedürftig identifiziert und in die Wiederholung eingebunden.</p> <p>Grenzen: Der Simulator eignet sich nicht, um Prüfungsfragen in ähnlicher Form wie in der TFEP anzuzeigen und die Beantwortung abzufragen.</p> <p>Anforderungen: Der Simulator erkennt Ausbildungseinheiten, in denen die Fahrschülerin bzw. der -schüler bislang schwächer abgeschnitten hat als in anderen Bereichen. Der Simulator differenziert darüber hinaus zwischen Schwächen, die in der theoretischen und in der fahrpraktischen Ausbildung der Schülerin oder des Schülers zu suchen sind (bspw. einerseits Schwächen bei Handlungen in Vorrang-/Vorfahrtsituationen und andererseits Schwächen in der Fahrzeugbedienung in Form von Schwierigkeiten beim Anfahren an Steigungen).</p>

Tab. 25: (Fortsetzung)

4.3 Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung

Gemäß der im Kapitel 4.1 dargelegten Vorgehensweise sind die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatorenausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator nachstehend für den ersten Lernbereich der fahrpraktischen Ausbildung nach OFSA II in der Tabelle 26 dargelegt.

1. Lernbereich: Basisausbildung – Umfang des Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Vielfalt im Straßenverkehr	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler absolvieren im Fahrsimulator verschiedene Fahraufgaben, bei denen sie auch mit einer steigenden Anzahl an anderen Verkehrsteilnehmern konfrontiert werden. Dabei müssen sie deren typische verkehrssicherheitsrelevanten Besonderheiten kennen und deren visuelle, intentionale und emotionale Perspektive einnehmen können.</p> <p>Potenziale: Im Fahrsimulator können die Fahrschülerinnen und -schüler die anderen Verkehrsteilnehmenden und deren Verhalten in einer stressfreien Atmosphäre kennenlernen. So können einzelne Fahrsituationen beispielsweise „eingefroren“ werden, damit der Fahrsimulator den Fahrschülerinnen und -schülern die aktuelle Situation sowie die Perspektive der anderen involvierten Verkehrsteilnehmer erklärt. Zusätzlich könnte in dieser „Pause“ auch kurz die Perspektive so verändert werden, dass Fahrschülerinnen oder -schüler bspw. das Blickfeld des Lkw-Fahrers oder der Lkw-Fahrerin übernehmen und so die Situation besser nachvollziehen kann. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, bestimmte Verkehrssituationen mit Verkehrsteilnehmenden abzubilden, die im realen Verkehr selten vorzufinden sind. Hier ist beispielsweise an Situationen mit Einsatzfahrzeugen zu denken oder auch das Überholen eines langsamen Traktors auf der Landstraße.</p> <p>Grenzen: Eine interaktive Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden (bspw. durch Handzeichen zur Gewährung von Vorfahrt) ist bei den derzeit marktüblichen Fahrsimulatoren nicht möglich. So reagieren die in Fahrsimulatoren dargestellten anderen Verkehrsteilnehmer beispielsweise nicht auf Blickkontakt oder Handzeichen. Gerade aber in der Fahrpraxis kommt es immer wieder zu Verkehrssituationen, die einer individuellen Abstimmung und Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern bedürfen.</p> <p>Anforderungen: Fahrsimulatoren müssen die anderen Verkehrsteilnehmenden in Fahraufgaben integrieren. Dabei ist die Anzahl und Verhaltensgeschwindigkeit mit fortschreitender Ausbildungsdauer zu erhöhen. Zusätzlich zur Integration sind der Fahrschülerin oder dem -schüler die visuellen, intentionalen und emotionalen Perspektiven der anderen Verkehrsteilnehmenden durch den virtuellen Fahrlehrer zu vermitteln. Darüber hinaus sollten die Hard- und Softwarekomponenten des Simulators so gestaltet werden, dass eine interaktive Kommunikation und Abstimmung mit den anderen (virtuellen) Verkehrsteilnehmenden möglich ist.</p>
Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler absolvieren im Fahrsimulator verschiedene Fahraufgaben, bei denen sie auch die Sicherheitsbedeutung eines verantwortungsvollen, durch Vorsicht und gegenseitige Rücksicht geprägten Fahr- und Verkehrsverhaltens kennenlernen.</p> <p>Potenziale: Im Fahrsimulator können Fahrschülerinnen und -schüler konfliktträchtige Fahrsituationen in einer stressfreien Atmosphäre kennenlernen. So können einzelne Fahrsituationen beispielsweise „eingefroren“ werden, damit der Fahrsimulator der Fahrschülerin oder dem -schüler die aktuelle Situation sowie adäquate Handlungsoptionen erklärt und aufzeigt. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, bestimmte Verkehrssituationen abzubilden und zu trainieren, die im realen Verkehr in der Fahrausbildung selten vorzufinden sind. Im Kontext des verantwortungsvollen Verhaltens im Straßenverkehr sind hier vor allem Regelverstöße anderer Verkehrsteilnehmer oder auftretende Konflikte zu nennen.</p> <p>Grenzen: Zur Konfliktbewältigung im Straßenverkehr bedarf es oftmals einer individuellen Kommunikation mit den anderen involvierten Verkehrsteilnehmenden. Eine interaktive Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden (bspw. durch Handzeichen zur Gewährung von Vorfahrt) ist bei den derzeit marktüblichen Fahrsimulatoren nicht möglich. So reagieren die in Fahrsimulatoren dargestellten anderen Verkehrsteilnehmer beispielsweise nicht auf Blickkontakt oder Handzeichen.</p> <p>Anforderungen: Fahrsimulatoren müssen die verschiedenen anderen Verkehrsteilnehmenden in ihren Fahraufgaben integrieren. Dabei ist deren Anzahl und Verhaltensgeschwindigkeit mit fortschreitender Ausbildungsdauer zu erhöhen. Zusätzlich zur Integration sind der Schülerin oder dem -schüler die visuellen, intentionalen und emotionalen Perspektiven der anderen Verkehrsteilnehmer durch den virtuellen Fahrlehrer zu vermitteln.</p> <p>Darüber hinaus sollten die Hard- und Softwarekomponenten des Simulators so gestaltet werden, dass eine interaktive Kommunikation und Abstimmung mit den anderen (virtuellen) Verkehrsteilnehmenden möglich ist.</p>

Tab. 26: Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (1. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S. 164-173)

1. Lernbereich: Basisausbildung – Umfang des Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Verkehrswahrnehmung und Gefahrenwahrnehmung	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler absolvieren im Fahrsimulator verschiedene Fahraufgaben, bei denen auch Gefahrensituationen der verschiedensten Art vorkommen. Zu den Gefahrensituationen zählen beispielsweise verdeckte Gefahren, mögliche „Blickschatten“, erschwerte Straßen-, Witterungs- und Sichtverhältnisse, Fehleinschätzungen von anderen Fahrzeugführerenden, Notsituationen. Darüber hinaus können die Fahrsituationen im voran-schreitenden Ausbildungsverlauf durch erschwerende Rahmenbedingungen bei der Verkehrsbeobachtung ergänzt werden (bspw. Dämmerung oder Dunkelheit, schlechte Sicht durch Witterungseinflüsse, bauliche Gestaltung des Fahrzeugs). Durch den virtuellen Fahrlehrer werden die zuvor im Theorieunterricht vermittelten Strategien guter Verkehrsbeobachtung aufgefrischt und in einen direkten Anwendungskontext gebracht.</p> <p>Potenziale: Im Fahrsimulator können die Fahrschülerinnen und -schüler verschiedene Gefahrensituationen in einer stressfreien Atmosphäre kennenlernen. So können lassen sich einzelne Fahrsituationen beispielsweise „einfrieren“, damit der Fahrsimulator der Fahrschülerin oder dem -schüler die aktuelle Situation sowie adäquate Handlungsoptionen erklärt und aufzeigt. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, bestimmte Gefahrensituationen abzubilden und zu trainieren, die im realen Verkehr in der Fahrausbildung selten vorzufinden sind.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen des Fahrsimulators liegen maßgeblich in einer nicht ausreichend realitätsnahen Darstellung der Fahrumgebung sowie der Witterungsverhältnisse. Beispielsweise können die unterschiedlichen Fahrzeugreaktionen Bei Schnee, Eis oder Regen in den marktüblichen Fahrsimulatoren nicht realitätsnah abgebildet werden. Ähnlich verhält es sich bei der Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse durch Witterungseinflüsse oder unterschiedliche Sichtverhältnisse bei z. B. tiefstehender Sonne oder Dämmerung. Hinzu kommt, dass die Ausbildung nach wie vor in einer geschützten Simulator-Umgebung stattfindet. Dies kann zur Folge haben, dass Schülerinnen und Schüler den Gefahrensituation nicht mit der gebührenden Ernsthaftigkeit entgegenzutreten.</p> <p>Anforderungen: Fahrsimulatoren müssen verschiedenartig gelagerte Gefahrensituationen in ihren Fahraufgaben integrieren. Dabei ist die Anzahl und Komplexität sowie von der Schülerin oder dem -schüler notwendige Reaktionsgeschwindigkeit mit fortschreitender Ausbildungsdauer zu erhöhen. Zusätzlich sind auch die Gefahren durch Sicht- und Witterungseinflüsse in der Simulator-Software abzubilden. Zur Sensibilisierung der Fahrschülerinnen und -schüler hinsichtlich der vom realen Straßenverkehr ausgehenden Gefahren sollten durch den Fahrsimulator auch die Konsequenzen einer nicht adäquaten bzw. falschen Gefahrenwahrnehmung im Straßenverkehr aufgezeigt werden.</p>
Technische Grundlagen	NEIN	<p>Umsetzung: Vermittlung der Vorgehensweise zur Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen. Vermittlung der grundlegenden Verhaltensanforderungen beim Liegenbleiben des Fahrzeugs.</p> <p>Potenziale: Keine, da Simulator grundlegend nicht geeignet.</p> <p>Grenzen: Die Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit (bspw. Kontrolle des Luftdrucks, des Reifenprofils oder des Ölstands) findet größtenteils außerhalb der Fahrgastzelle eines Fahrzeugs statt. Da marktübliche Fahrsimulatoren mit dem Sitzplatz der Fahrerin oder des Fahrers jedoch lediglich einen Teil des Fahrzeuginnenraums abbilden, können diese Lerninhalte nicht mittels Fahrsimulatoren vermittelt werden.</p> <p>Anforderungen: Keine, da nicht relevant.</p>

Tab. 26: (Fortsetzung)

1. Lernbereich: Basisausbildung – Umfang des Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Handhabung des Fahrzeugs	GEEIGNET	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler lernen die grundlegenden Bedien- und Kontrollelemente zur Handhabung von Fahrzeugen der Klassen B oder BE kennen. Darüber hinaus werden die grundlegenden Bedien- und Kontrollelemente zur Handhabung von Fahrzeugen genutzt.</p> <p>Potenziale: Marktübliche Fahrsimulatoren sind mit den grundlegenden Bedien- und Kontrollelementen zur Handhabung von Fahrzeugen der Klasse B ausgerüstet. Dazu zählen beispielsweise das Lenkrad, die Pedalerie, die Schaltkulisse mit Schaltknäuf, das Kombiinstrument oder die Lenkstockschalter. In den meisten Fällen entstammen die verwendeten Elemente direkt aus Realfahrzeugen. Somit kann die Fahrschülerin oder der -schüler die grundlegenden Bedienelemente eines Fahrzeugs sowie deren Einstellung und Verwendung kennenlernen. In der Übungsstunde werden die einzelnen Bedienelemente durch den virtuellen Fahrlehrer erklärt und die Fahrschülerin oder der -schüler kann diese direkt im Anschluss in konkreten Anwendungsszenarien nutzen.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung fallen bei dem vorliegenden Lerninhalt vergleichsweise gering aus. Defizite liegen im Wesentlichen darin, dass die Einstellung und Nutzung einzelner Bedienelemente im Fahrsimulator nicht ausreichend realitätsnah dargestellt werden. Als Beispiel ist an dieser Stelle die Einstellung der Außenspiegel und des Innenspiegels zu nennen, die in den marktüblichen Fahrsimulatoren lediglich im Screen abgebildet sind, aber real nicht existieren. Weitere Grenzen liegen darin, dass nicht alle marktüblichen Fahrsimulatoren bereits mit Bedienelementen im Kontext (teil-)automatisierter Fahrfunktionen (bspw. Abstandstempomat) ausgestattet sind.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über sämtliche Bedienelemente eines marktüblichen Mittelklasse-Pkw verfügen. Um ein möglichst realitätsnahes Gefühl bei der Bedienung und Haptik zu vermitteln, sollten ausschließlich Original-Fahrzeugteile in den Simulatoren verbaut werden. Innerhalb der Simulator-Software sollte eine Ausbildungseinheit zu Beginn integriert werden, die der Fahrschülerin oder dem -schüler die einzelnen Bedienelemente und deren Nutzung vorstellt und diese direkt in konkreten Anwendungsszenarien bedienbar sind.</p>

Tab. 26: (Fortsetzung)

Nachfolgend sind die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatoreausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator für den zweiten Lernbereich der fahrpraktischen Ausbildung nach OFSA II dargelegt (Tabelle 27).

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Geradeausfahren	PARTIELL	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerin oder der -schüler fährt in eine Fahrbahn ein. Dabei kann der Start vom Fahrbahnrand erfolgen oder es kann sich um die Strecke zwischen zwei speziellen Fahraufgaben handeln.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator den grundsätzlichen Handlungsalgorithmus beim Geradeausfahren und die Handlungsanforderungen (gemäß Fahraufgabenkatalog) kennenlernen und trainieren. Dazu zählt beispielsweise das kontinuierliche Beobachten der Verkehrssituation sowie das Erkennen und Beachten von Verkehrszeichen und/oder Verkehrseinrichtungen.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen maßgeblich in der Darstellung einer realistischen Fahrumgebung und realistischen Vermittlung des Fahrgefühls. So sind in den marktüblichen Fahrsimulatoren beispielsweise keine Unterschiede hinsichtlich der Beschaffenheit des Fahrbahnuntergrunds feststellbar. Darüber hinaus wird auch die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht ausreichend realitätsnah vermittelt.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen Bildschirm mit entsprechend hoher Auflösung verfügen, der die Geschwindigkeit beim Geradeausfahren entsprechend vermittelt. Auch sollte die Hardware so angeordnet sein, dass das richtige Positionieren des Fahrzeugs auf der Fahrbahn trainiert werden kann. Hinsichtlich der Simulator-Software sollten Übungen zum Geradeausfahren in verschiedenen Umgebungen (Innerorts, Außerorts) abgebildet werden. Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um in der visuellen Darstellung eine flüssige Umsetzung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>
<p>Kurve</p> <p>Unter dem Begriff „Kurve“ wird eine natürliche Verkehrsführung (keine Abbiegevorgänge an Kreuzungen, Einmündungen etc.) verstanden.</p>	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler nähern sich einer Kurve an und durchfahren diese.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator den grundsätzlichen Handlungsalgorithmus zum Durchfahren einer Kurve und die Handlungsanforderungen (gemäß Fahraufgabenkatalog) kennenlernen und trainieren. Dazu zählen beispielsweise das Erkennen von Merkmalen und Hinweisen, die eine Kurve und deren Verlauf ankündigen, das frühzeitige und mehrmalige Beobachten der Verkehrssituation und Einschätzen ihrer Entwicklung oder das Anpassen der Geschwindigkeit. Dabei kann der virtuelle Fahrlehrer den Fahrschülerinnen und -schülern klare Anweisungen und Hinweise geben. Ein weiteres Potenzial des Simulators liegt in der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und beispielsweise auch der Kopfbewegungen. So kann die Fahrschülerin oder der -schüler auf fehlerhafte Verhaltensweisen aufmerksam gemacht werden und solche Defizite zur Aufarbeitung individuell in den Lernprozess integrieren.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen maßgeblich in der Darstellung einer realistischen Fahrumgebung und realistischen Vermittlung des Fahrgefühls. So sind in den marktüblichen Fahrsimulatoren beispielsweise keine Unterschiede hinsichtlich der Beschaffenheit des Fahrbahnuntergrunds feststellbar. Darüber hinaus wird auch die Fahrzeuggeschwindigkeit vor und in der Kurve nicht realitätsnah vermittelt. So verfügen die marktüblichen Fahrsimulatoren beispielsweise nicht über entsprechende Motion-Funktionen, um Neigungsbewegungen des Fahrzeugs zu simulieren. Dabei ist anzumerken, dass auch derartige Funktionen kein vollkommen realistisches Fahrgefühl abbilden können, um bspw. ein Gefühl für die richtige Kurvengeschwindigkeit zu erhalten.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen Bildschirm mit entsprechend hoher Auflösung verfügen, der die Dynamik beim Kurvenfahren entsprechend realitätsnah vermittelt. Auch sollte die Hardware so angeordnet sein, dass das richtige Positionieren des Fahrzeugs auf der Fahrbahn trainiert werden kann. Motion-Funktionen sind empfehlenswert, um das Fahrgefühl möglichst realitätsnah abbilden zu können. Hinsichtlich der Simulator-Software sollten Übungen zum Durchfahren verschiedenster Kurvenarten (z. B. Links-/Rechtskurve, Kurve mit Verjüngung etc.) in verschiedenen Umgebungen (Innerorts, Außerorts) und zu verschiedenen Sicht- und Witterungsverhältnissen abgebildet werden.</p>

Tab. 27: Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (2. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus

Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Kreuzung, Einmündung, Einfahren	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Kreuzungen und Einmündungen sowie Einfahren v.a. innerorts unter Berücksichtigung der Handlungsanforderungen des Fahraufgabenkatalogs.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator den grundsätzlichen Handlungsalgorithmus zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen an Kreuzungen, Einmündungen und beim Einfahren (gemäß Fahraufgabenkatalog) kennenlernen und trainieren. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass der entsprechende Handlungsalgorithmus in einer stressfreien und geschützten Umgebung trainierbar ist. So können zunächst die Abläufe verinnerlicht werden, damit diese im realen Straßenverkehr angewendet und vertieft werden können.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Schulterblick abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Kreisverkehr	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Kreisverkehre v. a. innerorts unter Berücksichtigung der Handlungsanforderungen des Fahraufgabenkatalogs. Bei der Fahraufgabe handelt es sich um Verkehrssituationen, in denen das Einfahren von einer Straße auf eine kreisförmige und vorfahrtberechtigte Fahrbahn – in die noch weitere Straßen einmünden – erforderlich ist, (§8 Abs.1aStVO). Fahrschülerinnen und -schüler haben die Möglichkeit, aus mehreren Ausfahrtmöglichkeiten auszuwählen.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator den grundsätzlichen Handlungsalgorithmus zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen im Kontext von Kreisverkehren kennenlernen und trainieren. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass über den entsprechenden Handlungsalgorithmus Trainings in einer stressfreien und geschützten Umgebung vollziehbar sind.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Schulterblick abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Vorbeifahren, Überholen	PARTIELL	<p>Umsetzung Vorbeifahren: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie eine Fahrbahnverengung, ein Hindernis auf der Fahrbahn, ein haltendes oder parkendes Fahrzeug, einen Fußgänger oder Radfahrer auf seinem Fahrstreifen passieren müssen. Überholen: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen Verkehrsteilnehmende passiert werden, die sich auf demselben Straßenteil befinden und sich in dieselbe Richtung wie der Bewerber fortbewegen oder warten.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator den grundsätzlichen Handlungsalgorithmus zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen im Kontext des Vorbeifahrens und Überholens kennenlernen und trainieren. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar. Gerade bei Vorbeifahren und Überholen kommt es auf Reaktionsschnelligkeit und eine schnelle Ausführung des Handlungsalgorithmus an. Das Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass der einzelne Handlungsalgorithmus in einer stressfreien und geschützten Umgebung trainierbar ist. So können zunächst die Abläufe verinnerlicht werden, damit sich diese im realen Straßenverkehr anwenden, vertiefen und schneller durchführen lassen.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden. Eine zusätzliche Grenze in solch komplexen Fahrsituationen ist zudem die bislang nicht ausreichend dynamische Darstellung im Simulator.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Schulterblick abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Schieneverkehr	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie sich einem Bahnübergang nähern und diesen überqueren. Zudem befahren sie Verkehrssituationen, in welchen sie auf einer Fahrbahn einer kreuzenden bzw. querenden Straßenbahn begegnen. Sie fahren dabei neben dieser Straßenbahn, überholen sie oder werden von ihr überholt.</p> <p>Potenziale: Die Potenziale des Fahrsimulators liegen zum einen darin, dass Fahrsituationen mit Schienen- bzw. Straßenbahnverkehr auch in jenen Regionen trainiert werden können, in denen derartige Fahrsituationen kaum bis überhaupt nicht vorzufinden sind. Weiterhin ist dieser Aspekt auch auf das Kennenlernen und Verhalten bei verschiedenen Arten von Bahnübergängen (bspw. beschränkt/unbeschränkt) zu berücksichtigen. Ein weiteres Potenzial liegt darin, den richtigen Handlungsalgorithmus kennenzulernen und zu trainieren, bevor solche Situationen im Realverkehr auftreten. Da Fahrsituationen mit Straßenbahnverkehr i. d. R. in urbanen Bereichen vorzufinden sind, in denen eine hohe Verkehrsdichte mit vielen verschiedenen Verkehrsteilnehmenden vorherrscht, liegt ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators in seiner geschützten und stressfreien Lernumgebung. So lassen sich stressfrei die notwendigen Handlungsroutinen aneignen und festigen, bevor solche dynamischen Fahrsituationen im Realverkehr auftreten. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden. Eine zusätzliche Grenze in solch komplexen Fahrsituationen ist zudem die bislang nicht ausreichend dynamische Darstellung im Simulator.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Schulterblick abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Haltestelle, Fußgängerüberweg	PARTIELL	<p>Umsetzung – Haltestelle: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie sich einer Haltestelle (Zeichen 224) für Busse oder Straßenbahnen nähern und diese passieren. Annähern und Überqueren von Fußgängerüberwegen: Die Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie sich innerhalb geschlossener Ortschaften an eine für Fußgänger und für Krankenfahrstuhlfahrer bzw. Rollstuhlfahrer als Fußgängerüberweg gekennzeichnete Stelle annähern und diese überqueren. Zunehmend nutzen auch nicht bevorrechtigte Verkehrsteilnehmende (Skater, Radfahrer, etc.) den Fußgängerüberweg.</p> <p>Potenziale: Haltestellen und Fußgängerüberwege sind aufgrund der Vielzahl an verschiedenen involvierten schwächeren Verkehrsteilnehmenden und des überdurchschnittlich großen Anteils an jungen Verkehrsteilnehmern (Kindern, Schülern) Verkehrsumgebungen mit besonders hohem Gefahrenpotenzial. Das Potenzial von Fahrsimulatoren liegt darin, die Fahrschülerinnen und -schüler mit den besonderen Gefahren in den verschiedenartigen Situationen an Haltestellen und Fußgängerüberwegen vertraut zu machen und sie für solche Gefahren zu sensibilisieren. Beispielsweise sind im Fahrsimulator besonders gefährliche, aber im Realverkehr dennoch eher selten auftretende Situationen (z. B. ein Kind läuft plötzlich schnell vor dem Bus auf die Straße) visualisierbar. Weiterhin ist dieser Aspekt auch auf das Kennenlernen und das Verhalten bei verschiedenen Arten von Haltestellen und Fußgängerüberwegen zu berücksichtigen. Ein weiteres Potenzial liegt darin, die richtigen Handlungsabläufe kennenzulernen und zu trainieren, bevor solche Situationen im Realverkehr auftreten. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden. Eine zusätzliche Grenze in solch komplexen Fahrsituationen ist zudem die bislang nicht ausreichend dynamische Darstellung im Simulator.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Durchführen des Schulterblicks abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist es von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um in der visuellen Darstellung eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln. Eine weitere softwareseitige Anforderung liegt darin, eine Vielzahl an verschiedenen Fahrsituationen im Kontext von Haltestellen und Fußgängerüberwegen abzubilden, die auch entsprechende Gefahrenmomente enthalten.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Ein- und Ausfädelungsstreifen, Fahrstreifenwechsel	PARTIELL	<p>Umsetzung – Einfädelungsstreifen: Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie einen Einfädelungsstreifen benutzen, um sich in den fließenden Verkehr auf der durchgehenden Fahrbahn einzuordnen (z. B. Auffahren auf die Autobahn). Ausfädelungsstreifen: Die Fahrschülerinnen und -schüler befahren Verkehrssituationen, in denen sie einen Ausfädelungsstreifen benutzen, um die durchgehende Fahrbahn zu verlassen (z. B. Abfahren von der Autobahn). Fahrstreifenwechsel: Befahren von Verkehrssituationen, in denen Fahrstreifenwechsel durchzuführen sind.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator die grundsätzliche Handlungsroutine zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen im Kontext des Vorbeifahrens und Überholens kennenlernen und trainieren. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens der anderen Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben eine übergeordnete Rolle spielen, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen können und Hinweise auf mögliche Fehler zulassen. So kann auf fehlerhaftes Verhalten aufmerksam gemacht werden, um die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess zu integrieren. Gerade bei Ein- und Ausfädelungsstreifen sowie beim Fahrstreifenwechsel kommt es auf Reaktionsschnelligkeit und eine schnelle Ausführung von Handlungsroutinen an. Das Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass Handlungsroutinen in einer stressfreien und geschützten Umgebung trainierbar sind. So können schon im Vorfeld die Abläufe verinnerlicht werden, die später im realen Straßenverkehr angewendet, vertieft und schneller durchgeführt werden können.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden. Eine zusätzliche Grenze in solch komplexen Fahrsituationen ist zudem die bislang nicht ausreichend dynamische Darstellung im Simulator.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Durchführen des Schulterblicks abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, um die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbilden zu können. Weiterhin ist es von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Auch sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um in der visuellen Darstellung eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu vermitteln.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Fahrphysik	NEIN	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler lernen die sicherheitsrelevanten fahrphysikalischen Grundlagen für das Führen von Fahrzeugen kennen, sodass sie diese beim Führen eines Fahrzeugs im Straßenverkehr berücksichtigen können. Dazu zählen beispielsweise das Kennenlernen des Anhaltewegs bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und unterschiedlichem Bremsverhalten oder das Fahren bei Nässe, Schnee und Eis.</p> <p>Potenziale: Keine, da Simulator grundlegend nicht geeignet.</p> <p>Grenzen: Das Kennenlernen und Erleben der Fahrphysik erfolgt nicht in erster Linie über die visuelle Wahrnehmung, sondern über das Erfühlen von Fahrzeugreaktionen, beispielsweise in Abhängigkeit von der Fahrweise und der Straßenverhältnisse. Marktübliche Fahrsimulatoren verfügen nicht über die technischen Spezifikationen, um die vielen verschiedenen Fahrzeugreaktionen realitätsnah erlebbar zu machen. Selbst bei Fahrsimulatoren, die über ein Motion-System verfügen, ist das Fahrerlebnis nicht mit dem Fahren eines realen Fahrzeugs vergleichbar.</p> <p>Anforderungen: Aus rein technischer Perspektive besteht die Möglichkeit, Fahrsimulatoren so auszustatten, dass ein Fahrerlebnis vermittelt werden kann, das sehr nah an die Realität heran reicht. Das zeigen beispielsweise Simulatoren, die in der Formel 1 zu Test- und Abstimmungszwecken der realen Fahrzeuge sowie zum Fahrertraining verwendet werden. Im Kontext der Fahrausbildung ist eine derartige Aufrüstung jedoch nicht anzustreben, da die Kosten eines Fahrsimulators damit die Kosten eines Fahrschul-Pkw deutlich übersteigen würden. Vor diesem Hintergrund ist eine technische Aufrüstung der Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lerninhalten der Fahrphysik als nicht marktrelevant einzustufen.</p>
Grundfahraufgaben	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler werden mit folgenden Fahraufgaben konfrontiert und müssen diese durchlaufen: (1) Fahren nach rechts, rückwärts unter Ausnutzung einer Einmündung, Kreuzung oder Einfahrt, (2) Umkehren, (3) Rückwärtsfahren in eine Parklücke (Längsaufstellung), (4) Einfahren in eine Parklücke (Quer- oder Schrägaufstellung) und (5) Abbremsen mit höchstmöglicher Verzögerung.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator die grundsätzlichen Handlungsrouitinen zum Absolvieren der Grundfahraufgaben kennenlernen und trainieren. Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens der anderen Verkehrsteilnehmer bei den Grundfahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmer eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar. Insbesondere ist die Grundfahraufgabe (5) sehr gut im Fahrsimulator vermittelbar, da für das Trainieren einer „Vollbremsung“ im Fahrsimulator nicht auf andere Verkehrsteilnehmer im fließenden Verkehr zu achten ist. Ferner kann der Verschleiß des Fahrschulfahrzeugs reduziert werden.</p> <p>Grenzen: Grenzen des Fahrsimulators sind insbesondere hinsichtlich der Vermittlung der Grundfahraufgaben (1), (2), (3) und (4) zu identifizieren. Alle vier Fahraufgaben haben gemein, dass der Fahrschüler bzw. die Fahrschülerin zu ihrer korrekten Durchführung seine Blickrichtung nach vorne, zu den Seiten als auch nach hinten durch die Rückscheibe richten muss. Marktübliche Fahrsimulatoren verfügen jedoch i. d. R. lediglich über Monitore, die ausschließlich das vordere und Teile des seitlichen Sichtfelds abdecken. Durch das Nichtvorhandensein des seitlichen als auch rückwärtigen Sichtfelds können die Grundfahraufgaben (1), (2), (3) und (4) im Fahrsimulator nicht ausreichend abgebildet werden.</p> <p>Anforderungen: Basierend auf den skizzierten Grenzen ergeben sich für Fahrsimulatoren, die zur Vermittlung der Grundfahraufgaben eingesetzt werden sollen, die Anforderungen, das seitliche als auch rückwärtige Sichtfeld mittels Sichtsystemen (bspw. durch Monitore oder VR-Systeme) abzudecken. Allerdings ist festzuhalten, dass die Integration seitlicher und rückwärtiger Bildschirme bzw. eines VR-Systems sowohl Platzbedarf als auch Kosten für die Simulatoren erheblich ansteigen lassen würde. Vor dem Hintergrund der praktischen als auch wirtschaftlichen Umsetzbarkeit sind jene Anforderungen als „Kann-Anforderungen“ zu formulieren.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Fahrkompetenzdefizite und Unfälle	NEIN	<p>Umsetzung: Die Fahrschülerinnen und -schüler befahren regionale Gefahrenstrecken zur Erprobung und Festigung von Strategien zum Erkennen und Vermeiden von Gefahren. In diesem Zusammenhang transferieren sie diese Erkenntnisse auf andere (ähnliche) Strecken.</p> <p>Potenziale: Das wesentliche Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, regionale Gefahrenstrecken zu unterschiedlichen Licht- und Witterungsverhältnissen kennenzulernen. So kann beispielsweise eine regionale Strecke, die bei normaler Witterung kein besonderes Risiko birgt, im Fahrsimulator bei Schnee und Eis kennengelernt werden, auch wenn die Fahrausbildung im Sommerhalbjahr bei zweistelligen Außentemperaturen stattfindet. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, bestimmte Gefahren auf den individuellen Gefahrenstrecken in Verbindung mit anderen Verkehrsteilnehmern abzubilden. Als Beispiel sei an dieser Stelle eine hinter einer Kuppe liegende Einfahrt zu einem Waldweg zu nennen, aus der in der Simulation ein Traktor einfährt. Das Potenzial des Fahrsimulators ist darin zu sehen, der Fahrschülerin oder dem -schüler selten vorkommende, aber dennoch reale Gefahren ins Bewusstsein zu rufen.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen des Fahrsimulators liegen zum einen in der Integration und Abbildung sämtlicher regionaler Gefahrenstrecken im gesamten Bundesgebiet. Eine Implementierung aller Strecken wäre zwar technisch möglich, würde in der Umsetzung jedoch einen immensen finanziellen Aufwand bedeuten. Eine Integration sämtlicher regionaler Gefahrenstrecken in Deutschland ist vor diesem Hintergrund praktisch nicht umsetzbar. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass jener Lerninhalt im dritten Drittel der Ausbildung angesiedelt ist und zu diesem Zeitpunkt schon die grundlegenden Handlungsabläufe zum Befahren der individuellen Gefahrenstrecken verinnerlicht sein sollten. Vor diesem Hintergrund kann der Fahrsimulator seinen größten Mehrwert zu diesem Ausbildungszeitpunkt nicht mehr entfalten. Deshalb ist der Fahrsimulator für diesen Lerninhalt als nicht geeignet einzustufen.</p> <p>Anforderungen: Die spezifischen Anforderungen an den Simulator ergeben sich aus der Abbildung und Integration aller möglichen Gefahrenszenarien und -szenen. Hinzu kommt, dass jene Szenarien und Szenen auch unter verschiedenen Sicht- und Witterungsverhältnissen abgebildet sein sollten.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

2. Lernbereich: Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren	PARTIELL	<p>Umsetzung: Fahrschülerinnen und -schüler absolvieren verschiedene Fahrsituationen, bei denen sie verschiedene sicherheitsbedeutsame Fahrerassistenzsysteme des assistierten Fahrens (Stufe 1) nutzen. Dazu zählen beispielsweise: Adaptive Geschwindigkeitsregelanlage; Antriebsschlupfregelung; Automatischer Blockierverhinderer; Elektronische Stabilitätskontrolle; Notbremsassistent; Spurhalte- und Spurwechselassistenten.</p> <p>Potenziale: Der Einsatz und die Bedienung von Fahrerassistenzsystemen erfordern ähnlich wie die grundlegende Bedienung eines Fahrzeugs eine Verinnerlichung und Automatisierung von Handlungsabläufen. So muss beispielsweise die Nutzung der adaptiven Geschwindigkeitsregelanlage in die Handlungsabläufe im Stadtverkehr implementiert werden. Der Fahrsimulator kann an dieser Stelle einen entscheidenden Beitrag leisten, die Handlungsabläufe kennenzulernen und zu automatisieren. Ein weiteres Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass bei voranschreitender Entwicklung der Automobiltechnik durch Aktualisierung der Software neue Fahrerassistenzfunktionen integrierbar sind, ohne dabei stets ein aktuelleres Fahrschulfahrzeug anschaffen zu müssen.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen des Fahrsimulators sind in erster Linie bei jenen Fahrerassistenzsystemen zu sehen, die einen unmittelbaren Eingriff auf das Fahrverhalten und fahrphysikalische Spezifika haben. Als Beispiele sind an dieser Stelle das ABS-System oder die Elektronische Stabilitätskontrolle zu nennen. Das Kennenlernen und Erleben der Fahrphysik bei Aktivität dieser Systeme erfolgt nicht in erster Linie über die visuelle Wahrnehmung, sondern über das Erfühlen von Fahrzeugreaktionen, beispielsweise in Abhängigkeit von der Fahrweise und den Straßenverhältnissen. Marktübliche Fahrsimulatoren verfügen bislang nicht über die technischen Spezifikationen, um die vielen verschiedenen Fahrzeugreaktionen realitätsnah erlebbar zu machen. Selbst bei Fahrsimulatoren, die über ein Motion-System verfügen, ist das Fahrerlebnis nicht mit dem Fahren eines realen Fahrzeugs vergleichbar (vgl. Lerninhalt „Fahrphysik“).</p> <p>Anforderungen: In Bezug auf die Software sollten sämtliche, aktuell relevante Fahrerassistenzsysteme abgebildet werden. Hinsichtlich der Hardware bestünde aus rein technischer Perspektive besteht die Möglichkeit, Fahrsimulatoren so auszustatten, dass ein Fahrerlebnis vermittelt werden kann, das sehr nah an die Realität beim Einsatz der Assistenzsysteme heranreicht. Das zeigen beispielsweise Simulatoren, die in der Formel 1 zu Test- und Abstimmungszwecken der realen Fahrzeuge sowie für das Fahrertraining verwendet werden. Im Kontext der Fahrausbildung ist eine derartige Aufrüstung jedoch nicht anzustreben, da die Kosten eines Fahrsimulators damit die Kosten eines Fahrschul-Pkw deutlich übersteigen würden. Vor diesem Hintergrund ist ein technisches Aufrüsten der Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lerninhalten der Fahrphysik als nicht marktrelevant einzustufen.</p>

Tab. 27: (Fortsetzung)

Gemäß der bereits dargelegten Vorgehensweise sind nachfolgend sind die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatorenausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator für den dritten Lernbereich der fahrpraktischen Ausbildung nach OFSA II dargelegt (Tabelle 28).

