
Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Fahrzeugtechnik Heft F 154

Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen

von

Heike Flämig, Katharina Beck, Lars Hoffmann, Sandra Tjaden
Technische Universität Hamburg,
Institut für Verkehrsplanung und Logistik

Rainer Höger, Lara Brandt, Marlene Haase, Marie Wolter
Leuphana Universität Lüneburg,
Institut für Experimentelle Wirtschaftspsychologie

Stephan Müller, Lara Damer, Greta Hettich, Gina Schnücker
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Institut für Verkehrsforschung, Berlin

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Fahrzeugtechnik Heft F 154

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 82.0737
Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren
von schweren Güterkraftfahrzeugen

Fachbetreuung:
Roland Schindhelm, Alexander Frey

Referat:
Automatisiertes Fahren

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 0943-9307 | ISBN 978-3-95606-780-8 | <https://doi.org/10.60850/bericht-f154>

Bergisch Gladbach, Mai 2024

Kurzfassung – Abstract

Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird eine Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten (FFT) für das automatisierte Fahren (SAE Level 3 und Level 4) von schweren Güterkraftfahrzeugen (SYMtastik) entwickelt. Hierfür werden FFT gesammelt, kategorisiert und mit den für eine Eignungsbeurteilung für das automatisierte Fahren relevanten Kriterien in einer Katalogstruktur verbunden.

Gemäß §1b des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) dürfen sich die Fahrzeugführenden vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung während der Fahrzeugführung mittels hoch- und vollautomatisierter Fahrfunktionen abwenden und können daher FFT ausüben. Diese FFT und deren Systematisierung sind Gegenstand der Forschung im Projekt SYMtastik. Im Rahmen des Projekts wurde ein Katalog entwickelt, der neben einer formalen Gliederung sowie Auflistung möglicher FFT im Anwendungsfall schwerer Güterkraftfahrzeuge Kriterien enthält, die bei der Beurteilung der Eignung von FFT zur Ausübung bei den SAE Level 3 und Level 4 berücksichtigt werden sollten. Der Katalog wurde mit einer Auswahl von 27 FFT exemplarisch befüllt.

Der entwickelte excelbasierte Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und Level 4 orientierte sich am Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001) und besteht aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil sowie einem Anhang, in dem neben den Quellenangaben für die FFT auch eigene Anmerkungen möglich sind.

- Der Gliederungsteil kategorisiert FFT und gibt den Katalognutzenden einen ersten Überblick über den Zweck jeder FFT (wirtschaftlich, wirtschaftlich/privat und privat) und den Bereich (z. B. Leistungsabrechnung, Gesunderhaltung), in den die FFT fällt.
- Der Hauptteil listet die identifizierten FFT auf und enthält Kurzbeschreibungen der FFT. Zur besseren Orientierung wurden die FFT entlang von 57 Hauptprozessen geordnet, wobei wirtschaftliche Tätigkeiten im Anwendungsfall schwerer Güterkraftfahrzeuge im Fokus liegen.
- Der Zugriffsteil besteht aus vier Teilen und umfasst insgesamt 24 Spalten für die Kriterien und Spalten für die Eignungsbeurteilung FFT bei SAE Level 3 und Level 4. Zusätzlich bieten vier weitere Spalten den Katalognutzenden die Möglichkeit, Angaben zum wirtschaftlichen Nutzenpotential zu machen. Sieben Aufgabenmerkmale enthalten Kriterien, die für die Schaffung eines einheitlichen Verständnisses der meist heterogenen Abläufe der FFT als relevant identifiziert wurden. Dieses einheitliche Verständnis ist wichtig, um bei der Eignungsbeurteilung durch mehrere Fachkundige zu ähnlichen bzw. im Idealfall gleichen Beurteilungen zu kommen. Von den 15 Kriterien der Aufgabeneigenschaften sind sieben durch die Katalognutzenden zu bewerten, die übrigen acht ergeben sich auf der Basis zuvor getätigter Angaben automatisch. Unter den Aufgabeneigenschaften sind die sieben Schlüsselkriterien der Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch, Monotonie, mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung sowie die sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung, die direkt in die Eignungsbeurteilung einfließen. Die Schlüsselkriterien sind der Übersicht halber mit einer Ampel hinterlegt. Die zwei Eignungsbeurteilungen der FFT bei SAE Level 3 sowie bei SAE Level 4 ergeben sich durch die Verknüpfung der Bewertungen der Aufgabeneigenschaften entsprechend der hinterlegten Annahmen

und mithilfe von Rechenoperationen automatisch.

Der entwickelte Eignungskatalog wurde möglichst generisch gehalten, wobei zugleich darauf geachtet wurde, dass im Hauptteil eine Differenzierung der FFT derart sichergestellt ist, dass eine Bewertung im Zugriffsteil möglich wird. Zusätzlich zu den für die standardisierte Eignungsbeurteilung zu berücksichtigenden Kriterien wurden Kriterien zur Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotentials aufgenommen, um die Identifizierung möglicher Use Cases zu unterstützen.

Im excelbasierten Katalog wurden verschiedene Hilfestellungen wie ein Glossar, Drop-down-Menüs, Filterfunktionen und ein Read-Me implementiert. Die excelbasierte Version ermöglicht die Einschränkung des Katalogs auf ausgewählte Aspekte, z. B. das wirtschaftliche Nutzenpotential von FFT für Logistikdienstleistende, und erleichtert so die Anwendbarkeit des Katalogs.

Systematisation of suitable non-driving related tasks for automated driving of heavy goods vehicles

Within the framework of the research project, a systematisation of suitable non-driving related activities (NDRA) for automated driving (SAE Level 3 and Level 4) of heavy goods vehicles (SYMtastik) will be developed. For this purpose, NDRA are collected, categorised and linked to the criteria relevant for a suitability assessment for automated driving in a catalogue structure.

According to §1b of the Road Traffic Act (StVG), vehicle drivers are allowed to turn away from traffic events and vehicle control while driving with highly and fully automated driving functions and can therefore perform NDRA. These NDRA and their systematisation are the subject of research in the SYMtastik project. Within the framework of the project, a catalogue was developed which, in addition to a formal structure and list of possible NDRA in the use case of heavy goods vehicles, contains criteria, which should be taken into account when assessing the suitability of NDRA for performing at SAE Level 3 and Level 4. The catalogue was filled with a selection of 27 NDRA as examples.

The excel-based catalogue developed for the suitability assessment of NDRA at SAE Level 3 and Level 4 was based on the structure of a design catalogue according to ROTH (2001). It consists of a structure section, a main section and an access section as well as an appendix in which own comments are possible in addition to the source information for the NDRA.

- The structure section categorises NDRA and gives the catalogue user an initial overview of the purpose of each NDRA (economic, economic/private and private) and the area (e.g. benefit accounting, health maintenance) to which the NDRA belongs.
- The main section lists the identified NDRA and contains brief descriptions of the NDRA. For better orientation, the NDRA have been arranged along 57 main processes, with a focus on economic activities in the use case of heavy goods vehicles.
- The access section consists of four parts and includes a total of 24 columns for the criteria and totals columns for the suitability assessment of NDRA at SAE Level 3 and Level 4. In addition, four columns offer the catalogue user the possibility to provide information on the potential economic benefit. Seven task attributes contain criteria that have been identified as relevant for creating a common understanding of the mostly heterogeneous processes of NDRA. This common understanding is important in

order to arrive at similar or, ideally, identical suitability evaluations by several different experts. Of the 15 criteria of the task characteristics, seven need to be assessed by the catalogue user, the remaining eight result automatically on the basis of previously made entries. Among the task characteristics, the seven key criteria, which are directly included in the suitability assessment, are task complexity, strain on working memory, qualification requirements, monotony, overall mental demand/psychological fatigue and sensory-visual and motoric limitation. For the sake of clarity, the key criteria are highlighted with a traffic light. The two suitability assessments of the NDRA at SAE Level 3 and SAE Level 4 result automatically from linking the assessments of the task characteristics according to the stored assumptions and with the help of arithmetic operations.

The developed suitability catalogue was kept as generic as possible, while at the same time making sure that a differentiation of the NDRA is ensured in the main section in such a way that an evaluation is possible in the access section. In addition to the criteria to be considered for the standardised suitability assessment, criteria for estimating the economic benefit potential were included to support the identification of possible use cases.

In the excel-based catalogue, various aids such as a glossary, drop-down menus, filter functions and a read-me were implemented. The excel-based version makes it possible to restrict the catalogue to selected aspects, e.g. the economic benefit potential of NDRA for logistics service providers, and thus facilitates the applicability of the catalogue.

Summary

Systematisation of suitable non-driving related tasks for automated driving of heavy goods vehicles

Assignment

According to §1b of the Road Traffic Act (StVG), drivers are allowed to turn away from the traffic and vehicle control while driving with highly and fully automated driving functions and can therefore perform non-driving related activities (NDRA) (Deutscher Bundestag 2021: 10). NDRA are defined by the Deutsche Verkehrssicherheitsrat (2018) as “activities that do not involve vehicle control by the driver, in particular longitudinal and lateral guidance, route planning, monitoring the environment and reacting to it, and communicating with the environment”. However, according to §1b StVG, the drivers must remain perceptually ready in such a way that they can immediately resume control of the vehicle. For SAE Level 3, a driver must always be on board the vehicle. With SAE Level 4, the driver becomes a passenger in defined operational design domains (ODD), but must take over control of the vehicle at the boundaries of the ODD (SAE International 2021: 31-32).

The use of automated driving functions could cause drivers to become tired due to monotony and under-demand, they could lose vigilance and situational awareness, which could lead to challenges when taking back control of the vehicle. The practice of NDRA could possibly counteract this fatigue, as it may have a positive influence on the driver’s activation and thus ideally also positively influence the driver’s willingness to take over (GASSER et al. 2015: 7; German Bundestag 2021: 11). However, the practice of NDRA can in turn lead to worse vehicle takeover by the driver, which is considered problematic from the point of view of road safety (OTHERSEN et al. 2018: 30; WANDTNER et al. 2018: 877ff.).