3. Lernbereich: Besondere Ausbildungsfahrten – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Befahren von Überlandstrecken	NEIN	<p>Umsetzung: Absolvieren ausgewählter Fahraufgaben und Grundfahraufgaben auf Überlandstrecken unter verschiedenen Verkehrsbedingungen.</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator grundsätzliche Handlungsroutinen zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen im Kontext des Befahrens von Überlandstrecken kennenlernen und trainieren. Dazu zählen beispielsweise die Handlungsabläufe beim Überholen von Traktoren oder das Verhalten bei Fahrsituationen, die nicht zwangsläufig in der Ausbildungspraxis auftreten. Da das Befahren von Überlandstrecken größtenteils aus einer Kombination und Addition vieler vorangegangener Lernbereiche besteht, sind keine spezifischen Potenziale des Fahrsimulators beim Befahren von Überlandstrecken auszumachen.</p> <p>Grenzen: Es ist zu berücksichtigen, dass jener Lerninhalt im dritten Drittel der Ausbildung angesiedelt ist und zu diesem Zeitpunkt bereits die grundlegenden Handlungsabläufe zum Befahren von Überlandstrecken verinnerlicht sein sollten. Vor diesem Hintergrund kann der Fahrsimulator seinen größten Mehrwert zu diesem Ausbildungszeitpunkt nicht mehr entfalten. Daher ist der Fahrsimulator für diesen Lerninhalt als nicht geeignet einzustufen.</p> <p>Anforderungen: keine, da nicht relevant.</p>
Befahren von Autobahnen oder Kraftstraßen	PARTIELL	<p>Umsetzung: Absolvieren ausgewählter Fahraufgaben und Grundfahraufgaben auf Autobahnen oder Kraftfahrstraßen</p> <p>Potenziale: Fahrschülerinnen und -schüler können im Fahrsimulator die grundsätzlichen Handlungsroutinen zum Absolvieren von verschiedenen Fahrsituationen im Kontext des Befahrens von Autobahnen oder Kraftstraßen kennenlernen und trainieren. Dazu zählen beispielsweise die Handlungsabläufe beim Überholen auf Autobahnen oder das Verhalten bei Fahrsituationen, die nicht zwangsläufig in der Ausbildungspraxis auftreten (z. B. Stau auf der Autobahn und bilden einer Rettungsgasse). Da die Verkehrsbeobachtung und die Beobachtung des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmenden bei diesen Fahraufgaben übergeordnet von Bedeutung sind, kommen der Überprüfung des richtigen Blickverhaltens und der Beobachtung der anderen Verkehrsteilnehmenden eine besondere Bedeutung zu. Fahrsimulatoren haben hier den Vorteil, dass sie bspw. mittels Eye-Tracking oder Gesten-Analyse das Verhalten bei der Verkehrsbeobachtung überprüfen und auf mögliche Fehler hinweisen können. Auf diese Weise ist die Aufarbeitung von Defiziten systematisch in den Lernprozess integrierbar. Gerade bei Ein- und Ausfädelungsstreifen sowie beim Fahrstreifenwechsel kommt es auf Reaktionsschnelligkeit und eine schnelle Ausführung von Handlungsroutinen an. Das Potenzial des Fahrsimulators liegt darin, dass Handlungsroutinen in einer stressfreien und geschützten Umgebung trainierbar sind. So können schon im Vorfeld die Abläufe verinnerlicht werden, die später im realen Straßenverkehr angewendet, vertieft und schneller durchgeführt werden können.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen zum einen in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist das durch Bildschirme dargestellte Sichtfeld beim Großteil der marktüblichen Fahrsimulatoren um die Lenkerin oder den Lenker herum gerichtet und reicht seitlich i. d. R. lediglich bis auf Augenhöhe. Ein notwendiger Schulterblick oder das Beobachten des seitlichen Verkehrs kann vor diesem Hintergrund nicht realitätsnah trainiert werden, da der Blick der Fahrschülerin oder des -schülers dann aus dem Bereich der dargestellten Fahrsituation reichen würde. Hinzu kommt der ausbleibende Stressfaktor in der geschützten und risikofreien Simulatorumgebung, der eine Herausforderung beim Umstieg vom Simulator in den realen Straßenverkehr sein kann. Im realen Straßenverkehr müssen Fahrschülerinnen und -schüler mit Stress umgehen. Dies kann im Fahrsimulator bislang nicht hinreichend trainiert werden. Eine zusätzliche Grenze in solch komplexen Fahrsituationen ist zudem die bislang nicht ausreichend dynamische Darstellung im Simulator.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator über einen oder mehrere Bildschirme verfügen, die auch seitlich das Blickfeld beim Durchführen des Schulterblicks abdecken. Auch sollten die Bildschirme und Rechnerstärke so ausgelegt sein, dass die Verkehrsdynamik bei diesen Fahrsituationen entsprechend realitätsnah abbildbar ist. Weiterhin ist es von Bedeutung, entsprechende Funktionen zur Überprüfung der korrekten Verkehrsbeobachtung zu integrieren (bspw. Eye-Tracking). Daneben sollte die Software entsprechend leistungsstark sein, um in der visuellen Darstellung eine flüssige Darstellung der Geschwindigkeit zu ermöglichen.</p>

Tab. 28: Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (3. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173)

3. Lernbereich: Besondere Ausbildungsfahrten – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Fahren bei Dämmerung oder Dunkelheit	NEIN	<p>Umsetzung: Absolvieren ausgewählter Fahraufgaben und Grundfahraufgaben bei Dämmerung oder Dunkelheit. Potenziale: Keine erkennbar.</p> <p>Grenzen: Die Grenzen der Simulatoreignung liegen größtenteils in der Darstellung der Fahrumgebung. So ist bei marktüblichen Fahrsimulatoren bislang keine realitätsnahe Simulation von Dunkelfahrten oder Nachtfahrten identifizierbar. Eine weitere Grenze des Fahrsimulators liegt darin, dass die Auswirkungen der Tageszeiten mit Dämmerung oder Dunkelheit auf den menschlichen Körper und dessen Leistungsfähigkeit im Simulator bislang nicht berücksichtigt werden. Während die menschliche Leistungsfähigkeit bei Fahrten am frühen Morgen oder späten Abend durch Müdigkeit und Erschöpfung beeinträchtigt sein können, muss dies im Simulator nicht zwangsläufig der Fall sein, da in der Simulation auch Nachtfahrten zur Mittagszeit durchgeführt werden können. Mögliche Erschöpfungszustände sind an dieser Stelle nicht simulierbar, was eine wesentliche Einschränkung des Simulators darstellt.</p> <p>Anforderungen: Hinsichtlich der Hardware sollte ein Fahrsimulator das Gefühl einer vollkommenen Dämmerung oder Dunkelheit vermitteln. Das würde voraussetzen, dass der Fahrstand in einer geschlossenen Kuppel integriert ist – bzw. der Simulator in einem vollständig verdunkelbaren Raum positioniert ist. Weitere Voraussetzungen betreffen die visuelle Darstellung des Fahrzeuglichts und der Fahrbahn sowie die Fahrumgebung. Darüber hinaus sollte in der Software berücksichtigt werden, dass auch der spezifische Fahrbahnuntergrund (bspw. Raureif) zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich wahrnehmbar ist.</p>

Tab. 28: (Fortsetzung)

Nachfolgend sind schließlich noch die Umsetzung, Potenziale und Grenzen der Fahrsimulatorenausbildung sowie die Anforderungen an einen leistungsfähigen Simulator für den vierten Lernbereich der fahrpraktischen Ausbildung nach OFSA II dargelegt (Tabelle 29).

4. Lernbereich: Prüfungsvorbereitung – Umfang und Kompetenzniveaus		
Lerninhalt	Simulator-Eignung	Erläuterung
Prüfungsvorbereitung (Teil 2: PFEP)	NEIN	<p>Umsetzung: Absolvieren ausgewählter Fahraufgaben und Fahrtrouten, mit denen Fahrschülerinnen und -schüler in der praktischen Fahrprüfung konfrontiert werden. Psychischer Umgang mit der Prüfungssituation bei der PFEP (v. a. Anspannung in der Prüfungssituation; Prüfungsangst; Folgen einer nicht bestandenen PFEP)</p> <p>Potenziale: Keine erkennbar.</p> <p>Grenzen: Die Prüfungsvorbereitung und Prüfungsreifefeststellung dienen der partiellen Simulation einer Prüfungssituation. Ein wesentlicher Faktor dabei ist Stress. Da es sich beim Fahrsimulator um einen geschützten und weitgehend stressfreien Raum handelt, kann die Prüfungssituation nicht realitätsnah simuliert werden.</p> <p>Anforderungen: Keine, da nicht relevant.</p>

Tab. 29: Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (4. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173)

4.4 Anforderungen an Fahrsimulatoren

Fahrsimulatoren werden vorrangig in der Ausbildung im Hinblick auf das Führen von Fahrzeugen eingesetzt. Anzustreben ist eine angemessene und realitätsnahe Nachbildung von realen Fahraufgaben. Hersteller von Fahrsimulatoren müssen deswegen technische Parameter ihrer Produkte gewährleisten (Mindestanforderungen). Zur Ausbildung sind Simulatoren einzusetzen, die es insbesondere ermöglichen, nur gelegentlich auftretende oder risikoreiche Fahrsituationen (Szenarien und Szenen) zu reproduzieren. Daneben sollten sich die Simulatorfahrten im Hinblick auf eine Nachbesprechung aufzeichnen lassen (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007; Ewert & Steiner, 2013).

Fahrsimulatoren existieren für folgende Verkehrsteilnehmergruppen: Autofahrer, Motorradfahrer, Führer von Lastkraftwagen und Bussen, Führer von landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen, Lenker von Einsatzfahrzeugen für Polizei, Rettung und Feuerwehr sowie für Zweiradfahrer. Die folgenden Ausführungen sind auf Fahrsimulatoren fokussiert, die für den Einsatz in Fahrschulen in der Pkw-Fahrausbildung geeignet sind (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007; Ewert & Steiner, 2013).

Fahrsimulatoren für die Ausbildung der Klasse B werden mittlerweile in einer Vielzahl deutscher Fahrschulen eingesetzt. Sie dienen aber auch für die Vermittlung spezieller Ausbildungsinhalte (bspw. für Fahrsicherheitstrainings oder die Auffrischung von Kenntnissen bezüglich des sicheren Umgangs mit Kraftfahrzeugen) oder werden für spezielle Forschungs- und Entwicklungsprojekte (bspw. in der Fahrzeugentwicklung) genutzt. Darüber hinaus werden Simulatoren zu Rehabilitationszwecken – bspw. nach Unfällen oder Krankheiten – zur Beurteilung von Fahrern oder Chauffeuren (Fahrerbeurteilung bzw. Assessment) und zur Aufklärung (bspw. Einfluss von Alkohol, Drogen, Medikamenten und Müdigkeit auf die Meisterung von Fahraufgaben) eingesetzt (Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr, 2007; Ewert & Steiner, 2013).

Beim Einsatz in der Pkw-Fahrausbildung bezüglich der Aus- und Weiterbildung sind Länderspezifika wie Regularien, die finanzwirtschaftliche Situation der Fahrschulen, die Affinität der Fahrschülerinnen bzw. der -schüler zu neuen Methodenkonzepten oder die Situation auf dem Arbeitsmarkt hinsichtlich qualifizierter Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer zu berücksichtigen. Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund variieren länderspezifisch Einsatzintensität und -häufigkeit. Bspw. setzen bislang nur wenige Fahrschulen in der Schweiz Simulatoren ein. Nachvollziehbar sind dagegen hohe Einsatzraten in asiatischen und arabischen Ländern sowie in Frankreich, Griechenland und Polen.

Der „Kabinen-Fahrsimulator“ ist als zentraler Analysegegenstand des vorliegenden Projektes (Klasse B) aufzufassen. Er ist sowohl aus finanzwirtschaftlicher bzw. betriebswirtschaftlicher Perspektive als auch im Hinblick auf die üblicherweise eingeschränkten Platzverhältnisse in Fahrschulen und die erforderliche Ausstattung anderen Konzepten überlegen. Ausgehend von der Auswertung einschlägiger Literatur sind als technische Hauptkomponenten solcher Fahrsimulatoren zu benennen (Theimert, 2006, S. 10) sowie Bild 19:

- Sichtsystem
- Bewegungssystem
- Fahrzeugmodell
- Akustiksystem

Sichtsystem	Bewegungssystem	Fahrzeugmodell	Akustiksystem
<ul style="list-style-type: none"> – Horizontaler Sichtbereich in Fahrtrichtung, Rückspiegelansichten, Rückansicht – Modellierung der Realität: Straßen-, Spurführung, Landschaft, Wetter, – Projektionsarten: Blickwinkel, Anzahl, Größe und Auflösung der Displays/Projektion, VR-Anwendungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Fahrdynamikmodell: Simulation von Fahrdynamik, Lenkung, Straßenverhältnissen – Fahrphysikalische Bewegungen – Bewegungsarten und -richtungen – Bewegungstechniken: Neigung, Aktuatoren, Vibrationselemente 	<ul style="list-style-type: none"> – Fahrstand/Kabine: Gestaltung, Ein-/Mehrsitzigkeit, Aufstellfläche – Komponentensimulation: Bedienelemente aus Realfahrzeug – Rechenmodell, Softwareausstattung und Datenbasis: Abbildung von Fahraufgaben, autonomer Verkehr, Umweltbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Akustiksimulation in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Drehzahl/Last, Situation – Hardwarekomponenten

Nachfolgende **Definition von Anforderungen an Fahrsimulatoren** ist stärker ausdifferenziert und unterscheidet folgende Komponenten:

- | | | |
|------------------------------|---------------|----------------------------------|
| – Fahrzeugmodell und -kabine | – Pedalerie | – Akustiksystem |
| – Lenkungssystem | – Sichtsystem | – Softwareausstattung/Datenbasis |

Bild 19: Technische Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklasse B) (Quellen: Theimert, C., 2006, S. 10 | Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

Für die vorliegende Studie werden die technischen Hauptkomponenten stärker ausdifferenziert, um die Anforderungen an einzelne Ausstattungskomponenten spezifischer darlegen zu können (Bild 19).

Bei der grundlegenden technischen Spezifikation ist zu berücksichtigen, dass die menschlichen Sinne des Fahrers oder der Fahrerin bezüglich der dargestellten Fahrsituationen hinreichend realitätsgetreu angesprochen werden, um Fahraufgaben möglichst realitätsgetreu nachzuahmen (Ewert & Steiner, 2013). Aus dieser Perspektive heraus ergeben sich die technischen Anforderungen an die Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren:

- Ein Rückmeldesystem soll den Fahrschülerinnen und -schülern spezifische Informationen über ihr Fahrverhalten liefern, wie bspw. zur Geschwindigkeit, zur Einhaltung der Spur, zur Beschleunigung und zum Bremsverhalten (Ewert & Steiner, 2013).
- Ein Feedbacksystem muss darüber hinaus die Anzahl der gefahrenen Zeit und Wege (Km) sowie die durchgeführten Übungen wiedergeben. Eine Speicherung und Übertragung der Daten auf andere Simulatorsysteme sollten bei einem etwaigen Wechsel an eine andere Fahrschule sichergestellt sein (Ewert & Steiner, 2013).
- Der Fahrsimulator muss außerdem in der Lage sein, die Fahrzeugsteuerung und -bedienung zu verfolgen, um ein personenindividuelles Feedback zu geben und Bewertungsberichte zu erstellen. Zudem soll der Fahrsimulator es den Fahrschülerinnen und -schülern sowie der Fahrschule ermöglichen, die lernpädagogischen Fortschritte beim Steuern und Fahren im Fahrsimulator bezüglich der Lehr-Lernziele zu verorten (Ewert & Steiner, 2013).

Die nachfolgenden Ausführungen zu den technischen Mindestanforderungen an Simulatoren in der Fahrausbildung (Fahrerlaubnisklasse B) nehmen u. a. Bezug auf die im Rahmen der Studie durchgeführten Analysen, auf den aktuellen Stand der aktuell angebotenen Simulatorsysteme sowie auf die ausgewertete Literatur, insbesondere auf:

- Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr (2007). Fragen-Antwortkatalog zur Umsetzung des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes (BKRFQG) und der Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung (BKRFQV). Duisburg, S. 32 ff.,

sowie

- Ewert, U., & Steiner, K. (2013). Fahrsimulatoren für Aus- und Weiterbildung (bfu-Faktenblatt Nr. 11). Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.

Fahrzeugmodell, Fahrstand und -kabine

Die Fahrzeugkabine stellt den Innenraum bzw. den Fahrerplatz realitätsgetreu dar. Dabei sind sowohl der Fahrersitz, der Dreipunkt-Sicherheitsgurt als auch die üblichen Instrumente wie Tacho und relevante Anzeigen und Armaturen zu verbauen oder zu visualisieren. Hinzu kommen Lenkungs-, Sicht- und Akustiksysteme, die unbedingt für die realitätsnahe Darstellung von Fahrscenarien und -szenen erforderlich sind. Bei der Ausgestaltung der Fahrzeugkabine ist die Verwendung von Modulen und Teilen anzustreben, die hinsichtlich der Funktionalität, Bedienung und Haptik dem jeweils aktuellen Stand der Technik in Serienfahrzeugen entspricht. Dies trägt nicht nur zu einem realitätsgetreuen Gesamtwahrnehmung bei, sondern über die dadurch erlebbare Haptik und Anordnung von Bedienelementen ganz wesentlich zur Akzeptanz des Fahrsimulators als qualitativ hochwertiges Ausbildungsinstrument.

Lenkungssystem

Die Lenkung eines Fahrzeugs ist notwendig, um die Richtung des Fahrzeugs vorzugeben. Sie ist aber auch in Simulatoren von Bedeutung, um Feedbacks an den Fahrzeuglenker oder -lenkerin wie Fahrbahnzustände (bspw. Glätte) oder Hindernisse – in geeigneter Weise weiterzuleiten. Sie kann darüber hinaus Informationen über die Geschwindigkeit liefern, denn bei niedrigen Geschwindigkeiten ist die Lenkung schwergängiger. Um eine realitätsnahe Handhabung zu simulieren sind folgende Mindestanforderungen zu definieren:

- Ein Steuerrad, das dem aus einem gängigen Serienfahrzeug nachempfunden ist (Funktionalität, Technik, Haptik, Dimensionierung und Anordnung).
- Lenkräder, die insbesondere funktional und/oder technisch keine Nähe zur Realität in aktuellen Fahrzeugen aufweisen, (bspw. aus dem Bereich von Spielekonsolen) sind abzulehnen.

Pedalerie und Schaltkulisse

Fahrsimulatoren lassen sich mit zwei (Automatik-Kulisse) und drei Pedalen (Kulisse mit Schaltgetriebe) ausstatten. Zwar sind in vielen Ländern wie in den USA nahezu ausschließlich Automatik-Pkw im Verkehr – und auch in Deutschland wächst der Automatikanteil stetig. Aus dieser Perspektive heraus lässt sich aktuell eher die Tendenz zur Ausstattung mit einer Automatik-Kulisse ableiten. Dabei führt ein höherer Aufwand bei Hard- und Software zu einer größeren finanziellen Belastung bei der Simulatoranschaffung in Fahrschulbetrieben. Dennoch ist für Deutschland – aber auch im europäischen Kontext – aktuell die Schalt-Variante vorzuziehen, da gerade im Klein- und Kompaktwagenbereich noch relativ wenige Automatikfahrzeuge im Fahrzeugbestand existieren.

Sichtsystem

Das Sichtsystem bedient den Gesichtssinn. In aktuellen Fahrsimulatoren lassen sich virtuelle Welten mit geeigneten Szenarien (bspw. Verkehrssituationen, Verkehrsfluss, Straßenverhältnisse oder Witterungsbedingungen) sowie einzelne Szenen, die auf herausfordernde Aktionen durch den Lenker oder die Lenkerin gerichtet sind, darstellen.

Die Szenarien und Szenen werden mittlerweile in dynamischer Weise dargelegt, bspw. durch sich kontinuierlich verändernde Entfernungen zu Verkehrsobjekten. Die Dynamik muss dabei bezüglich der Szenarien und der Szenen in gleichem Ausmaß erfolgen, um realitätsnahe Verhältnisse sicherzustellen. Von Bedeutung für eine realistische Visualisierung sind außerdem der optische Bewegungsfluss und Bewegungsparallaxe. Bewegen sich

visualisierte Objekte in Abhängigkeit ihrer Distanz zum Fixationspunkt mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, ist also ebenfalls auf eine realistische bzw. synchrone Darstellung zu achten.

Visuelle Informationen lassen sich anhand von Bildschirmen, Projektionen oder Virtual-Reality-Brillen (Videobrillen) transportieren. Alle Darstellungsformen können bei Fahrschülerinnen und -schülern die sogenannte „Simulatorkrankheit“ auslösen. Bei Virtual-Reality-Brillen tritt sie am häufigsten auf – so der Forschungsstand (vgl. hierzu auch Andersen, 2011).

Vor diesem Hintergrund sind folgende Mindest- bzw. Muss-Anforderungen an die visuelle Simulatordarstellung vorzuschlagen (vgl. hierzu auch Andersen, 2011).

- Abstand zwischen Simulatornutzer/-nutzerin und Bildschirm: > 0,5m
- Anzustrebende Größe der Bildschirme oder Projektionsflächen: Mindestens 34 Zoll
- Virtuelle Sichtabdeckung: Horizontal > 160 Grad, vertikal 60 Grad
- Virtuelle Integrierbarkeit der Außenspiegel in Bildschirme
- Bildwiederholrate: Mindestens 60 Hz (bei VR-Brillen 120 Hz)
- Auflösung des oder der Bildschirme: Mindestens 81.6 PPI
- Wiedergabequalität: 99-Prozent-Quantil der Bildberechnungszeit (Frametime) von 17 ms (bei VR-Brillen 9 ms)
- Helligkeit des oder der Bildschirme: Mindestens 300 cd/m²

Die Mindest- bzw. Muss-Anforderungen lassen sich ergänzen um Soll-Anforderungen, die sich aktuell auf den Einsatz von Curved-Bildschirmen oder die Möglichkeiten zum Head-, Eye- und Gesten-Tracking beziehen. Solche Anforderungen sind hinsichtlich der noch realitätsnäheren Darstellung und von Szenarien und Szenen wünschenswert, sind aber angesichts des notwendigen finanziellen Engagements bei der Anschaffung aktuell betriebswirtschaftlich in Fahrschulen nicht darstellbar – und würden zu unverhältnismäßig hohen Preisen von Fahrsimulatorstunden führen. Dies gilt auch für „Kann-Anforderungen“ wie den rückwärtigen Bildschirm („Muss“ bei Eignung für Fahrerlaubnisklasse BE).

Forschungsseitig ist zudem belegt, dass Fahrschülerinnen und -schüler mit Trainings an größeren Bildschirmen nach der Fahrausbildung weniger häufig in Unfälle verwickelt seien als Schülerinnen und Schüler, die an kleineren und einfachen Bildschirmen mit geringem Sehwinkel – also mit kleineren Bildschirmen – trainiert hatten. Dagegen sei die Häufigkeit des Auftretens der Simulatorkrankheit bei größerem Sehwinkel größer, weshalb kleinere Bildschirme vorzuziehen wären. Es ist vor diesem Hintergrund ein Zielkonflikt zwischen Lernerfolg und Simulatorkrankheit nachvollziehbar (vgl. hierzu insbesondere Andersen, 2011).

Akustiksystem

Gegenüber visuellen nehmen akustische Informationen einen geringeren Stellenwert hinsichtlich der realitätsgetreuen Darstellung von Szenarien und Szenen ein. Dennoch tragen solche eher periphere Informationen zur Fahrt dazu bei, einen stärkeren Eindruck bezüglich einer Realfahrt zu gewinnen (quietschende Reifen, Motorgeräusche in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit etc.). So ist davon auszugehen, dass akustische Reize und Signale für die sichere Führung von Fahrzeugen im Straßenverkehr bedeutend sind, obwohl Auto-

mobile zunehmend schallisoliert werden, wodurch immer weniger Geräusche aus dem Fahrgeschehen in den Innenraum dringen.

Darüber hinaus existieren weitere Geräuschquellen – bspw. Audioanlagen (Musik und Informationen), die zu einer Beeinträchtigung der akustischen Wahrnehmung führen können.

Dennoch ist in Fahrsimulatoren ein geeignetes Akustiksystem vorzusehen, um akustische Rückmeldungen aus dem Fahrzeugumfeld zu gewinnen und um daraus geeignete Fahraktivitäten abzuleiten. Bei der Ausstattung von Fahrsimulatoren mit Akustiksystemen ist zu berücksichtigen:

- Lautsprecher sind Kopfhörern wegen ihrer Abschottungseffekte vorzuziehen.
- Allerdings könnte die übliche Geräuschkulisse in Fahrschulen zum Kopfhörereinsatz zwingen.
- Dreidimensionale Lautsprechersysteme ermöglichen räumliches Hören, sie sind also ein- oder zweidimensionalen Systemen vorzuziehen.

Bewegungssystem

Im Hinblick auf Fahrzeugbewegungen wie sie bei Geschwindigkeitsänderungen und bei Steigungen oder Gefällen (Beschleunigung oder Verzögerung in Längsrichtung) sowie beim Abbiegen (Beschleunigung oder Verzögerung in Querrichtung) auftreten, fehlen bei statischen Simulatoren die relevanten Rückmeldungen an die Simulatornutzerin oder den -nutzer. Solche Informationen sind aber insbesondere dann von Bedeutung, wenn realistische Reaktionen bezüglich der Lenk-, Brems- und Beschleunigungsvorgänge durch die Fahrerin oder den Fahrer notwendig sind.

Einige Simulatorsysteme lassen solche erforderlichen Rückmeldungen in eingeschränktem Maße über sogenannte Bewegungssysteme zu. Die Realitätsnähe der Nachbildung dieser Reize hängt von der technischen Ausgestaltung des Bewegungssystems ab. Aufwändige Systeme setzen auf dabei auf Hexapoden mit sechs hydraulischen Elementen, die auf Schienen montiert sind. Daneben wäre es möglich, weitere aktive Systeme zur Rückkopplung – bspw. Lenkkraftsimulation, Sitzrüttler, Gurtstraffersystem etc. – in Simulatoren zu verbauen. Hierdurch könnte die Geschwindigkeitswahrnehmung stimuliert werden.

Der Einsatz technisch anspruchsvoller Systeme ist bei der Anschaffung sowie während der Nutzungsphase allerdings mit hohen finanziellen Engagements sowie mit höheren Platzbedarfen in den Fahrschulräumen verbunden. Vor diesem Hintergrund sowie angesichts der häufig noch eingeschränkt realitätsgetreuen Rückmeldungen preisgünstiger und technisch unzureichender Systeme, sind Bewegungssysteme nicht als Mindestanforderung aufzufassen.

Softwareausstattung und Datenbasis

Ein computerbasiertes Rechenmodell mit geeigneter Soft- und Hardware muss sicherstellen, dass aus der Betätigung von Bedienelementen durch die Fahrerin oder den Fahrer – bspw. Lenkrad, Brems- und Gaspedal, ggf. Kupplung und Schalthebel – die „virtuellen“ Bewegungen des Fahrzeugs berechnet, um die Szenarien und Szenen authentisch und nachvollziehbar im Sichtsystem darzulegen.

Von Bedeutung sind auch die aus Realfahrzeugen bekannten Leistungs- und Drehmomentkurven sowie Beschleunigungs- und Bremsleistungen. Hierbei sollte über geeignete Berechnungen ein realitätsgetreues Fahrverhalten bei den Fahrzeuglenkerinnen und -lenkern

eingefordert werden. Dies gilt auch bezüglich der Kontrolle und Auswertung von Verbrauchswerten und Motorverschleiß. Ebenso von Bedeutung ist die Schaltgetriebe- oder ggf. die Automatiksimulation, die jeweils den Gegebenheiten in Realfahrzeugen entsprechen müssen. Lenkmanöver zählen überdies zu relevanten Darstellungsanforderungen – insbesondere bei Risikosituationen in Grenzsituationen mit verminderten Reibwerten zwischen Fahrbahn und Rädern (Glätte, Nässe etc.).

Zudem sollte die Aufzeichnung bzw. Speicherung von Simulatorfahrten ermöglicht werden, um darüber hinaus auf Basis gespeicherter Daten zum Fahrverhalten didaktisch geleitete Nachbearbeitungsgespräche führen zu können und gezielt Wiederholungsschleifen bezüglich aufgetretener Fahrfehler zu initiieren.

Eine detaillierte und authentische Darstellung der Umgebung (bspw. Landschaft und urbanes Umfeld) und Fahrbahnen müssen im Fahr Simulator dem geforderten Realitätseindruck entsprechen. Hierbei ist ein hoher Detaillierungsgrad anzustreben, um Realfahrtszenarien und -szenen zu erzeugen. Zudem wären verschiedene Leistungsfelder wünschenswert, die allerdings in aktuellen Simulatorsystemen noch nicht befriedend umgesetzt sind. Deswegen sind aktuell das situative „Einfrieren“ von Fahrsituationen, um für den Perspektivenwechsel zu anderen Verkehrsteilnehmenden bezüglich derer Sicht- und Verhaltensweisen zu sorgen, sowie die Möglichkeiten zur Interaktion und Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden als Kann-Optionen dargelegt. In einem weiteren Ausbauschritt sind parallel softwareseitig selbstständig fahrende (autonome) Fahrzeuge verschiedener Ausbaustufen (aktuell bis zur Stufe 3 von 5) softwareseitig umzusetzen.

Die Datenbasis des Fahr Simulators muss in der Lage sein, relevante Fahraufgaben abzubilden. Dabei sind spezifisch geforderte Fahraufgaben aus dem Umfeld – bspw. Überlandfahrten oder Fahrten in Stadtgebieten mit Ampelschaltung sowie bei unterschiedlicher Verkehrsdichte – anforderungsgerecht zu simulieren. Hinzu kommen risikoreiche Umweltbedingungen bei Nebel, Regen oder Schnee, die softwareseitig simulierbar sein sollten.

Nicht alle Fahraufgaben sind uneingeschränkt im Simulator realitätsgetreu abbildbar. Dies ist insbesondere bei Fahraufgaben zu berücksichtigen, bei denen die Wissensvermittlung nicht unabhängig von der Interaktion mit einem realen Fahrzeug stattfinden kann. Zudem ist personenindividuell über die Auswertung von Lernstandsinformationen sicherzustellen, dass der Kompetenztransfer in die reale Umgebung gelingen kann.

Darüber hinaus sind auch nicht alle Qualifikationsziele ausschließlich durch Fahrten im Simulator erreichbar. Nur in Abhängigkeit von notwendigen Fahrstufen und erreichbaren Niveaustufen lässt sich auch hier im individuellen Einzelfall die Intensität der Nutzung des Fahr Simulators in der Fahrausbildung bestimmen.

4.5 Zwischenfazit IV

Didaktisch-technische Konzeption

Mit Bezug auf den Ausbildungsverlauf aus OFSA II lassen sich Lehr-Lernbereiche identifizieren, die für selbständiges Lernen, für den traditionellen Theorieunterricht sowie für die fahrpraktische Ausbildung geeignet sind.

Der traditionelle Theorieunterricht könnte zudem über Gruppendiskussionen vom Fahr Simulatoreinsatz profitieren. Abgesehen von Gruppendiskussionen müssten Software-Tools integriert werden, die eine stärkere Verknüpfung von Inhalten der fahrpraktischen Ausbil-

derung zulassen, um über das „Prozesslernen“ die Erreichung der notwendigen Kompetenzniveaus im theoretischen Teil der Ausbildung sicherzustellen.

Als theoretische Schwerpunkte zum Aufbau von „Prozesswissen“ lassen sich identifizieren (Bredow & Sturzbecher, 2016; Sturzbecher, 2010):

- Verkehrsspezifisches Wissen und verkehrssicherheitskonforme Einstellungen
- Automatisierte psychomotorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs
- Automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung Vermeidung und Abwehr von Gefahren
- Realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz

Verkehrsspezifisches Wissen sowie verkehrskonforme Einstellungen sind angesichts der zugrundeliegenden Lehr- und Lernbereiche als Fokus der Vermittlung von Prozesswissen zu betrachten. Hier sollte der Fahrsimulator ergänzend aktiv eingesetzt werden.

Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung

Das Bild 20 zeigt im Überblick die Möglichkeiten zur Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung. Dabei wird zwischen einer grundsätzlichen (G = geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren), einer partiellen bzw. teilweisen (P = partiell geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren) Eignung sowie einer „Nicht-Eignung“ (N = nicht geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren) von Fahrsimulatoren unterschieden

1. Lernbereich Basisausbildung			2. Lernbereich Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP			3. Lernbereich Besondere Ausbildungsfahrten			4. Lernbereich Prüfungsvorbereitung PFEP		
Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.
System der Fahranfängervorbereitung und lebenslanges Lernen	N		Geradeausfahren	G	P	Befahren von Überlandstrecken		N	Prüfungsvorbereitung (Teil 2: PFEP)		N
Fahreignung, Fahrtüchtigkeit und Fahrverhalten	G		Kurve	P	P	Befahren von Autobahnen oder Kraftfahrstraßen		P			
Vielfalt im Straßenverkehr	P	P	Kreuzung, Einmündung, Einfahren	G	P	Fahren bei Dämmerung oder Dunkelheit		N			
Grundlagen zu den Fahraufgaben und Grundfahraufgaben	G		Kreisverkehr	G	P						
Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr	G	P	Vorbeifahren, Überholen	G	P						
Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung	G	P	Schienenverkehr	G	P						
Umweltschonendes Fahr- und Verkehrsverhalten	G		Haltestelle, Fußgängerüberweg	G	P						
Verkehrsrechtliche Vorschriften	N		Ein- und Ausfädelungstreifen, Fahrstreifenwechsel	G	P						
Verhalten in besonderen Verkehrssituationen, Verkehrsunfällen, Verkehrskontrollen	P		Fahrphysik	N	N						
Technische Grundlagen	N	N	Grundfahraufgaben	P	P						
Handhabung des Fahrzeugs		G	Fahrkompetenzdefizite und Unfälle	P	N						
			Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren	P	P						
			Prüfungsvorbereitung (Teil 1: TFEP)	P							

Th. = Theorieunterricht
Pr. = Fahrpraktische Ausbildung
G = geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren
P = partiell geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren
N = nicht geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren

Bild 20: Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung (Fahrerlaubnisklassen B/BE)(Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024, in Anlehnung an Sturzbecher et al., 2022, S. 149)

Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren (Klasse B, BE)

Um Fahraufgaben möglichst genau nachzubilden, müssen die menschlichen Sinne des Fahrers oder der Fahrerin hinsichtlich der dargestellten Fahrsituationen hinreichend realitätsgetreu angesprochen werden. Aus dieser Perspektive heraus ergeben sich die technischen Anforderungen an die Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren, die sich aus der gesichteten Literatur, aus den Analysen zu den Lehr-Lerninhalten und möglichen Kompetenzstufen sowie aus den Informationen von Simulatorherstellern ableiten lassen. Die Anforderungen

betreffen so die technische Spezifikation des Fahrstandes bzw. der Fahrzeugkabine, des Lenkungssystems, der Pedalerie, der Visualisierung, des Akustiksystems, ggf. des Bewegungssystem sowie die Daten- und Softwarebasis.

Ein Rückmeldesystem soll den Fahrschülerinnen und -schülern spezifische Informationen über ihr Fahrverhalten liefern, wie bspw. zur Geschwindigkeit, zur Einhaltung der Spur, zur Beschleunigung und zum Bremsverhalten. Ein Feedbacksystem muss darüber hinaus die Anzahl der gefahrenen Zeit und Wege (km) sowie die durchgeführten Übungen wiedergeben. Eine Speicherung und Übertragung der Daten auf andere Simulatorsysteme sollten bei einem etwaigen Wechsel an eine andere Fahrschule sichergestellt sein. Der Fahrsimulator muss außerdem in der Lage sein, die Fahrzeugsteuerung und -bedienung zu verfolgen, um ein personenindividuelles Feedback zu geben und Bewertungsberichte zu erstellen. Zudem soll der Fahrsimulator es der Fahrschülerin oder dem -schüler sowie der Fahrschule ermöglichen, die lernpädagogischen Fortschritte beim Steuern und Fahren im Fahrsimulator bezüglich der Lehr-Lernziele zu verorten.

Die Erfüllung von Mindestanforderungen gewährleisten nicht zwangsläufig, dass Kompetenzen sowie Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten bezüglich der Fahraufgaben sowie die erforderlichen Niveaustufen in jedem Fall und ausschließlich mittels Fahrsimulatorstunden erreichbar sind. Insofern bedarf es des Sachverständigen der Fahrlehrerinnen und -lehrer, die jeweiligen Wissensstände, Kompetenzen und Kompetenzstufen innerhalb von Lernstandsbeurteilungen zu erfassen und geeignete Maßnahmen auf Basis des zur Verfügung stehenden didaktischen Instrumentariums auszuwählen und einzuleiten.

Spezifikation angesichts des aktuellen Stands der Technik	Anforderungen			Spezifikation angesichts des aktuellen Stands der Technik	Anforderungen		
	Kann	Soll	Muss		Kann	Soll	Muss
Fahrzeugmodell/Fahrstand/Kabine				Sichtsystem (Fortsetzung)			
Fahrzeuggesteuerelemente (Blinker, Schaltung, Pedale etc.)			X	Einsatz von Curved-Bildschirmen			X
Fahrzeuggesteuerelemente (bspw. Tacho), Richtungs- und Warnsignale in Hard- oder Software			X	Integrierbarkeit der Außenspiegel in Bildschirme (virtuell)			X
Verstellbarer Sitz (wünschenswert: Höhenverstellung und Neigung)		(X)	X	Rückwärtiger Bildschirm (Eignung für Fahrerlaubnisklasse BE: Muss)	X		(X)
Dreipunkt-Sicherheitsgurt			X	Head-Tracking (Schulterblick)		X	
Zweiter Sitz	X			Eye-Tracking und Gesten-Tracking		X	
Lenkungssystem	Kann	Soll	Muss	Bildwiederholrate: Mindestens 60 Hz (bei VR-Brillen 120 Hz)			X
Aktuell – technisch und funktional – seriennahes Steuerrad			X	Auflösung des oder der Bildschirme: Mindestens 81.6 PPI			X
Rückmeldung über Akustik/Vibration (Fahrbahnzustand etc.)		X		Wiedergabequalität: 99-Prozent-Quantil der Bildberechnungszeit (Frametime) von 17 ms (bei VR-Brillen 9 ms)			X
Simulation realistischer Lenkkräfte beim Manövrieren		X		Helligkeit des oder der Bildschirme: Mindestens 300 cd/m ²			X
Pedalerie und Schaltkulisse	Kann	Soll	Muss	Erweiterte horizontale Abdeckung – Realisierung des Schulterblicks		X	
Dem aktuellen Stand der Technik seriennahe Pedale			X	Software-Ausstattung	Kann	Soll	Muss
Seriennahe Schaltkulisse (mind. 5-Gang + Rückwärtsgang)			X	Umsetzung von „geeigneten“ und „partiell geeigneten“ Fahraufgaben nach OFSA-II (vgl. Abbildung auf Seite 121)			X
Umrüstbarkeit/Adaption auf Automatik-Modus	X			„Virtueller Fahrlehrer“ zur Anleitung und Korrektur sowie Vermittlung von Verbesserungsvorschlägen bei Defiziten in den einzelnen Fahraufgaben			X
Akustiksystem	Kann	Soll	Muss	Situatives „Einfrieren“ von Fahrsituationen und Perspektivenwechsel zu anderen Verkehrsteilnehmenden (Verständnis für deren Sicht- und Verhaltensweisen)	X		
Lautsprecher, alternativ/zusätzlich Kopfhörer, um realistische Geräuschkulisse umzusetzen			X	Möglichkeit zur Interaktion und Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden	X		
Dreidimensionales Akustiksystem	X			Anhängerbetrieb (Bei Eignung für Fahrerlaubnisklasse BE: Muss)	X		(X)
Bewegungssystem	Kann	Soll	Muss	Aufzeichnung des Fahrverlaufs			X
Bewegungssystem mit Längs- und Querbeschleunigungsoptionen	X			Analyse- und Auswertungsmöglichkeiten (Fehleranalyse)		X	
Bewegungssimulation über Akustiksystem oder Vibrationselemente		X		Schnittstelle zu „eLBe“ oder zu vergleichbaren Systemen		X	
Rückmeldung über Schleiﬀpunkt der Kupplung (Schaltgetriebe)			X	Fremdsprachen		X	
Sichtsystem	Kann	Soll	Muss				
Abstand zwischen Simulatormutzer/-nutzerin und Bildschirm: > 0,5m			X				
Anzustrebende Größe der Bildschirme oder Projektionsflächen: Mindestens 34 Zoll		X					
Virtuelle Sichtabdeckung: Horizontal > 160 Grad, vertikal 60 Grad			X				

Bild 21: Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

5 Schlussbetrachtung

5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Der vorliegende Abschlussbericht ist vor allem darauf ausgerichtet, die Erreichung einzelner Teilziele des Forschungsprojekts zu dokumentieren:

Teilziel 1: Darlegung des Status Quo zu den technischen Spezifika von Fahrsimulatoren

Die Studie bezieht in das Markt-Screening spezifische Fahrsimulatoren zur Ausbildung in den Motorrad-Fahrerlaubnisklassen A, A1, A2, AM, der Pkw-Fahrerlaubnisklassen B, BE, der Berufskraftfahrer mit den Lkw-Fahrerlaubnis-Klassen C, CE, C1, C1E und Bus-Fahrerlaubnisklassen D, DE, D1, D1E ein.