The driver can be relieved of the driving task by the vehicle automation, which means that in addition to the NDRA already carried out today, such as eating and drinking, other NDRA can also be considered (PFLEGING 2015: 3). In the report on the need for research written by the Round Table on Automated Driving – working group Research at the former Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) (since 2021 Federal Ministry of Digital Affairs and Transport (BMDV)), the investigation of the characteristics of secondary activities is suggested (GASSER et al. 2015: 7-9). A comprehensive structured listing of possible NDRA as well as a structure for a suitability assessment for automated driving of heavy goods vehicles at SAE Level 3 and Level 4, taking into account different requirement areas such as aspects of human-machine interaction (HMI), road safety or economic efficiency is missing.

The research project FE 82.0737/2019 “Systematisation of suitable non-driving related activities for automated driving of heavy goods vehicles (SYMtastik) at SAE Level 3 and SAE Level 4” of the Federal Highway Research Institute (BAST) addresses this gap. The aim of the research project is to present a catalogue which, in addition to a formal structure and a list of possible NDRA in the use case of heavy goods vehicles, contains criteria which make it possible to assess the suitability of NDRA to be performed at SAE Level 3 and Level 4. For both SAE Level 3 and Level 4, the project assumes that a driver is in the vehicle and will take over control of the vehicle after being prompted by the automated driving system. The suitability assessment of the NDRA refers to the considered use case of automated driving at SAE Level 3 and Level 4 of heavy goods vehicles, whereby assessment criteria

from the perspective of different interest groups (drivers, fleet operators/logistics, vehicle manufacturers, road safety/ HMI research) were taken into account.

Research methodology

For the comprehensive collection of NDRA, databases, research reports, standards and guidelines were examined according to terms such as activities, professional drivers, non-driving-related activities (NDRA)/non-driving-related tasks (NDRT), driver distraction, secondary/tertiary activity, logistic processes or transport. In addition, logistics-related training regulations such as Wholesale and Foreign Trade Management (2020), Industrial clerk (2002), Shipping Management Assistant (2004) and Freight forwarding and logistics services (2004) were analysed and the contents of the Professional Driver Qualification Ordinance (BKrFQV) were taken into account. Since the NDRA were to be analysed in the use case of heavy goods vehicles, the operational processes of the driver of a heavy goods vehicle were integrated in the project (FLÄMIG 2015: 389ff.). On this occasion the question of the economic benefit of NDRA is raised. For this reason, the NDRA described in the literature, e.g. at PAGENKOPF et al. (2018) were also included in the project. In addition to potential economic activities, private NDRA such as “relaxing” or “eating” are also taken into account.

Literature reviews were conducted to identify a suitable structure for the catalogue, NDRA and criteria for their suitability assessment. Interviews took place to complete and evaluate this collection. The developed catalogue was tested in workshops with the focus on its suitability.

In order to identify criteria for the suitability assessment, primary literature was analysed with regard to the characterisation of work activities, task structure and work analyses, as well as the stress-strain concept (ROHMERT 1983; ROHMERT 1984; both cited after SCHLICK et al. 2018: 24). In addition, a search was made for literature dealing with aspects of the vehicle take-over after performing a NDRA, including keywords such as Take-over Request (TOR), Driver Availability, Task Complexity, Working Memory and Fatigue.

Based on the literature analysis, an initial evaluation structure of NDRA was developed, which was continuously tested during the project progression with regard to its suitability for assessing the suitability of NDRA at SAE Level 3 and Level 4. Elementary for the suitability assessment are the driver availability and the driver's state during automated driving, since according to the task definition it is assumed that after a takeover request by the system, the driver should take over the vehicle control again within a given time budget. Closely related to this is the effect of the NDRA on the driver's state and its six dimensions of mental stress, fatigue, attention, emotional state, motivation and situation awareness, which were investigated as assessment criteria.

Interviews were conducted with experts from logistics service providers (LDL), HMI, road safety, original equipment manufacturers (OEM) and drivers of heavy goods vehicles to determine the specific assessment of potential NDRA in automated vehicles and criteria for the suitability assessment of NDRA at SAE Level 3 and Level 4 from different stakeholder perspectives. Subsequently, the requirements and perspectives of the different stakeholders were compared and the relevance of the categories and criteria identified in the literature review was determined.

The development of the suitability catalogue was based on the results of the literature analysis and the interviews and was also continuously optimised with the help of expert workshops. The workshops focused on the aspects of usability, comprehensibility and completeness of the suitability catalogue. In addition to the identification of optimisation

aspects, the workshops were also used to collect ideas from the various stakeholders regarding possible use cases.

Investigation results

In the project, a catalogue for the suitability assessment of NDRA at SAE Level 3 and Level 4 has been developed, which follows the structure of a design catalogue according to ROTH (2001). It consists of a structure section, a main section and an access section as well as an appendix in which, in addition to references to the collected NDRA, there is also space for own comments. Attention was paid to ensure that the differentiation of the NDRA in the main section enables an evaluation in the access section. The contents of the developed suitability catalogue are described below in more detail.