Spezialisierte Hersteller bieten hierzu inzwischen Fahrsimulatoren für unterschiedliche Einsatzzwecke an und differenzieren die Hardware nach Pkw- und Lkw-/Bus-Varianten sowie nach Kriterien, die in anderen Fahrzeugklassen (bspw. Zweiräder) relevant sind. In der Ausbildung bezüglich mehrspuriger Kraftfahrzeuge dominiert der sogenannte Kabinen-Fahrsimulator, der wegen des geringen Platzbedarfs und der akzeptablen finanziellen Belastung in Fahrschulen bereits Einzug gehalten hat. Vor diesem Hintergrund dürften kaum andere Simulatorkonzepte in Fahrschulbetrieben genutzt werden (vgl. stellv. Ewert & Steiner, 2013; González & Mendoza, 2023; Reindl et al., 2015, 2023).

Das vorliegende Markt-Screening zeigt, dass sich die Simulatoren insbesondere bezüglich des Fahrstandes und der Kabinen – bspw. bezüglich der technischen Nähe zum Realfahrzeug – sowie hinsichtlich der eingesetzten Software unterscheiden. Bewegungssysteme („Motion Bases“) werden häufig als aufpreispflichtige Optionen angeboten und stellen einen wesentlichen Treiber hinsichtlich des Anschaffungspreises dar. Als Sichtsysteme kommen bislang i. d. R. Lösungen mit drei Monitoren – mittlerweile auch Curved-Monitore – zum Einsatz. VR-Brillen werden bislang nur vereinzelt angeboten, der Einsatz von Videoprojektoren und Leinwänden stellt ebenso eine Randerscheinung dar.

Die verwendeten Software-Lösungen berücksichtigen in der Regel Module zum Training der Fahrzeugbedienung und Fahraufgaben. Die Darstellung spezifischer Umgebungsbedingungen – bspw. hinsichtlich des Verkehrsaufkommens oder der Wetterverhältnisse sowie die Auswahl von Stadt-, Überland- und Autobahnrouen – ist ebenso durchgängig in der jeweiligen Grundausstattung identifizierbar. Die Anzahl und Komplexität der simulierbaren Gefahren- und Stresssituationen sind dagegen sehr heterogen und herstellerspezifisch umgesetzt.

Teilziel 2: Erfahrungen zum Simulatoreinsatz außerhalb der Fahrausbildung für den Straßenverkehr

Die Studie beinhaltet darüber hinaus ein Markt-Screening bezüglich des Simulatoreinsatzes in den Bereichen Eisenbahn, Flug und Schiffsführung. Zur Identifikation der spezifischen Einsatzmöglichkeiten in anderen Branchen wurden neben einer Desk Research vom Institut für Automobilwirtschaft (IfA) gezielt Experten-Interviews mit Vertretern von Ausbildungsinstitutionen geführt, in denen Simulatoren als etablierte Lernumgebungen zum Einsatz kommen.

Die spezifischen Simulatorkonzepte werden dabei zur Ausbildung und Vorbereitung von Fachkräften in unterschiedlichen Bereichen einzelner Branchen eingesetzt. Der Umfang

bzw. Anteil der Simulatoreausbildung an der jeweiligen Ausbildung ist üblicherweise in den jeweiligen Ausbildungscurricula spezifiziert. Es existieren hierzu häufig rechtliche Rahmenbedingungen, die den Höchst- oder Mindestanteil an Simulatoreausbildung im Ausbildungsverlauf festlegen.

Teilziel 3: Evaluierung der Möglichkeiten des Simulatoreinsatzes im Theorie- und Praxisunterricht

Die Evaluierung der Möglichkeiten des Simulatoreinsatzes basiert grundlegend auf dem Ziel der Fahrausbildung zur Befähigung zum sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Führen von Fahrzeugen sowie die Vorbereitung auf die Fahrerlaubnisprüfung (Bredow & Sturzbecher, 2016, S. 47). Die Ausbildung hat dabei ein Verkehrsverhalten zu vermitteln, das durch spezifisches Wissen und Kompetenzen sowie durch Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten bezüglich der Fahraufgaben und deren Determinanten geprägt ist.

Eine wesentliche Grundlage zur Auslotung der Einsatzmöglichkeiten bildet eine Metaanalyse einschlägiger Literatur zu entsprechenden Untersuchungen. Während der daraus resultierende Erkenntnisgewinn zu unabhängigen Variablen verhältnismäßig vielversprechend ist, lassen sich nur wenig einschlägige Arbeiten mit tragfähigen Aussagen zu den Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in Fahrschulen identifizieren (vgl. stellv. Ewert & Steiner, 2013; González & Mendoza, 2023; Reindl et al., 2015, 2023).

Die Recherchen mit Blick in das europäische Ausland zeigen, dass in einzelnen Ländern Fahrsimulatoren als Teil der Ausbildung akzeptiert sind. Dabei sind unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich geeigneter Ausbildungsinhalte sowie maximal zulässige Unterrichtseinheiten nachvollziehbar. Bspw. ist es in Finnland und Frankreich möglich, erhebliche Anteile der fahrpraktischen Ausbildung mittels Simulatoren abzubilden. In Frankreich sind unter bestimmten Bedingungen und Voraussetzungen Pflichtfahrstunden im realen Verkehr auf zehn (Schaltgetriebe) bzw. sieben (Automatikfahrzeuge) Fahrstunden reduzierbar. In Finnland sind die Pflichtstunden der Basisausbildung mittels Fahrsimulatorstunden um 50 Prozent auf zwei von vier Stunden kürzbar. In Portugal ist die Nutzung von Fahrsimulatoren auf einen bestimmten Anteil (25 Prozent, also bspw. acht der 32 Pflichtfahrstunden) begrenzt. In der Slowakei sind während der ersten Phase der praktischen Basisausbildung vier von sechs Pflichtstunden durch Simulatortrainings ersetzbar. In den Niederlanden ist die Nutzung von Fahrsimulatoren nicht begrenzt – es werden hier lediglich Mittelwerte ausgewiesen.

Die Position der Fahrlehrerschaft ergibt sich aus den Ergebnissen einer Online-Befragung bei Fahrlehrerinnen und -lehrern (n = 135). Die Erfassung ihres Meinungsbildes zeigt, dass mehr als zwei Drittel der Befragten dem Simulatoreinsatz in Fahrschulen sehr positiv oder positiv gegenüberstehen (69,4 %). Knapp die Hälfte der Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer (47 %) messen Fahrsimulatoren eine deutlich größere Eignung für die fahrpraktische als für die theoretische Ausbildung (knapp ein Viertel, 25%) zu. Die tendenziell größte Eignung im Theorieunterricht von Fahrsimulatoren wird den Lerninhalten „Kreuzung, Einmündung, Einfahren“, „Verkehrsrechtliche Vorschriften“, „Kreisverkehr“, „Verkehrswahrnehmung“, „Haltestelle, Fußüberweg“ und „Geradeausfahren“ zugemessen. Die besonders gute Eignung im fahrpraktischen Unterricht bezieht sich auf Standardfahraufgaben wie „Handhabung des Fahrzeugs“, „Geradeausfahren“, „Kreuzung, Einmündung, Einfahrten“, „Kurvenfahrten“ oder „Verkehrswahrnehmung“. Eine deutliche Mehrheit von 59 Prozent empfiehlt, zwischen sechs und zehn Fahrstunden während der Fahrausbildung an einem Simulator durchzuführen, 12 Prozent der Befragten halten

mehr – und 14 Prozent weniger – Fahrstunden am Simulator für sinnvoll. Insgesamt ergibt sich ein Mittelwert von 7,1 „empfohlenen“ Fahrsimulatorstunden während der Ausbildung von Fahranfängern.

Die Position der Branchenverbände und Fachverlage zeigt, dass Fahrsimulatoren als intermediäres Lernmedium zwischen Theorie und Praxis einzuordnen wären. Selbständiges „Erfahren“ von gefährlicher Ablenkung sei als exemplarischer Anwendungszweck von Simulatoren für Theorieinhalte aufzufassen. Anschaffungsinvestitionen und laufende Betriebskosten seien erheblich niedriger als bei einem Realfahrzeug und dienen dabei der Optimierung der Kostenintensität in Fahrschulen und damit auch der Senkung des finanziellen Aufwands von Fahrschülerinnen und -schülern. Viele Situationen seien zudem während realer Fahrstunden nicht oder zu selten „reproduzierbar“ (bspw. komplexe Kreuzungen, Begegnung mit Blaulichtfahrzeugen, Überholvorgänge auf Landstraßen). Mit Fahrsimulatoren könnten solche Situationen systematisch in die Ausbildung einfließen. Die Darstellung unterschiedlicher Wetter- und Streckenverhältnisse stößt in Simulatoren an Grenzen, ist aber auf Basis der vorhandenen Darstellungsformen dennoch für die Sensibilisierung bezüglich solcher Situation vorteilhaft. Technische Fortschritte könnten gegenwärtige Einschränkungen bezüglich der aktuell verwendeten Sichtsysteme auflösen (Curved-Bildschirme, VR-Brillen etc.).

Die Analysen zur Eignung des Simulators für einzelne Lehr-Lerninhalte und die Kompetenzvermittlung basieren einerseits auf der OFSA-II-Inhaltsstruktur der Fahrausbildung unter Berücksichtigung der technisch-didaktischen Konzeption eines Fahrsimulators. Andererseits werden auf der Basis identifizierter Lehr-Lerninhalte, die sich für den Simulatoreinsatz eignen, die erreichbaren Niveaustufen ausgewiesen. Die einzelnen Dimensionen der Fahrkompetenz sind dabei hinsichtlich ihrer Zielsysteme in kognitive, affektive, psychomotorische und kognitive Kompetenzdimensionen zu unterscheiden. Diese Zieldimensionen führen jeweils zu spezifischen Kompetenzniveaus – bspw. beim „verkehrsspezifischen Wissen“ zu kognitiven Kompetenzniveaus wie (1) Kenntnisse, (2) Verständnis, (3) Anwendung, (4) Analyse, (5) Synthese und (6) Beurteilung. Bei der „realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz“ kommt ebenfalls die kognitive Ebene in Betracht. Hinsichtlich der „verkehrssicherheitskonformen Einstellungen“ sind hingegen affektive, bei den „automatisierten psychomotorischen Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Fahrzeugs“ sowie bei „automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren“ sind hingegen psychomotorische Kompetenzniveaus auszuweisen (Tabelle 30).

Vermittlung von Lehr-Lerninhalten in Verbindung mit erreichbaren Kompetenzstufen lässt sich anhand der farblich unterschiedlich markierten Felder der Abbildung (Tabelle 30) ablesen: Während angesichts der technisch-didaktischen Konstruktion mittels Simulatortraining zu „verkehrssicherheitskonformen Einstellungen“ lediglich die ersten zwei Kompetenzniveaus „partiell“ erreichbar sind, lassen sich beim „verkehrsspezifischen Wissen“ alle relevanten Kompetenzstufen verwirklichen.

Dimensionen der Fahrkompetenz		Art des Lehr-Lernziels	Kompetenzniveaus					
6)	Verkehrsspezifisches Wissen	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
7)	Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen	Affektiv	1 Wertebeachtung	2 Wertbeantwortung	3 Wertung	4 Wertordnung	5 Wertverinnerlichung	
8)	automatisierte psycho-motorische Fertigkeiten zur Bedienung und Steuerung eines Kraftfahrzeugs	Psycho-motorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
9)	automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren	Psycho-motorisch	1 Imitation	2 Manipulation	3 Präzisierung	4 Handlungsgliederung	5 Naturalisierung	
10)	eine realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz	Kognitiv	1 Kenntnisse	2 Verständnis	3 Anwendung	4 Analyse	5 Synthese	6 Beurteilung
Legende:		Keine Eignung zur Vermittlung durch den Fahrsimulator	Partielle Eignung zur Vermittlung durch den Fahrsimulator		Uneingeschränkte Eignung zur Vermittlung durch d. Fahrsimulator			

Tab. 30: Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lehr-Lerninhalten in Verbindung mit erreichbaren Kompetenzstufen (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024, Struktur in Anlehnung an Bloom (1972), Sturzbecher (2010) sowie Weinert (2001))

Teilziel 4: Ableitung konkreter Empfehlungen zum Simulatoreinsatz entlang der Fahrausbildung

Anhand der didaktisch-technischen Konzeption eines Fahrsimulators mit Bezug auf den Ausbildungsverlauf aus OFSA II lassen sich Lehr-Lernbereiche identifizieren, die für selbständiges Lernen, für den traditionellen Theorieunterricht sowie für die fahrpraktische Ausbildung geeignet sind. Als theoretische Schwerpunkte zum Aufbau von „Prozesswissen“ lassen sich identifizieren (Bredow & Sturzbecher, 2016; Sturzbecher, 2010):

- Verkehrsspezifisches Wissen
- Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen
- Verkehrssicherheitskonforme Einstellungen
- Automatisierte Fertigkeiten zur Wahrnehmung Vermeidung und Abwehr von Gefahren
- Realistische Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz

Verkehrsspezifisches Wissen sowie verkehrskonforme Einstellungen sind angesichts der zugrundeliegenden Lehr- und Lernbereiche als Fokus der Vermittlung von Prozesswissen zu betrachten. Hier sollte der Fahrsimulator ergänzend aktiv eingesetzt werden.

Das Bild 22 zeigt im Überblick die Möglichkeiten zur Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung. Dabei wird zwischen einer grundsätzlichen (G = geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren), einer partiellen bzw. teilweisen (P = partiell geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren) Eignung sowie einer „Nicht-Eignung“ (N = nicht geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren) von Fahrsimulatoren unterschieden.

Fahrsimulatoren bieten vor allem den Vorteil, dass bereits zur Vorbereitung auf reale Fahrstunden die Bedienung des Fahrzeugs sowie Fahraufgaben im „geschützten Raum“ der Fahrschule trainierbar sind. Der verbaute Datenspeicher lässt die Aufzeichnung eines „digitalen Fahrtenbuchs“ zu und ermöglicht einerseits Analysen zum pädagogischen Lernerfolg. Die Speicherung lässt es andererseits aber auch zu, die spezifischen Daten von Fahrschülerinnen und -schülern, die sich in der Ausbildung befinden, bei einem etwaigen Fahrschulwechsel auf den dortigen Simulator aufzuspielen.

1. Lernbereich Basisausbildung			2. Lernbereich Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung TFEP			3. Lernbereich Besondere Ausbildungsfahrten			4. Lernbereich Prüfungsvorbereitung PFEF		
Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.	Lerninhalt	Th.	Pr.
System der Fahranfängervorbereitung und lebenslanges Lernen	N		Geradeausfahren	G	P	Befahren von Überlandstrecken		N	Prüfungsvorbereitung (Teil 2: PFEF)		N
Fahreignung, Fahrtüchtigkeit und Fahrverhalten	G		Kurve	P	P	Befahren von Autobahnen oder Kraftfahrstraßen		P			
Vielfalt im Straßenverkehr	P	P	Kreuzung, Einmündung, Einfahren	G	P	Fahren bei Dämmerung oder Dunkelheit		N			
Grundlagen zu den Fahraufgaben und Grundfahraufgaben	G		Kreisverkehr	G	P						
Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr	G	P	Vorbeifahren, Überholen	G	P						
Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung	G	P	Schiienenverkehr	G	P						
Umweltschonendes Fahr- und Verkehrsverhalten	G		Haltestelle, Fußgängerüberweg	G	P						
Verkehrsrechtliche Vorschriften	N		Ein- und Ausfädelungstreifen, Fahrstreifenwechsel	G	P						
Verhalten in besonderen Verkehrssituationen, Verkehrsunfällen, Verkehrskontrollen	P		Fahrphysik	N	N						
Technische Grundlagen	N	N	Grundfahraufgaben	P	P						
Handhabung des Fahrzeugs		G	Fahrkompetenzdefizite und Unfälle	P	N						
			Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren	P	P						
			Prüfungsvorbereitung (Teil 1: TFEP)	P							

Th. = Theorieunterricht
Pr. = Fahrpraktische Ausbildung
G = geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren
P = partiell geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren
N = nicht geeignet zur Vermittlung durch Fahrsimulatoren

Bild 22: Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024, in Anlehnung an Sturzbecher et al., 2022, S. 149)

Um Fahraufgaben möglichst genau nachzubilden, müssen die menschlichen Sinne des Fahrers oder der Fahrerin hinsichtlich der dargestellten Fahrsituationen hinreichend realitätsgetreu angesprochen werden. Aus dieser Perspektive heraus ergeben sich die technischen Anforderungen an die Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren. Die Anforderungen betreffen so die technische Spezifikation des Fahrstandes bzw. der Fahrzeugkabine, des Lenkungssystems, der Pedalerie, der Visualisierung, des Akustiksystems, ggf. des Bewegungssystems sowie die Daten- und Softwarebasis.

Die Erfüllung von Mindestanforderungen gewährleistet nicht zwangsläufig, dass erforderliches Wissen und notwendige Kompetenzen sowie Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten bezüglich der Fahraufgaben mit den erforderlichen Niveaustufen in jedem Fall und ausschließlich mittels Fahrsimulatortrainings erreichbar sind. Insofern bedarf es des Sachverstandes sowie der pädagogischen Kompetenzen von Fahrlehrerinnen und -lehrern, den jeweiligen Wissensstand sowie die erlangten Kompetenzen bzw. Kompetenzstufen innerhalb von Lernstandsbeurteilungen zu erfassen, um geeignete Maßnahmen auf Basis des zur Verfügung stehenden didaktischen Instrumentariums auszuwählen und einzuleiten.

Die Spezifikationen zur Erfüllung von Mindestanforderungen lassen sich anhand einer Klassifizierung in Kann-, Soll- und Mussanforderungen vornehmen (vgl. Bild 23).

Spezifikation angesichts des aktuellen Stands der Technik	Anforderungen			Spezifikation angesichts des aktuellen Stands der Technik	Anforderungen		
	Kann	Soll	Muss		Kann	Soll	Muss
Fahrzeugmodell/Fahrstand/Kabine				Sichtsystem (Fortsetzung)			
Fahrzeuggesteuernde Bedienelemente (Blinker, Schaltung, Pedale etc.)			X	Einsatz von Curved-Bildschirmen		X	
Fahrzeuggesteuernde Anzeigen (bspw. Tacho), Richtungs- und Warnsignale in Hard- oder Software			X	Integrierbarkeit der Außenspiegel in Bildschirme (virtuell)			X
Verstellbarer Sitz (wünschenswert: Höhenverstellung und Neigung)		(X)	X	Rückwärtiger Bildschirm (Eignung für Fahrerlaubnisklasse BE: Muss)	X		(X)
Dreipunkt-Sicherheitsgurt			X	Head-Tracking (Schulterblick)		X	
Zweiter Sitz	X			Eye-Tracking und Gesten-Tracking		X	
Lenkungssystem	Kann	Soll	Muss	Bildwiederholrate: Mindestens 60 Hz (bei VR-Brillen 120 Hz)			X
Aktuell – technisch und funktional – seriennahes Steuerrad			X	Auflösung des oder der Bildschirme: Mindestens 81.6 PPI			X
Rückmeldung über Akustik/Vibration (Fahrbahnzustand etc.)		X		Wiedergabequalität: 99-Prozent-Quantil der Bildberechnungszeit (Frametime) von 17 ms (bei VR-Brillen 9 ms)			X
Simulation realistischer Lenkkräfte beim Manövrieren		X		Helligkeit des oder der Bildschirme: Mindestens 300 cd/m ²			X
Pedalerie und Schaltkulisse	Kann	Soll	Muss	Erweiterte horizontale Abdeckung – Realisierung des Schulterblicks		X	
Dem aktuellen Stand der Technik seriennah Pedale			X	Software-Ausstattung	Kann	Soll	Muss
Seriennah Schaltkulisse (mind. 5-Gang + Rückwärtsgang)			X	Umsetzung von „geeigneten“ und „partiell geeigneten“ Fahraufgaben nach OFSA-II (vgl. Abbildung auf Slide 121)			X
Umrüstbarkeit/Adaption auf Automatik-Modus	X			„Virtueller Fahrlerner“ zur Anleitung und Korrektur sowie Vermittlung von Verbesserungsvorschlägen bei Defiziten in den einzelnen Fahraufgaben			X
Akustiksystem	Kann	Soll	Muss	Situatives „Einfrieren“ von Fahrsituationen und Perspektivenwechsel zu anderen Verkehrsteilnehmenden (Verständnis für deren Sicht- und Verhaltensweisen)	X		
Lautsprechersystem, alternativ/zusätzlich Kopfhörer, um realistische Geräuschkulisse umzusetzen			X	Möglichkeit zur Interaktion und Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden	X		
Dreidimensionales Akustiksystem	X			Anhängerbetrieb (Bei Eignung für Fahrerlaubnisklasse BE: Muss)	X		(X)
Bewegungssystem	Kann	Soll	Muss	Aufzeichnung des Fahrverlaufs			X
Bewegungssystem mit Längs- und Querbeschleunigungsoptionen	X			Analyse- und Auswertungsmöglichkeiten (Fehleranalyse)		X	
Bewegungssimulation über Akustiksystem oder Vibrationselemente		X		Schnittstelle zu „eLBe“ oder zu vergleichbaren Systemen		X	
Rückmeldung über Schleiþpunkt der Kupplung (Schaltgetriebe)			X	Fremdsprachen		X	
Sichtsystem	Kann	Soll	Muss				
Abstand zwischen Simulatornutzer/-nutzerin und Bildschirm: > 0,5m			X				
Anzustrebende Größe der Bildschirme oder Projektionsflächen: Mindestens 34 Zoll		X					
Virtuelle Sichtabdeckung: Horizontal > 160 Grad, vertikal 60 Grad			X				

Bild 23: Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)

5.2 Konklusion

Herausforderungen

Die Vermittlung von Lehr-Lernaufgaben erfolgt einerseits durch implizites und explizites Lernen sowie durch Prozesslernen, woraus entsprechendes Fakten- und Handlungswissen der Fahrschülerinnen und -schüler resultieren sollte. Darüber hinaus ist andererseits über spezifische Lernbereiche die erforderliche Handlungskompetenz aufzubauen. Handlungswissen und -kompetenzen gelten als Voraussetzungen, die Bewältigung der relevanten Fahraufgaben von Fahrschülerinnen und -schülern zum sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Führen eines Kraftfahrzeugs im realen Verkehr sicherzustellen (Bredow, 2021, S. 47 sowie Bild 24: Konzeptualisierung der Wissens- und Kompetenzvermittlung).

Die Lernziele kognitiven Ursprungs beziehen sich auf Wissen über Fakten, auf Konzepte, Regeln, Prozeduren oder Prinzipien. Affektive Lernziele nehmen wiederum Bezug auf Interessen, Einstellungen und Werte sowie auf die Fähigkeit, angemessene Werturteile bilden zu können und eigenes Verhalten danach auszurichten. Psychomotorische Ziele beziehen sich schließlich auf die Beherrschung von Bewegungsabläufen und komplexen Verhaltensweisen.

Hierzu sind wiederum erreichbare Kompetenzstufen zu unterscheiden:

- Kognitive Kompetenzstufen: von 1 = Kenntnisse bis 6 = Beurteilung
- Affektive Kompetenzstufen: von 1 = Wertebeachtung bis 5 = Werteverinnerlichung
- Psychomotorische Kompetenzstufen: von 1 = Imitation bis 5 = Naturalisierung

Zu berücksichtigen ist dabei, dass selbst Fahrschülerinnen und -schüler, die im Rahmen ihrer Ausbildung jeweils höchste Kompetenzstufen erreichen, häufig zwar Handlungswissen generieren können, nicht aber den Transfer zu automatisiert ablaufenden Handlungsrou-tinen im realen Verkehr. Ein wesentlicher Faktor, der die Transferproblematik verdeutlichen kann, ist der fehlende oder anders gelagerte Stresslevel im Simulator (bspw. unberechenbare Komplexität realer Verkehrssituationen mit einer Vielzahl an Verkehrsteilnehmenden und Verkehrsmitteln sowie widrigen Witterungsverhältnissen).

Eine Vielzahl an Maßnahmen der Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung ist dabei gesetzlich vorgegeben, um das sichere, verantwortungsvolle und umweltbewusste Führen eines Kraftfahrzeugs durch den Lenker oder die Lenkerin zu gewährleisten. Demgemäß endet die Fahranfängervorbereitung „... mit der selbständigen motorisierten Teilnahme am Straßenverkehr, die nicht mehr durch Sonderregelungen für Fahranfänger [...] eingeschränkt ist.“ (Bredow, 2021, S. 3: hierzu zählt bspw. der Wegfall der Null-Promille-Grenze).

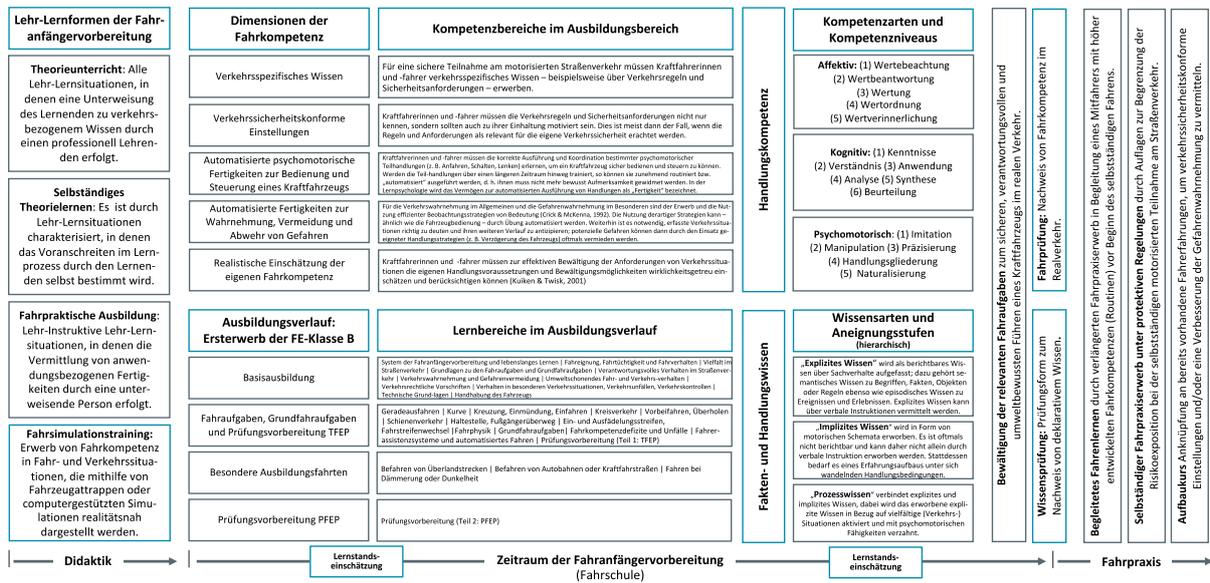


Bild 24: Konzeptualisierung der Wissens- und Kompetenzvermittlung (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024 in Anlehnung an Andersen, G. J. 2011 | Bredow, B. et al. 2016 | Bredow, B., 2021 | Friedrich, A. et al. 2006 | Sturzbecher, D. et al. 2004 | Sturzbecher, D. 2010 | Sturzbecher, D. et al. 2022)

Implikationen

Vor dem Hintergrund der skizzierten Herausforderungen ist es sinnvoll, die Didaktik hinsichtlich der Vermittlung von Lehr-Lerninhalten an neue Erkenntnisse der Wissens- und Kompetenzvermittlung anzupassen. Die Lehr-Lernform „Fahrsimulationstraining“ kann hierzu Ansatzpunkte bieten, die Fahrausbildung nachhaltig zu optimieren. Sie kann aber weder den Theorieunterricht noch die fahrpraktische Ausbildung gänzlich substituieren.

Der Zusatznutzen der Integration von Fahrsimulatoren in die Fahranfängerausbildung ist dennoch nachweisbar – hauptsächlich vorbereitend und begleitend bezüglich der ersten realen Fahrstunden. Dies geschieht während des Trainings im „geschützten Raum“ der Fahrschule – ohne ernstzunehmende Risiken bei einem etwaigen Fehlverhalten bezüglich der Bedienung des Fahrsimulators. Die Eignung des Fahrsimulators zur substantiellen Anhebung der Ausbildungsqualität in der fahrpraktischen Ausbildung ist zudem auch deswegen gegeben, weil Fahrsimulationstrainings spezifische Möglichkeiten bieten, verschiedene Situationen, die kaum oder nicht während der realen Fahrstunden auftreten, systematisch in die Trainings einfließen zu lassen.

Während Fahrsimulatoren bei der Vermittlung von Lehr-Lerninhalten durch implizites Lernen zu Fakten- und Handlungswissen führen kann, ist die Vermittlung von Handlungskompetenzen in vielen Fällen lediglich partiell möglich (vgl. Abbildung „Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lehr-Lerninhalten in Verbindung mit erreichbaren Kompetenzstufen“). In diesem Zusammenhang ist abermals insbesondere auf die Problematik des Transfers von während des Fahrsimulationstrainings erworbenen Kompetenzen

auf die reale Situation im Straßenverkehr hinzuweisen, die durch einen wesentlich höheren Stresslevel geprägt sein kann.

Zwar lässt sich hierzu aus der Befragung von Fahrlehrerinnen und -lehrern sowie aus der Experimentalstudie (Reindl, S. et al. 2023) ableiten, dass zwischen sechs und acht Simulatorstunden (Durchschnitt: 7,1 h) während der Fahrausbildung sinnvoll erscheinen. Allerdings ist die Verarbeitung der Lerninhalte und die Herausbildung von relevanten Kompetenzen sowie die Erreichung von Kompetenzstufen durch einzelne Fahrschülerinnen und -schüler ein jeweils personenindividueller Prozess und von der kognitiven Leistungsfähigkeit der einzelnen Person abhängig. Vor diesem Hintergrund ist es nicht sinnvoll, die Anzahl an Simulatorstunden vorzuschreiben, die Stundenanzahl nach oben oder unten zu begrenzen oder Sonderfahrten im Selbstlernmodus via Simulator anzuerkennen. Die Vorschreibung von Simulatorstunden würde außerdem zu einer Pflicht zur Anschaffung von Fahrsimulatoren in Fahrschulbetrieben führen.

Schon seit längerem wird eine systematische Lernstandsüberprüfung und -diagnostik während der Fahranfängervorbereitung sowie für die Prüfungsreifefeststellung in Fahrschulen ergebnislos diskutiert (Sturzbecher et al., 2022, S. 17), obwohl die Notwendigkeit zur Stärkung dieses Bereichs der Ausbildung forschungsseitig bereits belegt sein dürfte (Friedrich et al., 2006; Sturzbecher et al., 2004). Die Sinnhaftigkeit zur Lernstands- und Lernverlaufsdiagnostik ergibt sich aus dem Umstand, dass die Steuerung von Lernprozessen und eine Ableitung lernfördernder Maßnahmen im Sinne der Fahrschülerinnen und -schüler zu etablieren sind, um zielgerichtet die geforderten Lern- und Kompetenzziele zu erreichen. Hierzu ist eine systematisierte Leistungsrückmeldung und Bewertung von Lernergebnissen notwendig (Sturzbecher et al., 2022, S. 17). Fahrsimulatoren bieten mittels der üblicherweise integrierten Softwareapplikationen bereits konkrete Ansatzpunkte, der Forderung nach einer systematischen Kontrolle des Lernstands in den Ausbildungsverlauf nachzukommen.

Empfehlung I

Sicherlich muss die Integration einer systematischen Lernstandsüberprüfung und -diagnostik den gesamten Ausbildungsverlauf im Blick haben. Eine punktuelle Umsetzung ist nicht sinnvoll, da gerade die notwendige Sequenzierung und synergetische Verknüpfung einzelner Ausbildungseinheiten nicht integrierbar wäre (Sturzbecher et al., 2022, S. 17). Zu empfehlen ist hierzu, zeitnah geeignete Strukturen hierfür zu schaffen. Für eine systematische Lernstandsüberprüfung und -diagnostik sollten Instrumente zugrunde gelegt werden, die auf dem Fahraufgabenkonzept basieren und für die Belange der Fahrausbildung entsprechend angepasst sind (wie bspw. eLBe). Die Schnittstellenproblematik bezüglich der Daten aus den Fahrsimulatoren dürfte eher eine niedrigschwellige Problematik darstellen.

Empfehlung II

Insofern müssen Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer in die Pflicht genommen werden, die Lernstände ihrer Fahrschülerinnen und -schüler regelmäßig zu überprüfen, um nachgelagert geeignete Maßnahmen zur Erreichung theoretischer und fahrpraktischer Ziele zu definieren und einzuleiten. Dabei kann im Einzelfall der Fahrsimulator über den empfohlenen Bereich von sechs bis acht Simulatorstunden hinausgehen, wenn es für die Erreichung bestimmter Lernziele und Kompetenzen sinnvoll erscheint. Die vorliegende Studie liefert hierzu konkrete Hinweise auf mittels Fahrsimulator vermittelbare Lehr-Lerninhalte sowie erreichbare Wissens- und Kompetenzniveaus.

Empfehlung III

Häufig gefordert wird darüber hinaus, die Ausbildungseinheiten der Fahranfängerausbildung durch digitale Elemente anzureichern und zu optimieren (Sturzbecher et al., 2022, S. 17). Die innerhalb der vorliegenden Studie analysierten Software-Lösungen bieten auch hierzu Ansatzpunkte zur „Sequenzierung und synergetische Verknüpfung“ (Sturzbecher et al., 2022, S. 17) von Ausbildungseinheiten in Theorie und Praxis via Simulationstrainings.

Empfehlung IV

Während sich die Basisausbildungsinhalte und Fahraufgaben am Simulator für das „Selbstlernen“ von Fahrschülerinnen und -schülern eignen, könnten „Besondere Ausbildungsfahren“ über die Begleitung von Simulationstrainings durch Fahrlehrerinnen und -lehrer oder durch Instruktoren – also speziell ausgebildete Fahrschulmitarbeiterinnen und -mitarbeiter – erfolgen und auf diesem Weg eine noch zu definierende Anzahl an Übungsstunden anerkannt werden. Dies könnte maßgeblich zu einer qualitativen Optimierung der Ausbildung über explizite Lerneinheiten beitragen. Gerade bei der Analyse zum Einsatz von Schiffssimulatoren wurde bereits auf die Wichtigkeit von Instruktoren hingewiesen, die für die Erklärung der Methodik und des technischen Aufbaus, für die Begleitung durch Analysen und Auswertungen sowie für die weitere Ausrichtung des Simulatortrainings eine sachverständige Hilfestellung und Unterweisung anbieten können.

Empfehlung V

Bislang ist die technische und softwareseitige Spezifikation von Fahrsimulatoren, die den Anforderungen der Fahrschulausbildung gerecht wird, nicht definiert. Es ist vor diesem Hintergrund zu empfehlen, einen Zertifizierungsprozess zu initiieren, der den Verantwortlichen in den Fahrschulbetrieben die notwendige Transparenz und Sicherheit geben, geeignete Simulatoren anzuschaffen, die den geforderten Qualitätsstandards gerecht werden. Als Anhaltspunkt zur Zertifizierung der geforderten „Leistungsfähigkeit“ ist das Verfahren für Schiffsführungssimulatoren anzuführen, für das aktuell das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie zuständig ist.

Empfehlung VI

Ein systematisches Qualitätsmanagement zu den geeigneten prozessualen, organisatorischen und inhaltlichen Dimensionen sowie zur technischen Weiterentwicklung von Fahrsimulatoren könnte daneben zur Absicherung und Fortentwicklung der Ausbildungsqualität in den Fahrschulen einen wesentlichen Beitrag leisten.

Literatur

Andersen, G. J. (2011). Sensory and perceptual factors in the design of driving simulation displays. In D. Fisher, M. Rizzo, . K. Caird, & J. D. Leed (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (S. 1–11). Boca Raton, London, New York: CRC Press.

Annen, T. (2021). 100 000-Euro-Technik bringt Lokführer-Azubis in Völklingen das Zugfahren bei. URL: https://www.saarbruecker-zeitung.de/saarland/saarbruecken/voelklingen/saarland-100-000-euro-eisenbahn-simulator-fuer-lokfuehrer-ausbildung-in-voelklingen_aid-63495759, zuletzt abgerufen am: 29.05.2023

Ansel, W. (2009, September 9). Berufskraftfahrer-Qualifikations-Gesetz, Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung, hier: Neufassung der Anwendungshinweise und Erläuterungen.

Bagoly-Simó, P., & Hemmer, I. (2017). Geographiedidaktische Forschungen im Spiegel von ZGD 1973–2016. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 45. Jg., Heft 4, S. 19–42.

Bredow, B. (2021). *Theorieunterricht in der Fahrschule. Gestaltung, Verzahnung, Überwachung*. (2. Auflage). München: Verlag Heinrich Vogel.

Bredow, B., & Sturzbecher, D. (2016). Ansätze zur Optimierung der Fahrschulausbildung in Deutschland (M 269; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Mensch und Sicherheit). Bergisch Gladbach.

Brüggen, N. (2022). Kindheit/Jugend und Digitalisierung. In H. Reinders, D. Berg-Winkels, A. Prochnow, & I. Post (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 853–870). Wiesbaden: Springer VS.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (o. J.). *Automobilindustrie*. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>, zuletzt abgerufen am: 29.05.2023

Bund-Länder Fachausschuss Güterkraftverkehr. (2007). *Fragen-Antwortkatalog zur Umsetzung des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes (BKrFQG) und der Berufskraftfahrer-Qualifikations-Verordnung (BKrFQV)*. Duisburg.

Crick, J., & McKenna, F. P. (1992). Hazard perception: Can it be trained? (Proceedings of Manchester University Seminar: Behavioural Research in Road Safety II). Manchester.

Degener Verlag GmbH. (o. J.a). *Produktbroschüre Degener 360° simdrive III*.

Degener Verlag GmbH. (o. J.b). *Produktbroschüre Degener 360° Simdrive Truck*.

Deutsche Automobil Treuhand GmbH (Hrsg.). (2023). *DAT Report 2023*.

Deutsche Verkehrswacht. (2023). *Pkw auf einen Blick*. URL: <https://www.verkehrswacht-medien-service.de/sekundarstufe/mobilitaet-junger-fahrer/fuehrerschein/fuehrerscheinklasse-b-und-be/>, zuletzt abgerufen am: 17.03.2024

Donick, M. (2022). *Fliegen lernen. Flugsimulation mit Microsoft Flight Simulator, X-Plane, AeroflyFS und FlightGear*. Magdeburg: Springer.

Ebner, M., Schön, S., & Nagler, W. (2013). Einführung. Das Themenfeld „Lernen und Lehren mit Technologien“. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Auflage).