In the structure section, the collected NDRA are categorised. It gives the catalogue user a first overview of potential categories of NDRA and enables them to start using the catalogue. The categorisation is done by using the two categories purpose of the NDRA (economic, economic/private and private) and area of the NDRA (e.g. benefit accounting, health maintenance).

The main section of the suitability catalogue contains the identified 234 NDRA, with the focus on economic activities in the use case of heavy goods vehicles. For better orientation, the NDRA have been arranged along 57 main processes. A brief description of the NDRA is also provided in this section of the catalogue, which together with the task attributes enables a suitability assessment of the NDRA.

The access section consists of four parts. In addition to the task attributes, an evaluation of the task characteristics as well as the suitability assessment of the NDRA at SAE Level 3 and Level 4 is carried out here. Furthermore, the catalogue user has the opportunity to provide information on the potential economic benefit of the NDRA.

The heterogeneity in the performance of NDRA was taken into account by introducing seven generic task attributes. These attributes create a common understanding of the processes of NDRA. This common understanding is important in order to arrive at similar or, ideally, identical suitability evaluations by several experts. Important attributes of tasks were identified as attributes related to media (active/passive, medium used, medium hand-held, system integration of medium and location of the NDRA) as well as the interaction with others and the processing time. Together with the short description from the main section, the task attributes serve to specify the NDRA and form the basis for the evaluation of the task characteristics of the NDRA by experts in the access section.

Fifteen criteria were identified as relevant task characteristics for the suitability assessment. The graduated evaluation is carried out in five gradations analogous to scaling proposals of the so-called semantic differential (1 - very low, 2 - rather low, 3 - medium, 4 - rather high, 5 - very high) (OSGOOD et al. 1957).

The seven task characteristics identified as key criteria for assessing the driver availability are task complexity, strain on working memory, qualification requirements, monotony, overall mental demand/psychological fatigue and sensory-visual and motoric limitation. In the excel-based catalogue, the seven criteria were also coded and highlighted with traffic light colours. Scale values 1 and 2 become a green traffic light, scale value 3 becomes a yellow traffic light and scale values 4 and 5 turn out in a red traffic light. High scale values have a negative impact on the final suitability assessment, which takes into account all previous assessment criteria.

In the catalogue, eight task characteristics are dependent on other task characteristics. These relationships are operationalised in the excel-based catalogue through calculations, so that these columns fill up automatically and thus enable an easier usage. The derived arithmetic operations are based on the results of the literature analyses and the assessments of the experts in the project.

The results of the assessment are incorporated into the suitability assessment at SAE Level 3 (Driver Availability) and SAE Level 4 (Driver Availability). This makes it possible to determine at a glance whether the NDRA is assessed as suitable, conditionally suitable or not suitable for automated driving with SAE Level 3 or Level 4. The suitability assessments of the NDRA at SAE Level 3 and Level 4 also result according to the stored arithmetic operations and are carried out automatically in the excel-based catalogue by linking the assessments of the task characteristics.

In addition to the suitability assessment, the catalogue user can estimate the potential economic benefit of NDRA. The four criteria for estimating the economic benefit potential of NDRA allow conclusions about the realistic implementation potential of NDRA in heavy goods vehicles.

27 NDRA were evaluated in the catalogue by the project team and the experts involved in the project, whereby at least one exemplary evaluation was carried out for each expression of the categories of the structure section. The research report explains in detail how the quantified assessments of the evaluation criteria and the resulting suitability assessment came about for the following three NDRA: "Producing accompanying papers and documents", "Watching film/video" and "Playing on the tablet".

For the suitability assessment, different perspectives and requirements of the stakeholder groups were included, as their requirements for NDRA differ. The resulting variety of categories and criteria contained in the catalogue and the expressions stored for them show the complexity of the research field. A continuous standardised evaluation of all criteria appears to be possible only to a limited extent due to the number of (individual) influencing factors, but initial tendencies towards the suitability of NDRA at SAE Level 3 and Level 4 can be identified.

For easier handling, various help features have been implemented in the excel-based catalogue: Drop-down menus help with the application of the catalogue, e.g. in the selection of task attributes. The filter functions provide the catalogue user with a clear overview of the catalogue contents of interest, e.g. the restriction to the economic benefit potential of NDRA for LDL. In addition, a glossary, a read_me as well as the stored combinations of the automatic determination of dependent criteria of the task characteristics and the suitability assessment described above are implemented.

Since the catalogue was implemented in Excel, basic software knowledge is assumed, but does not require any special software knowledge on the part of the catalogue user. For usage in other use cases, the catalogue structure and, if necessary, the implemented column dependencies can be adopted directly or adapted with little effort. Possible use cases for the catalogue mentioned in the workshops were, for example, the derivation of information on the needs-based design of the vehicle cabin or the use of the catalogue as a reference work or source of inspiration for possible NDRA.

Conclusions for practice

In the SYMtastik project, a systematic catalogue for the suitability assessment of NDRA for automated driving of heavy goods vehicles at SAE Level 3 and Level 4 has been developed.

The result is a generic catalogue in which a standardised suitability assessment of NDRA is carried out via driver availability. Through the additional inclusion of categories for the evaluation of the potential economic benefit, possible use cases for heavy goods vehicles can be identified.

Initial feedback from field-related experts suggests that the developed excel-based suitability catalogue is a structured and practicable tool: On the one hand, to gain a systematic overview of potential NDRA. On the other hand, the categories and criteria offer the possibility to assess NDRA in a standardised way with regard to their suitability to perform in heavy goods vehicles at SAE Level 3 and Level 4 with regard to the driver availability. In this way, the catalogue primarily supports experts from the research fields of HMI, road safety, vehicle development, but also committees and authorities in the standardisation and development of regulatory measures.

The supplementary evaluation possibility of the potential economic benefit via four criteria supplements this perspective to include the question of feasibility or use cases. These four economic evaluation criteria are thus important both for a user-oriented vehicle development by OEMs and for the operation of automated heavy goods vehicles by fleet operators and LDL.

However, limitations must be taken into account when using the catalogue. Since the studies on the influence of (economic) NDRA have so far only been rudimentarily validated by empirical studies and the stakeholder surveys and expert workshops conducted in the project are not representative either, the calculation operations and scaling of the assessments stored in the catalogue so far are based on the findings from the literature analyses and the assessments of the experts involved in the project and must be further evaluated. The next step should therefore be the validation of the assessments with the help of experimental studies. Possible study designs are listed in the description of the basics of the assessment of NDRA in chapter 6 of the research report.

The catalogue in its current version already enables the catalogue user to make an initial suitability assessment. For this, the handling of the catalogue requires basic software-related knowledge in Excel. At the same time, the excel-based catalogue offers many advantages for the user: The clarity and usability of the catalogue (e.g. drop-down menus, filter functions) can be adjusted individually. The catalogue is also easy to expand or to be completed.

For the performance of NDRA in heavy goods vehicles, the research work in the SYMtastik project has revealed a high discrepancy between the theoretically conceivable potential (see catalogue) and a real application potential (see the results of the surveys and workshops). The following reasons were identified:

- Overall, private NDRA tend to be assessed as more suitable for relocation to the vehicle cabin than economic NDRA. It can be assumed that vehicle automation will make private NDRA, which are already practised in the vehicle today, safer and even legalised in the medium term (e.g. book reading) if a safe vehicle takeover is ensured.
- When considering moving economic NDRA into the vehicle cabin, it must be taken into account that heavy goods vehicles do not legally constitute a workplace at this point of time. When designing the vehicle cabin, workplace design and the aspect of ergonomics play an important role. The objects necessary for performing NDRA must be secured, just like the driver, so as not to have any negative effects on the health of the driver.

- An exception are NDRA, which the driver already carries out before or after the tour. These include, for example, training and further education on the topic of safety. By shifting the time of NDRA, the working time of truck drivers can be reduced and their workload relieved. If, in addition, automated driving phases were to be recognised as rest periods, the time restrictions due to driving time limitations could be eliminated or reduced, which could have a positive effect on the economic benefit.
- When assessing the potential economic benefits, it must also be taken into account that digitalisation in the logistics industry is constantly increasing and that it is primarily less complex NDRA that are being automated. However, it is precisely these less complex NDRA that are probably suitable for the relocation of NDRA to the vehicle cabin due to the aspects frequently mentioned in the context of the project, namely the insufficient qualification of the drivers or the unwillingness of the drivers to take over additional tasks.

An essential aspect that contributes to the discrepancy between the theoretically conceivable and real application potential is the role of the vehicle driver. Here, the driver and his or her level of qualification is usually used as a reference for the suitability assessment of an NDRA. In addition to language barriers, the lack of qualifications would have to be addressed by rethinking the profession of professional drivers. However, possible adjustments to the qualification framework for professional drivers should be critically questioned so that they do not have a deterrent effect on this profession, as there is already a shortage of drivers today. On the other hand, the performance of NDRA can also be perceived as important and meaningful for the driver, which increases employee satisfaction and the image of the company and keeps the job profile of truck drivers attractive. At the same time, in addition to the further qualification of drivers, especially at SAE Level 4, the use of qualified personnel to perform economic NDRA and their further qualification as drivers should also be considered as a possibility.

Testing NDRA in ODD real-world laboratories could lead to a more differentiated assessment of the stakeholders regarding the benefits of an automated heavy goods vehicle for economic activities. This could lead to the emergence of completely new professions, more productive use of (rolling) stock, or new vehicle studies that, for example, think together about the combined use of vehicles for freight transport and passenger transport.