- European Aviation Safety Agency (Hrsg.). (2018). Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices.
- Ewert, U., & Steiner, K. (2013). Fahrsimulatoren für Aus- und Weiterbildung (bfu-Faktenblatt Nr. 11). Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Fahrschüler-Ausbildungsordnung, (2012).
- Fifth Dimension Technologies (o. J.). Simulators. URL: <https://5dt.com/simulators/>, zuletzt abgerufen am: 24.11.2023
- Foerst GmbH. (o. J.a). Lkw/Bus Simulator „Tutor“. URL: <https://www.fahrsimulatoren.eu/images/pdf/Katalog/LkwBus-Simulator-F12HV-emailversion.pdf>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- Foerst GmbH. (o. J.b). Pkw-Simulator für Fahrschulen „Smart-Drive“. URL: <https://www.fahrsimulatoren.eu/images/pdf/Katalog/SmartDrive-Fahrschule.pdf>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- Frey, A. (2016). Statischer und dynamischer Fahrsimulator im Vergleich – Wahrnehmung von Abstand und Geschwindigkeit (F 115; Fahrzeugtechnik). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).
- Friedrich, A., Brünken, R., Debus, G., Leutner, D., & Müller, F. (2006). Wirksamkeit des Ausbildungspraktikums für Fahrlehreranwärter (M 180; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Mensch und Sicherheit). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Genschow, J., Sturzbecher, D., & Willmes-Lenz, G. E. (2013). Fahranfängervorbereitungen im internationalen Vergleich (Heft M 234; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Mensch und Sicherheit). Bergisch Gladbach.
- González, S., & Mendoza, J. D. (2023). Safety Driving: Plan de negocios para crear una escuela de choferes con simuladores de conduccion de realidad virtual. Tesis para optar al Título Profesional de Licenciado en Administración. Universidad Antonio Ruiz de Montoya.
- Handelsblatt. (2023). So viel kostet der Führerschein 2023 in Deutschland. URL: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kosten-der-fahrerlaubnis-so-viel-kostet-der-fuehrerschein-2023-in-deutschland/25468672.html>, zuletzt abgerufen am: 29.05.2023
- International Maritime Organization. (2010). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers. URL: <https://www.imo.org/es/Our-Work/HumanElement/Paginas/STCW-Convention.aspx>, zuletzt abgerufen am: 03.11.2023
- Kaiser, D. (2012). Die Simulatoren der Deutschen Bahn AG, Berlin.
- Kuiken, M. J., & Twisk, D. (2001). Safe Driving and the Training of Calibration: Literature Review. Den Haag: Institute for Road Safety Research, SWOV.
- Lander Simulation & Training Solutions (o. J.). Mehr Sicherheit und Effizienz auf den Straßen der Welt. URL: <https://www.land simulation.com/de/simulatoren/kraftfahrzeug-simulatoren>, zuletzt abgerufen am: 24.11.2023
- Lütticke, F., & Martensen, M. (2023). Pilotenausbildung der Zukunft: Potenzial und Einsatz von Virtual Reality im Flight Training (Nr. 1; IU Discussion Papers - Human Resources). Erfurt: IU Internationale Hochschule.

- Mordor Intelligence. (2022). Marktgröße für Flugtraining und -simulation in Europa. URL: <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/europe-flight-training-and-simulation-market>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- Oberhauser, C. (2016). Blended Learning in der Fahrausbildung. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.
- Przybilla, S. (2016). Fahrschulsimulatoren sollen die Umwelt schonen. URL: <https://sz.de/1.2787924>, zuletzt abgerufen am: 19.05.2023
- Railconcept GmbH. (2023). Simulatorschulung. URL: <https://railconcept.de/fortbildung-wir-bilden-weiter/simulatorschulung/>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- Reindl, S., Günther, S., & Wottge, A. (2015). Einsatz von Fahrsimulatoren in Fahrschulen (Forschungsbericht). Geislingen an der Steige.
- Reindl, S., Thomas, J. O., & Wottge, A. (2023). Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Schaltkompetenz in der Fahrausbildung (Ergebnispräsentation). Geislingen an der Steige.
- Reiser Simulation and Training GmbH. (o. J.). Full-Flight Simulators (FFS). URL: <https://www.reiser-st.com/simulators/full-flight-simulator-flight-training-device-level-d/>, zuletzt abgerufen am: 08.12.2023
- Roth, J. (2022). Digitale Lernumgebungen - Konzepte, Forschungsergebnisse und Unterrichtspraxis. In G. Pinkernell, F. Reinhold, F. Schacht, & D. Walter (Hrsg.), Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. aktuelle Forschungsbefunde im Überblick (S. 109–136). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Satz, J.-M. (2021). MOVING Branchenreport 2021. Berlin: MOVING International Road Safety Association e. V.
- Satz, J.-M., Mercaityte, D. & Lieber, U. (2023). MOVING Branchenreport 2023. Berlin: MOVING International Road Safety Association e. V.
- Schnepf, J., & Groeben, N. (2019). Qualitative Metaanalyse mithilfe computergestützter qualitativer Inhaltsanalyse - am Beispiel von Lokale-Agenda-21-Prozessen. Forum Qualitative Sozialforschung, 20. Jg., Heft 3, S. 1–20.
- Schubert, E., & Haslbeck, A. (2014). Gestaltungskriterien für Szenarien in Flugsimulatoren zur Untersuchung von Verhalten und Leistung von Verkehrspiloten. In Der Mensch zwischen Automatisierung, Kompetenz und Verantwortung (S. 125–138). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal-Oberth e. V.
- SiFaT RoadSafety GmbH. (2023). SIFAT Produktflyer Pkw Simulator FS02, URL: <https://www.sifat.de/fahrschul-simulatoren>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- SimuAssist Fahrschulsimulatoren. (2020). Pkw-Simulatoren: Preisliste—Ausstattung—Features 2020/03. URL: <https://fahrschulsimulator.com/wp-content/uploads/2020/03/2020-PREISLISTE-PKW-SIMULATOREN.pdf>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- SimuAssist Fahrschulsimulatoren. (o. J.a). Lkw Simulator | Mobiler Lkw & Bus Simulator. URL: <https://fahrschulsimulator.com/simulatoren/lkw-bus-simulatoren/lkw-simulator-mobiler-lkw-bus-simulator>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023
- SimuAssist Fahrschulsimulatoren. (o. J.b). Motorroller Simulatoren. URL: <https://fahrschulsimulator.com/simulatoren/motorroller-simulatoren/motorroller-simuscooter>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023

SimuTech Gesellschaft für Fahrsimulation mbH. (o. J.). Bahnsimulation für Aus- und Fortbildung. URL: <https://www.simutech.de/simulatoren-ueberblick/simutech-bahnsimulation>, zuletzt abgerufen am: 29.09.2023

Solis, T. (2021). Metaanalyse in sechs Schritten selbst durchführen. Scribbr. URL: <https://www.scribbr.de/methodik/metaanalyse/>, zuletzt abgerufen am: 28.12.2023

Spanhel, D. (2020). Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene in digitalisierten Lernwelten. In N. Kutscher, T. Ley, U. Seelmeyer, F. Siller, A. Tillmann, & I. Zorn (Hrsg.), Handbuch Soziale Arbeit und Digitalisierung (S. 101–115). Weinheim: Beltz.

Sturzbecher, D. (2010). Methodische Grundlagen der praktischen Fahrerlaubnisprüfung. In D. Sturzbecher, J. Bönninger, & M. Rüdell (Hrsg.), Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlage und Optimierungsmöglichkeiten (S. 17–38). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Sturzbecher, D., Brünken, R., Bredow, B., Genschow, J., Ewald, S., Klüver, M., Thüs, D., & Malone, S. (2022). Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrerlaubnisprüfung in Deutschland (Heft M 330; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Mensch und Sicherheit). Bergisch Gladbach.

Sturzbecher, D., Großmann, H., Hermann, U., Schellhas, B., Viereck, K., Völkel, P., Krampe, A., & Sachse, S. (2004). Einflussfaktoren auf den Erfolg bei der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung. In D. Sturzbecher (Hrsg.), Einflussfaktoren auf den Erfolg bei der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung (1. Auflage). Hannover: Degener.

Tecvia GmbH. (2023). Der brandneue Vogel Simulator Premium. URL: <https://www.vogel-system.de/de/news/simulator-news/simulator-premium>, zuletzt abgerufen am: 29.11.2023

TenstarSimulation AB. (2022). Fahr-Simulatoren. Car Brochure 2022.

Tiedemann, Y. (2020). BMW bestellt neue Fahrsimulatoren. URL: <https://www.automobilproduktion.de/technologie/bmw-bestellt-neue-fahrsimulatoren-206.html>, zuletzt abgerufen am: 29.05.2023

Universität Bern. (o. J.). Arbeitskreis Qualitative Methoden in der Geographie und der raumsensiblen Sozial- und Kulturforschung. URL: <https://www.qualitative-methoden.giub.unibe.ch/qualitative-metaanalyse/>, zuletzt abgerufen am: 28.12.2023

van Emmerik, M. L. (2004). Beyond the simulator: Instructions for high-performance tasks. University of Twente.

Verein Deutscher Ingenieure. (2016). Simulation von Logistik- Materialfluss- und Produktionssystemen: Bd. Band 2: Modellierung und Simulation. Berlin: Beuth Verlag.

Verordnung zur Neuordnung der Ausbildung in eisenbahntechnischen Verkehrsberufen, 433 (2022)

Wagner, M., & Weiß, B. (2014). Meta-Analyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (S. 1117–1126). Wiesbaden: Springer VS.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert, Leistungsmessung in Schulen (S. 17–31). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Weissenberg. (2022). Fahrsimulator erlaubt Weltreise an nur einem Tag. URL: <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/automobil/fahrsimulator-erlaubt-weltreise-an-nur-einem-tag/>, zuletzt abgerufen am: 28.12.2023

Bilder

Bild 1:	Teilziele in der Projektbearbeitung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	18
Bild 2:	Vorgehensweise (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	20
Bild 3:	Klassifizierung von Fahrsimulatoren nach Realitätsnähe (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2015, S. 29.....	28
Bild 4:	Überblick zu weiteren Einsatzgebieten von Simulatoren (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	35
Bild 5:	Informationen zur Erhebung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. Sept. bis 24. Okt. 2023 n = 135).....	57
Bild 6:	Grundsätzliche Fahrlehrereinstellung zum Fahrsimulatoreinsatz (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. Sept. bis 24. Okt. 2023 n=135).....	58
Bild 7:	Fahrlehrerperspektive zum Simulatoreinsatz in Theorie- und Praxisausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n=135).....	59
Bild 8:	Fahrlehrerperspektive zur Simulator-Eignung von Lerninhalten im Theorieunterricht (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n = 135 ‚Keine Angabe‘ als Antwortmöglichkeit für fehlende Werte auf 100 % gesetzt.).....	60
Bild 9:	Fahrlehrerperspektive zur Simulator-Eignung von Lerninhalten der fahrpraktischen Ausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n = 135 ‚Keine Angabe‘ als Antwortmöglichkeit für fehlende Werte auf 100 % gesetzt.)	61
Bild 10:	Einschätzungen zur Anzahl von Simulator-Stunden in der Fahrausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n=135).....	62
Bild 11:	Anzahl der besonderen Ausbildungsfahrten, die auf einem Fahrsimulator absolviert werden können sollten (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n=135).....	63
Bild 12:	Einschätzung der Vorteile von Fahrsimulatorübungsstunden für verschiedene Fahrschülertypen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragungszeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n=135)	63
Bild 13:	Fragestellungen bei der Analyse von Kompetenzstruktur und Kompetenzniveau (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024 in Anlehnung an Klieme und Leutner, 2006).....	67
Bild 14:	Kompetenz- und Fahrkompetenzdimensionen (Quellen: Weinert, 2001; Sturzbecher, 2010).....	68

Bild 15:	Fahrlehrerperspektive zu den Gründen des Simulatoreinsatzes (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2023 Befragung im Zeitraum: 04. September bis 24. Oktober 2023 n=319).....	80
Bild 16:	Anzahl Fahr- und Simulatorstunden (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2023 MOVING, 2023)	82
Bild 17:	Ausbildungsverlauf zum Ersterwerb der Fahrerlaubnisklassen B/BE (Quelle: Sturzbecher et al., 2022, S. 149)	83
Bild 18:	Beschreibung und Bewertungsprozess zur Eignung der Simulatorausbildung (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	84
Bild 19:	Technische Hauptkomponenten von Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklasse B) (Quellen: Theimert, C., 2006, S. 10 Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	108
Bild 20:	Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung (Fahrerlaubnisklassen B/BE)(Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024, in Anlehnung an Sturzbecher et al., 2022, S. 149)	113
Bild 21:	Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	114
Bild 22:	Simulator-Integration in die theoretische und fahrpraktische Ausbildung (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024, in Anlehnung an Sturzbecher et al., 2022, S. 149)	119
Bild 23:	Mindestanforderungen an Fahrsimulatoren (Fahrerlaubnisklassen B/BE) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	120
Bild 24:	Konzeptualisierung der Wissens- und Kompetenzvermittlung (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024 in Anlehnung an Andersen, G. J. 2011 Bredow, B. et al. 2016 Bredow, B., 2021 Friedrich, A. et al. 2006 Sturzbecher, D. et al. 2004 Sturzbecher, D. 2010 Sturzbecher, D. et al. 2022)	121

Tabellen

Tab. 1:	Konzepte von Fahrsimulatorkomponenten der Sicht-, Bewegungs-, Fahrzeug- und Akustiksimulation (Quelle: Theimert, 2006, S. 10).....	30
Tab. 2:	Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen AM, A1, A2, B196. (Quellen: Angaben der Hersteller SimuAssist, Lander Simulation & Training Solutions (konsolidiert))	31
Tab. 3:	Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen B, BE, C, CE, C1E und D (Quelle: Angaben der Hersteller Degener, Foerst GmbH, SiFaT RoadSafety GmbH, SimuAssist, TenstarSimulation AB, Verlag Heinrich Vogel (konsolidiert))	32
Tab. 4:	Simulatoren in der Fahrausbildung für Straßenfahrzeuge Klassen C, CE, C1E, D, DE (Quelle: Angaben der Hersteller Degener, Foerst GmbH, SiFaT RoadSafety GmbH, SimuAssist, TenstarSimulation AB, Verlag Heinrich Vogel, 5DT Technologies (konsolidiert))	33
Tab. 5:	Überblick der Simulatorübungen an der Jade Hochschule (Quelle: Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth (o. J.)).....	38
Tab. 6:	Überblick zu Literaturquellen 1 (Deutschland) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	43
Tab. 7:	Überblick zu Literaturquellen 2 (Deutschland, Finnland und Frankreich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	44
Tab. 8:	Überblick zu Literaturquellen 3 (Frankreich, Spanien, Schweiz und sonstige) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	45
Tab. 9:	Schwerpunkte der Literaturlauswertung (1) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	46
Tab. 10:	Schwerpunkte der Literaturlauswertung (2) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	47
Tab. 11:	Schwerpunkte der Literaturlauswertung (3) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	48
Tab. 12:	Länderspezifika zu rechtlichen Rahmenbedingungen (Quellen: MOVING International Road Safety Association e. V., 2023; Finnish Transport and Communications Agency, 2023; ANIECA-National Driving Schools Association in Portugal, 2023; Raamwerk nascholingscursussen Code 95 en ADR/AND, 2018; JORF n°0191 du 18 août 2019, S. 24-25 Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)).....	49
Tab. 13:	Erkenntnisgewinn zur Literaturlauswertung in der Zusammenfassung (Deutschland) (Quelle: Recherchen und Interviews Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	51
Tab. 14:	Erkenntnisgewinn zur Literaturlauswertung in der Zusammenfassung (Ausland) (Quelle: Recherchen und Interviews)	52

Tab. 15:	Erläuterung des Fahrkompetenzbegriffs (Quelle: Weinert, 2001; Sturzbecher, 2010).....	69
Tab. 16:	Niveaustufen in Abhängigkeit der Lehr-Lernziele (Quelle: Bloom, 1972).....	70
Tab. 17:	Niveaustufen des Komeptenzrahmens (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024 in Anlehnung an Bloom, 1972; Sturzbecher, 2010 sowie Weinert, 2001).....	71
Tab. 18:	Vermittlung von verkehrsspezifischem Wissen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	72
Tab. 19:	Vermittlung von verkehrssicherheitspolitischen Einstellungen (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	73
Tab. 20:	Vermittlung von automatisierten psychomotorischen Fertigkeiten (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	74
Tab. 21:	Vermittlung von automatisierten Fertigkeiten zur Wahrnehmung, Vermeidung und Abwehr von Gefahren (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024).....	75
Tab. 22:	Vermittlung einer realistischen Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024)	77
Tab. 23:	Zusammenfassender Überblick zu den Dimensionen der Fahrkompetenz mit jeweils zuordenbaren Kompetenzniveaus (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024 in Anlehnung an Bloom, 1972; Sturzbecher, 2010 sowie Weinert, 2001)	81
Tab. 24:	Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht (1. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173).....	84
Tab. 25:	Einsatz von Fahrsimulatoren im Theorieunterricht (2. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173).....	87
Tab. 26:	Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (1. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S. 164-173).....	92
Tab. 27:	Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (2. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173).....	95
Tab. 28:	Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (3. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173).....	105
Tab. 29:	Einsatz von Fahrsimulatoren in der fahrpraktischen Ausbildung (4. Lernbereich) (Quelle: Institut für Automobilwirtschaft (IfA), 2024; Sturzbecher et al., 2022, S.164-173).....	106
Tab. 30:	Eignung von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von Lehr-Lerninhalten in Verbindung mit erreichbaren Kompetenzstufen (Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IfA) 2024, Struktur in Anlehnung an Bloom (1972), Sturzbecher (2010) sowie Weinert (2001))	118

Anhang

Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in Fahrschulen

Fragebogen zur Fahrlehrerbefragung

Die Umfrage ist Teil eines Projektes, das am Institut für Automobilwirtschaft (IfA) im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) bearbeitet wird.

Mit Ihrer Einschätzung leisten Sie einen wichtigen Beitrag zu unserem Forschungsprojekt. Alle Informationen, die Sie uns im Rahmen dieser Befragung überlassen, werden vom Institut für Automobilwirtschaft (IfA) in anonymisierter Form ausgewertet.

Die Informationen Ihrer Fahrschule dienen ausschließlich zur Verortung Ihres Unternehmens, um bspw. regionale Unterschiede auszumachen. Die spätere Auswertung erfolgt anonymisiert und lässt dann keinerlei Rückschlüsse auf Ihre Person oder/und Ihre Fahrschule zu. Die erhobenen Daten dienen wissenschaftlichen Zwecken und der Weiterentwicklung der Fahrausbildung.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Fragebogen teilweise auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Die Bearbeitungsdauer der Umfrage beträgt ca. 15 Minuten.

A. Informationen zu Ihrer Fahrschule

A.1 Welche Führerscheinklassen bieten Sie in Ihrer Fahrschule an?

(Auswahlmöglichkeiten: A, B, C, D, L/T, Mehrfachauswahl möglich)

A.2 Welche Position oder Funktion nehmen Sie in Ihrer Fahrschule ein?

- Inhaber oder Geschäftsführer (ohne aktive Tätigkeit als Fahrlehrer)
- Inhaber oder Geschäftsführer, gleichzeitig tätig als Fahrlehrer
- Angestellter Fahrlehrer
- Sonstige (Bürokräft/Administration/...)

A.3 Welchen Umsatz realisierte Ihre Fahrschule in 2022 ungefähr?

- Weniger als 100.000 €
- 100.000 € bis unter 250.000 €
- 250.000 € bis unter 500.000 €
- 500.000 € bis unter 1.000.000 €
- Mehr als 1.000.000 €
- Keine Angabe

A.4 In welchem Bundesland befindet sich Ihre Fahrschule?