Inhalt

Abkürzungen	16
1 Einleitung	18
1.1 Ziel und Aufgabenstellung des Forschungsprojekts SYMtastik	19
1.2 Ablauf und Aufbau des Forschungsprojekts SYMtastik	19
2 FFT von Fahrern und Fahrerinnen von schweren Güterkraftfahrzeugen	22
2.1 Abgrenzung der FFT (tertiäre Fahraufgabe)	22
2.2 Tätigkeit, Aufgabe, Prozess: Eine Begriffsabgrenzung	23
2.3 Die Rolle von Fahrer und FahrerIn in der Supply Chain	25
2.4 Möglicher wirtschaftlicher Nutzen von FFT	27
3 Normung und Regelungsstand des automatisierten Fahrens	29
3.1 Normung zur Charakterisierung der Automatisierungsstufen	29
3.2 Regelungsstand des automatisierten Fahrens	30
4 Einschlägige Forschungsarbeiten zu FFT	32
5 Der Übernahmeprozess und Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung	36
6 Grundlagen zur Bewertung von FFT	40
6.1 Herleitung einer Bewertungsstruktur von FFT	40
6.2 Aufgabencharakteristika der FFT	42
6.2.1 Aufgabenmerkmal: Verwendung mobiler Geräte/Medien	43
6.2.2 Aufgabenmerkmal: Verwendung integrierter Systeme	43

6.2.3	Aufgabenmerkmal: Interaktionsgrad aktiv/passiv	43
6.2.4	Aufgabenmerkmal: Lokalität der FFT	44
6.2.5	Gebrauchstauglichkeit der verwendeten Hard-/Software	44
6.2.6	Modalitäten der FFT	45
6.2.7	Charakterisierung der Fahrer Verfügbarkeit	47
6.2.8	Unterbrechbarkeit	48
6.2.9	Aufgabenkomplexität	48
6.2.10	Experimentelle Verfahren zur Erfassung der Aufgabenkomplexität	49
6.2.11	Aufgabenanreiz	50
6.2.12	Aufgabendauer	50
6.2.13	Experimentelle Verfahren zur Erfassung von psychischer Ermüdung	51
6.3	Dimensionen des Fahrerzustands	51
6.3.1	Experimentelle Verfahren zur Erfassung der mentalen Beanspruchung	52
6.3.2	Müdigkeit und Vigilanz	53
6.3.3	Experimentelle Verfahren zur Erfassung von Vigilanzabfall	54
6.3.4	Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis	54
6.3.5	Experimentelle Verfahren zur Erfassung der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit	55
6.3.6	Emotionaler Zustand und psychische Sättigung	56
6.3.7	Situationsbewusstsein	56
6.3.8	Kinetose	57
6.4	Bestimmungsgrößen menschlicher Leistung	58
6.4.1	Über- und Unterforderung	58
6.4.2	Konstitutions- und Dispositionsmerkmale	60
6.4.3	Qualifikations- und Kompetenzmerkmale	60
6.5	Aufgabenunabhängige personenspezifische Einflussfaktoren	61
6.6	HMI-Variablen	63
6.7	Fazit aus den Grundlagen zur Bewertung von FFT	65
7	Fachkundigenbefragung zur explorativen Erschließung des Forschungsfelds	67
7.1	Überblick über die geführten Interviews	67
7.2	Kombination aus explorativen und theoriegenerierenden Interviewmethoden	68
7.3	Ziele der Interviews und methodisches Vorgehen	68
7.4	Ergebnisse der Fachkundigenbefragung	70
7.4.1	Ergebnisse der Interviews mit Experten der Stakeholdergruppe OEM	70

7.4.2	Ergebnisse der Interviews mit HMI-Experten und Expertinnen	73
7.4.3	Ergebnisse der Interviews mit Experten und Expertinnen der Verkehrssicherheit	77
7.4.4	Ergebnisse der Interviews mit den Logistikdienstleistern	80
7.4.5	Ergebnisse der Interviews mit Fahrern und Fahrerinnen	81
7.5	Übergeordnete Erkenntnisse aus den Interviewergebnissen	82

8 Fachkundigenworkshop zur Katalogoptimierung **85**

8.1	Überblick über die durchgeführten Workshops	85
8.2	Ziele der Workshops und methodisches Vorgehen	85
8.3	Ablauf der Workshops	86
8.4	Diskussion und Ableitung der Optimierungsempfehlungen für den Eignungskatalog	87
8.5	Fazit der Fachkundigenworkshops	89

9 Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4 **90**

9.1	Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001)	90
9.2	Aufbau des Katalogs zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4	91
9.3	Gliederungsteil: Kategorisierung möglicher FFT	92
9.4	Hauptteil: Sammlung potenzieller FFT	94
9.5	Zugriffsteil: Beurteilung der FFT	95
9.5.1	Aufgabenmerkmale der FFT	97
9.5.2	Aufgabeneigenschaften der FFT	101
9.5.3	Eignungsbeurteilung FFT bei SAE Level 3 und Level 4	109
9.5.4	Wirtschaftliches Nutzenpotenzial der FFT	110
9.6	Kriterien, die nicht im Katalog berücksichtigt sind	111

10 Exemplarische Anwendung des Katalogs **113**

10.1	Begleitpapiere und Dokumente erstellen	113
10.2	Film/Video schauen	116
10.3	Auf Tablet spielen	117
10.4	Prozess der weiteren Katalogbefüllung	118

11 Limitationen und Ansätze zur Weiterentwicklung des Katalogs _____ 120

11.1 Limitationen des Katalogs _____ 120

11.2 Mögliche weitere Einsatzfelder des Eignungskatalogs _____ 121

11.3 Ergänzungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Eignungskatalogs _____ 123

11.4 Übertragbarkeit des Katalogs auf andere Fahrzeugklassen _____ 123

12 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen _____ 124

Literatur _____ 129

Bilder _____ 144

Tabellen _____ 146

Anhang

Anlage 1: Handreichung zum Eignungskatalog
Technisches Manual zum Eignungskatalog

Anlage 2: Eignungskatalog (Excel-Datei)

Der Anhang und die Anlagen zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

Abkürzungen

AP	Arbeitspaket
AR	Augmented Reality
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BK	Büro-Kaufmännisch
BKrFQV	Berufskraftfahrerqualifikationsverordnung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EEG	Elektroenzephalografie
EU	Europäische Union
EZB	Elektronische Zeitschriftenbibliothek
FFT	Fahrfremde Tätigkeiten
HDD	Head-Down-Display
HMD	Head-Mounted-Display
HMI	Human-Machine Interface
HUD	Head-Up-Display
ISO	International Organization For Standardization
IVIS	In-Vehicle Informationssystem
Ko-HAF	Kooperatives, hochautomatisiertes Fahren
LED	Lichtemittierende Diode
LDL	Logistikdienstleistungsunternehmen
Lkw	Lastkraftwagen
MMI	Mensch-Maschine-Interaktion
NASA-TLX	NASA-task Load Index
NDRA	Non-driving related activities
NDRT	Non-driving related tasks
ODD	Operational Design Domain
OEM	Original Equipment Manufacturer
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
RHIA/VERA	Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit
RSME	Rating Scale Mental Effort

SAE	Society of Automotive Engineers
SAGAT	Situation Awareness Global Assessment Technique
SEEV	Saliency, Effort, Expectancy, Value
SRK	Skill-Rules-Knowledge
StVG	Straßenverkehrsgesetz
SuRT	Surrogate Reference Task
SWAT	Subjective Workload Assessment Technique
SYMtastik	Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen
TAN	Transaktionsnummer
TANGO	Technologie für automatisiertes Fahren, die nutzergerecht optimiert wird
TCO	Total Cost of Ownership
TH	Technisch-Handwerklich
TOR	Take-Over-Request
TOT	Take-Over Time
TTK	Teiltätigkeit
TUHH	Technische Universität Hamburg
TÜV	Technischer Überwachungsverein
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

1 Einleitung

Der Automatisierungsgrad von Straßenverkehrsfahrzeugen nimmt stetig zu. Aus gesellschaftlicher Perspektive interessiert neben der Verbesserung des Komforts der Fahrzeuge vor allem der Beitrag des automatisierten Fahrens zur Erhöhung der Verkehrseffizienz durch die Reduzierung von Staus und Emissionen sowie zur Steigerung der Verkehrssicherheit (BEGGIATO et al. 2015; CACILO et al. 2015; GASSER et al. 2015; Deutscher Bundestag 2021: 8). Der Wissenschaftliche Beirat des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (seit 2021 Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)) geht davon aus, dass sich bereits durch das automatisierte Fahren in den Automatisierungsstufen Level 3 und Level 4 der Society of Automotive Engineers (SAE) die Unfallzahlen reduzieren werden und es zu Verschiebungen von Unfallursachen und -typen kommen wird (Wissenschaftlicher Beirat beim BMVI 2017: 11).

Wenn das Fahrzeug mindestens mit SAE Level 3 fährt, wird damit aber auch dem Fahrer oder der Fahrerin die Möglichkeit eröffnet, sich während der Fahrt anderen Aktivitäten, so genannten fahrfremden Tätigkeiten (FFT), zuzuwenden (CACILO et al. 2015; GASSER et al. 2015; PFLEGING 2015; FELDHÜTTER et al. 2018a; FRÖHLICH et al. 2018: 129; Deutscher Bundestag 2021). Im Bericht zum Forschungsbedarf, der durch den Runden Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung beim damaligen BMVI (heute BMDV) verfasst wurde, wird die Untersuchung der Eigenschaften von Nebentätigkeiten angeregt. Aufgrund der veränderten Rolle des oder der Fahrzeugführenden bestehen beim automatisierten Fahren erhebliche Herausforderungen für die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Beim automatisierten Fahren in den Automatisierungsstufen SAE Level 3 und Level 4 sind die Fahrzeugführenden zeitweise von der eigentlichen Fahraufgabe entbunden („out of the loop“). Dadurch könnte es sein, dass die Fahrzeugführenden aufgrund einer Unterforderung ermüden und ihr Situationsbewusstsein verlieren, was bei einer Rückübernahme der Fahrzeugführung zu Herausforderungen führen könnte. Die Ausübung von FFT könnte dieser Ermüdung gegebenenfalls entgegenwirken, da sie unter Umständen einen positiven Einfluss auf die Aktiviertheit des Fahrers oder der Fahrerin ausüben und damit idealerweise auch die Übernahmebereitschaft der Fahrer und Fahrerinnen positiv beeinflussen (GASSER et al. 2015: 8; PFLEGING 2015; FELDHÜTTER et al. 2018a; Deutscher Bundestag 2021: 11).