(Dropdown-Liste: Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Thüringen)

A.5 Befindet sich Ihre Fahrschule im Einzugsgebiet einer:

- ländlichen Gegend AW: haben wir hier eine genauere Eingrenzung wie bei den beiden anderen Kategorien?
- Kleinstadt / mittelgroßen Stadt (bis 100.000 Einwohner)
- Großstadt / Einzugsgebiet einer Großstadt (> 100.000 Einwohner)

A.6 Wie viele Standorte zählen aktuell zu ihrer Fahrschule inkl. Hauptstelle?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

A.7 Wie viele aktive Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer sind in Ihrer Fahrschule tätig?

Hinweis: Bitte geben Sie Halbtagskräfte ggf. mit anteiligen Werten (bspw. 0,5) an.

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

A.8 Wie viele Pkw setzen Sie in Ihrer Fahrschule für die Fahrausbildung der Klasse B (inkl. BE und B197) ein?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

A.9 Wie viele Pkw-Fahrausbildungen der Klasse B (inkl. BE und B197) werden im Durchschnitt jährlich in Ihrer Fahrschule abgeschlossen?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

B. Simulator – Status quo zum Fahrsimulatoreinsatz in Ihrer Fahrschule

B.1 Wie viele Fahrsimulatoren werden in Ihrer Fahrschule für die folgenden Ausbildungsklassen eingesetzt?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

- Pkw (B, BE, B197)
- Zweiräder (AM, A1, A2, A)
- Lkw (C1, C, C1E, CE)
- Bus (D1, D, D1E, DE)
- Arbeits-/Zugmaschinen für land- und forstwirtschaftliche Zwecke (L, T)

B.2 Von welchen Herstellern stammen die in Ihrer Fahrschule eingesetzten Simulatoren?

Bei mehreren Simulatoren: Mehrfachauswahl möglich

- DEGENER
- FOERST
- SiFaT RoadSafety
- SimuTech
- Tenstar Simulation
- Verlag Heinrich Vogel
- Yaak Technologies
- anderer, und zwar:

B.3 Wie haben Sie die Anschaffung des oder der Fahrsimulatoren umgesetzt?

- Barkauf
- Finanzierung
- Leasing
- Abonnement

B.4 Wie binden Sie Simulatorstunden in die Fahrausbildung ein?

Hinweis: Mehrfachauswahl möglich

- Als Pflichtmodul eines festgelegten Ausbildungspakets
- Als individuell gebuchte Ergänzung zur Fahrausbildung (Einzelstunden)
- Als individuell gebuchtes Zusatzpaket ergänzend zur Fahrausbildung (mehrere Stunden als Paket)
- Nur auf Nachfrage
- Keine Angabe

B.5 Aus welchen Gründen haben Sie sich für den Einsatz von Fahrsimulatoren in Ihrer Fahrschule entschieden?

Hinweis: Mehrfachnennungen möglich

- Ökonomische Gründe (z. B. höherer Deckungsbeitrag je Fahrstunde)
- Marketing- und Imagegründe
- Qualitative Aufwertung der Fahrausbildung
- Begegnung des Fahrlehrermangels
- Sonstige, und zwar:

B.6 Wie viele Simulatorstunden absolvieren diejenigen Fahrschüler oder Fahrschülerinnen, die den Fahrsimulator nutzen, im Durchschnitt?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

Durchschnittliche Anzahl der Simulatorstunden (à 45 min) während der gesamten Ausbildungszeit eines Fahrschülers oder einer Fahrschülerin (Klasse B): _____

B.7 Welche Inhalte vermitteln Sie mit dem Simulator?

Hinweis: Mehrfachantworten möglich

- Inhalte der theoretischen Fahrausbildung
- Inhalte der praktischen Fahrausbildung

B.8 In welchen Phasen der praktischen Fahrausbildung binden Sie den Fahrsimulator ein?

Hinweis: Mehrfachnennungen möglich

- Zu Beginn der fahrpraktischen Ausbildung (bspw. zur Schulung der grundlegenden Fahrzeughandhabung und -bedienung)
- Zum begleitenden Training von Fahraufgaben und Grundfahraufgaben während der fahrpraktischen Ausbildung
- Zum begleitenden Training von besonderen Ausbildungsfahrten während der fahrpraktischen Ausbildung
- Zum Ende der praktischen Fahrausbildung (bspw. zur Prüfungsvorbereitung)

B.9 Wie hoch ist der Angebotspreis für eine Fahrstunde auf dem Fahrsimulator (nachfolgend „Simulatorstunde“) genannt?

(Freitext, nur Zahleneingabe möglich)

- _____ (Angabe in €, brutto)
- Paketpreis, nämlich: _____ (Angabe in €, brutto)
Freitext um Paket zu beschreiben: _____
- Angabe nicht möglich (Paketpreis)

B.10 Wie werden die Fahrstunden auf dem Simulator personell betreut?

- Fahrschüler werden nur von Fahrlehrern oder Fachpersonal eingewiesen, die Simulatorstunden werden anschließend von Fahrschülern ohne weitere Betreuung eigenständig durchgeführt.
- Fahrschüler werden zu Beginn sowie zum Ende der Simulatorstunde von Fahrlehrern oder Fachpersonal betreut (z. B. anfangs werden Fahrschüler in die Benutzung des Simulators eingewiesen, Nachbesprechung erfolgt am Ende der Fahrstunde).
- Fahrschüler werden durchgehend während der Fahrstunde auf dem Simulator von Fahrlehrern oder Fachpersonal betreut.
- Es existiert keine spezielle Regelung für die Betreuung von Fahrstunden auf dem Simulator, sie erfolgt lediglich fallweise.

B.11 Fließt der in den Simulatorstunden ermittelte Lernstand in die Planung des weiteren Ausbildungsverlaufs des einzelnen Fahrschülers ein?

- Ja
- Nein

C. Eignung von Fahrsimulatoren für die Fahrausbildung

Auf Basis Ihrer bisherigen Erfahrungen mit Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung möchten wir Sie nun um Ihre Einschätzungen bezüglich des Einsatzes von Fahrsimulatoren während der Fahrausbildung aus verschiedenen Perspektiven bitten.

C.1 Wie stehen Sie dem Einsatz von Fahrsimulatoren in der Fahrausbildung basierend auf Ihren bisherigen Erfahrungen grundsätzlich gegenüber?

Rundum positiv	Eher positiv	Eher kritisch	Neutral	Rundum kritisch	Keine Angabe
<input type="checkbox"/>					

C.2 Wie bewerten Sie grundsätzlich den Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von theoretischen Lehrinhalten (Theorieunterricht)?

Fahrsimulatoren sind...

Bestens geeignet	Grundlegend geeignet	Eingeschränkt geeignet	Nicht geeignet	Keine Angabe
<input type="checkbox"/>				

C.3 Wie bewerten Sie die Eignung von Fahrsimulatoren hinsichtlich der Vermittlung nachstehender Lerninhalte des Theorieunterrichts?

Hinweis: Dargestellte Lernbereiche entnommen aus offiziellem OFSA II-Konzept der BAST für eine zukünftig optimierte Fahrausbildung

Hinweis Verzweigungslogik: Nicht anzeigen, wenn vorherige Frage „nicht geeignet“

Lernbereich	Lerninhalt	Bestens geeignet	Grundlegend geeignet	Eingeschränkt geeignet	Nicht geeignet	Keine Angabe
Basisausbildung	Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit (z. B. Medikamente, Alkohol, Müdigkeit)	<input type="checkbox"/>				
	Beeinflussung des Fahrverhaltens durch Ablenkung (z. B. Mitfahrer, Handy, Musik)	<input type="checkbox"/>				
	Vielfalt im Straßenverkehr (z. B. verkehrssicherheitsrelevante Besonderheiten von Kindern, Fahrradfahrern, Fußgängern, Krafträdern, Lkw, Traktoren)	<input type="checkbox"/>				
	Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr (z. B. Konfliktbewältigung, beabsichtigte und unbeabsichtigte Regelverstöße)	<input type="checkbox"/>				
	Verkehrswahrnehmung (Verkehrsbeobachtung, Spiegelnutzung, etc.)	<input type="checkbox"/>				
	Gefahrenvermeidung (Risikobeurteilung, Erkennung verdeckter Gefahren, Gefahrenabwehr, Warnzeichen)	<input type="checkbox"/>				
	Umweltschonendes Fahr- und Verkehrsverhalten	<input type="checkbox"/>				
	Verkehrsrechtliche Vorschriften	<input type="checkbox"/>				

Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung	Verhalten in besonderen Verkehrssituationen (z. B. Verkehrsunfälle, Verkehrskontrollen)	<input type="checkbox"/>				
	Technische Grundlagen (Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit, Kontrollleuchten und Fehlermeldungen)	<input type="checkbox"/>				
	Geradeausfahren (z. B. mögliche Gefahren beim Geradeausfahren inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Kurvenfahrten (z. B. mögliche Gefahren beim Befahren von Kurven inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Kreuzung, Einmündung, Einfahren (z. B. komplexe Vorfahrtsituationen, mögliche Gefahren inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Kreisverkehr (z. B. mögliche Gefahren beim Befahren von Kreisverkehren inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Vorbeifahren, Überholen (z. B. mögliche Gefahren beim Vorbeifahren und Überholen inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Schienerverkehr (z. B. mögliche Gefahren beim Annähern an Bahnübergängen und Straßenbahnen inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Haltestelle, Fußgängerüberweg (z. B. mögliche Gefahren beim Annähern und Vorbeifahren an Haltestellen, Fußgängerüberwege inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Ein- und Ausfädelungstreifen (z. B. mögliche Gefahren beim Einfädeln, Ausfädeln und Fahrstreifenwechsel inkl. Gefahrenvermeidung)	<input type="checkbox"/>				
	Fahrphysik (z. B. Fahren bei Nässe, Schnee und Eis, höchstmögliche Verzögerung, Reifenqualität und -profiltiefe)	<input type="checkbox"/>				
	Grundfahraufgaben (mögliche Gefahren beim Durchführen der Grundfahraufgaben)	<input type="checkbox"/>				
	Fahrkompetenzdefizite und Unfälle (kritische Streckenmerkmale und Unfallursachen, Gefahrenvermeidung und Transfer auf andere Strecken, Fahranfänger und ältere Fahrer)	<input type="checkbox"/>				
Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren (z. B. ACC, Spurhalte- und Spurwechselassistent, Notbremsassistent)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

C.4 Warum halten Sie Fahrsimulatoren zur Vermittlung ausgewählter Lerninhalte des Theorieunterrichts lediglich „eingeschränkt geeignet“ bzw. „nicht geeignet?“

Hinweis Verzweigungslogik: Frage nur für jedes zuvor gewählte Kriterium einblenden, das mit „eingeschränkt geeignet“ bzw. „nicht geeignet“ bewertet wurde.

Begründung: _____

C.5 Wie bewerten Sie grundsätzlich den Einsatz von Fahrsimulatoren zur Vermittlung von praktischen Lehrinhalten (praktische Fahrausbildung)?

Hinweis: Es geht dabei um Ihre Sichtweise zur praktischen Fahrausbildung als Kombinationen aus Fahrstunden im Fahrsimulator und Fahrschul-Pkw

Fahrsimulatoren sind...

Bestens geeignet	Grundlegend geeignet	Eingeschränkt geeignet	Nicht geeignet	Keine Angabe
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.6 Wie bewerten Sie die Eignung von Fahrsimulatoren hinsichtlich der Vermittlung nachstehender Lerninhalte der Praktischen Fahrausbildung?

Hinweis: Dargestellte Lernbereiche entnommen aus offiziellem OFSA II-Konzept der BAST für eine zukünftig optimierte Fahrausbildung

Lernbereich	Lerninhalt	Bestens geeignet	Grundlegend geeignet	Eingeschränkt geeignet	Nicht geeignet	Keine Angabe
Basisausbildung	Vielfalt im Straßenverkehr (Fahrverhalten unter Beachtung der Besonderheiten und Perspektiven anderer Verkehrsteilnehmer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Verantwortungsvolles Verhalten im Straßenverkehr (verantwortungsvolles und rücksichtsvolles Verhalten in vielfältigen Verkehrssituationen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Verkehrswahrnehmung (Verkehrsbeobachtung, Spiegelnutzung, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Technische Grundlagen (Kontrolle der Betriebs- und Verkehrssicherheit)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Handhabung des Fahrzeugs (Starten des Motors, Bedienung der Feststellbremse, Anfahren, Schalten etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahraufgaben, Grundfahraufgaben und Prüfungsvorbereitung	Geradeausfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kurvenfahrten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kreuzung, Einmündung, Einfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kreisverkehr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Vorbeifahren, Überholen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Schienenverkehr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Haltestelle, Fußgängerüberweg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ein- und Ausfädelungstreifen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fahrphysik (z. B. Fahren bei Nässe, Schnee und Eis, höchstmögliche Verzögerung, Seitenwind, Anhalteweg bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Grundfahraufgaben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahrkompetenzdefizite und Unfälle (regionale Gefahrenstrecken und Transfer auf andere Strecken)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren (z. B. ACC, Spurhalte- und Spurwechselassistent, Notbremsassistent)	<input type="checkbox"/>				
Besondere Ausbildungs- fahrten	Befahren von Überlandstrecken	<input type="checkbox"/>				
	Befahren von Autobahnen oder Kraftfahrstraßen	<input type="checkbox"/>				
	Fahren bei Dämmerung oder Dunkelheit	<input type="checkbox"/>				

C.7 Warum halten Sie Fahrsimulatoren zur Vermittlung ausgewählter Lerninhalte der Praktischen Fahrausbildung lediglich für „eingeschränkt geeignet“ bzw. „nicht geeignet?“

Hinweis Verzweigungslogik: Frage nur für jedes zuvor gewählte Kriterium einblenden, das mit „eingeschränkt geeignet“ bzw. „nicht geeignet“ bewertet wurde.

Begründung: _____

C.8 Wie viele Fahrstunden der fahrpraktischen Basisausbildung sollten oder könnten Ihrer Meinung nach mit einem Fahrsimulator im Durchschnitt je Fahrschüler durchgeführt werden?

Dropdown: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11-15, 16-20, 21-30, über 30

Hinweis Verzweigungslogik: Nur, wenn C.8 mit „ja“ beantwortet wurde:

C.9 Wie viele der aktuell vorgeschriebenen 12 besonderen Ausbildungsfahrten der Klasse B sollten auf dem Fahrsimulator absolviert werden können?

- Dropdown: 0 bis 5 Fahrstunden Überland
- Dropdown: 0 bis 4 Fahrstunden Autobahn
- Dropdown: 0 bis 3 Fahrstunden bei Dunkelheit

C.10 Wie bewerten Sie den von Ihnen eingesetzten Fahrsimulators des Typs XYZ (verlinken mit Antwort auf Frage B.2) hinsichtlich folgender Aspekte?

Bei mehreren verschiedenen Simulatoren Möglichkeit zur einzelnen Bewertung je Fabrikat/Modell geben über Verzweigungslogik.

Bewertung in Schulnoten (1=sehr gut bis 5=mangelhaft)

Kriterium	1	2	3	4	5	6
Realitätsnähe der Bedien- und Anzeigeelemente (z. B. Pedale, Lenkrad, Armaturen etc.)	<input type="checkbox"/>					

Realitätsnähe der visuellen Darstellung (z. B. Darstellung der Fahrsimulation auf den Displays/VR-Brille)	<input type="checkbox"/>					
Realitätsnähe des Bewegungssystems inkl. Motion-Feedback	<input type="checkbox"/>					
Realitätsnahes Akustiksystem inkl. Audio- Feedback (z. B. Variation des Motorge- räuschs bei hohen Drehzahlen, Geräusche anderer Verkehrsteilnehmer)	<input type="checkbox"/>					
Praxisrelevanz der verfügbaren Fahrsituati- onen und -übungen	<input type="checkbox"/>					
Software-Bedienung (z. B. im Anmeldepro- zess oder zur Auswahl der Übungseinheit)	<input type="checkbox"/>					
Einrichtungsmöglichkeit von Schnittstellen (z. B. zu ELBE, zu digitalen Medien zum Selbstlernen)	<input type="checkbox"/>					
Verfügbarkeit von Updates (z. B. Möglich- keiten zur Aktualisierung oder Aufrüstung)	<input type="checkbox"/>					
Betriebskosten (z. B. Energieverbrauch, Li- zenzgebühren, kostenpflichtige Updates)	<input type="checkbox"/>					
Wirtschaftlichkeit für das Fahrschulunter- nehmen (z. B. Beitrag zum Betriebsergeb- nis)	<input type="checkbox"/>					

C.11 Wie stark profitieren unterschiedliche Fahrschüler-Typen von Übungsstunden im Fahrsimulator?

(Schieberegler)

	Profitieren überhaupt nicht	Profitieren sehr stark
„starke“ Fahrschüler	-----	
„durchschnittliche“ Fahrschüler	-----	
„schwache“ Fahrschüler	-----	

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

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 Fahrsicherheit 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, Hölscher, Hoß, Woopen, 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 Fahranfängervorbereitung**
Hilz, Malone, Brünken
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 332: Experimentelle Studie zu Protanopie und Wahrnehmung von Bremsleuchten**
Helmer, Trampert, Schiefer, Ungewiß, Baumann, Feßler
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 333: Expertise zum Projektbericht VALOR**
Link
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2023

- M 334: Unfallbeteiligung von Wohnmobilen 2010 bis 2020**
Färber, Pöppel-Decker, Schönebeck
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 335: Evaluation der Kampagne „Runter vom Gas!“ 2016-2019**
Petersen, Vollbracht
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 336: Die Entwicklung verkehrssicherheitsrelevanter Personenmerkmale im höheren Lebensalter und ihre Einflussfaktoren – Erste Querschnittsanalysen aus der Dortmunder-Bonner-Längsschnittstudie (DoBoLSiS)**
Karthaus, Getzmann, Wascher, Graas, Rudinger
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 337: Einsatzmöglichkeiten von VR-Brillen in der experimentellen Verkehrssicherheits- und Mobilitätsforschung

Platho, Tristram, Kupschick

€ 17,00

M 338: Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation: Geschäftsmodelle und Kooperationsformen

Zabel, Duckwitz, Funk, Myshkina

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

M 339: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2021

Gruschwitz, Hölscher, van Nek, Busch, Wooten

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

M 340: Erweiterung der Erfassung vertiefter Verkehrsunfalldaten um psychologische und medizinische Langzeitfolgen

Jänsch, Sperlich, Unruh, Johannsen

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

M 341: Key Performance Indicator „Alkohol“ – Entwicklung einer Methodik und Ersterhebung

Schrauth, Funk, Behnke, Beug, Jung, Schiller, Schulte

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

M 342: Vertiefende Analyse des Unfallgeschehens älterer Fahrzeugführender

Strauzenberg, Pohle

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

2024

M 343: Kommunikationsmaßnahmen zur Verbesserung der Radverkehrssicherheit

Manz, Müller, Engel

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

M 344: Erhebung der Nutzungshäufigkeit von Smartphones durch Pkw-Fahrer, Radfahrer und Fußgänger 2022

Maier, Funk, La Guardia, Pušica, Kathmann, Agorastos, Bickel, Deyerl, Fischer, Jung, Kuhlmann, Metz, Panowitz, Lahanas, Schiller, Schulleri, Johannsen, Kocak, Krauhausen, Scharrenbroich, Stöver

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

M 345: Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2020 und 2021

Schütte, Fürst, Szyprons, Schmitz, Weber, Käser, Harder

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

M 346: Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit – Berichtszeitraum 2019-2021

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 347: Machbarkeitsstudie zum Fahrradsimulator mit besonderer Berücksichtigung von Senioren als Radfahrer

Suing

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

M 348: Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

Reindl, Thomas, Wottge, Satz

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.



ISSN 0943-9315
ISBN 978-3-95606-798-3
<https://doi.org/10.60850/bericht-m348>

www.bast.de