Aus unternehmerischer Perspektive ist der Einsatz von automatisierten Fahrzeugen der Automatisierungsstufen SAE Level 3 und 4 im Güterverkehr, bei denen sich die Fahrer und Fahrerinnen auch weiterhin an Bord des Fahrzeugs befinden müssen, vor allem dann von Interesse, wenn diese in den automatisierten Fahrphasen einer „wertschöpfenden Tätigkeit nachgehen können“ (FLÄMIG 2015: 389). Die Logistikbranche hat aktuell mit einem Mangel an Fahrpersonal zu kämpfen, welcher sich zukünftig noch weiter verstärken wird (PAGENKOPF et al. 2018; Deutscher Bundestag 2022). Daher sind Effizienzsteigerungen und Prozessoptimierungen bei den Transportleistungen von großer Bedeutung. Mit dem Einsatz von Fahrzeugen der SAE Level 3 und Level 4 könnte neben einer finanziellen und zeitlichen Ersparnis für das Unternehmen auch das Berufsprofil des Lastkraftwagen (Lkw)-Fahrers oder der Lkw-Fahrerin aufgewertet und dem akuten Personalmangel entgegengewirkt werden (Wissenschaftlicher Beirat beim BMVI 2017; PAGENKOPF et al. 2018; Deutscher Bundestag 2022).

Bisher gibt es noch keine Übersicht, die potenzielle FFT für das automatisierte Fahren schwerer Güterkraftfahrzeuge strukturiert kategorisiert und Bewertungskriterien aufzeigt, anhand derer eine Eignungsprüfung ermöglicht wird. Bei der Beurteilung der Eignung potenzieller FFT sind unterschiedliche Anforderungsbereiche wie Aspekte der MMI, der

Verkehrssicherheit oder der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen, wobei die Einschätzung der Eignung aus unterschiedlichen Perspektiven von Stakeholdern unterschiedlich ausfallen wird.

1.1 Ziel und Aufgabenstellung des Forschungsprojekts SYMtastik

Das Ziel des Forschungsprojekts „Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen“ (SYMtastik) (FE 82.0737/2019) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist die umfassende Systematisierung möglicher FFT für den Anwendungsfall des automatisierten Fahrens in den Automatisierungsstufen SAE Level 3 und Level 4 bei schweren Güterkraftfahrzeugen. Hierfür sollen FFT identifiziert und anhand von Eigenschaftsmerkmalen gegliedert werden. Die identifizierten FFT sollen anschließend hinsichtlich ihrer Eignung für verschiedene Anforderungen des Anwendungsfalls unter Zugrundelegung geeigneter Bewertungskriterien charakterisiert werden. Es wird erwartet, dass sich die Eignungsbeurteilung bei unterschiedlichen Kategorien von FFT sowie den beiden Automatisierungsstufen SAE Level 3 und Level 4 unterscheidet. In die Bewertungskriterien sollen auch Aspekte des wirtschaftlichen Nutzens einbezogen werden, der in Verbindung mit den FFT erwartet wird.

Zunächst wird daher eine formale Gliederung nach Eigenschaftsmerkmalen der FFT entwickelt. Auf dieser Grundlage werden Kategorien gebildet sowie FFT beschrieben und anhand von Merkmalen mit den Bewertungskriterien verknüpft. Die formale Gliederung nach Eigenschaftsmerkmalen wird mit der Charakterisierung nach Eignungskriterien in einer zu entwickelnden Katalogstruktur verknüpft. Gemeinsam bilden sie die Struktur des Eignungskatalogs für die Sammlung potenziell möglicher FFT.

Im Rahmen des Projekts erfolgt zudem eine erste exemplarische Befüllung des Katalogs mithilfe von Experten und Expertinnen, die die identifizierten FFT hinsichtlich ihrer Eignung bewerten. Darüber hinaus wird im Kapitel 6 aufgezeigt, welche empirischen Untersuchungen durchgeführt werden sollten, um eine valide Aussage hinsichtlich der Eignungsbeurteilung zu erhalten.

Der Eignungskatalog ist derart gestaltet, dass er als Hilfsmittel oder Werkzeug dienen kann, bspw. bei der Entwicklung und Gestaltung des automatisierten Fahrens von Güterkraftfahrzeugen durch Fahrzeughersteller, beim Betrieb automatisierter Güterkraftfahrzeuge durch Flottenbetreiber und Speditionen, bei der Nutzung automatisierter Güterkraftfahrzeuge durch Fahrer und Fahrerinnen, bei Forschungsaktivitäten zum automatisierten Fahren durch Forschungsinstitutionen, bei der Erarbeitung von Normen durch Standardisierungsgremien sowie bei der Erarbeitung regulatorischer Maßnahmen durch Behörden.

1.2 Ablauf und Aufbau des Forschungsprojekts SYMtastik

Für die Entwicklung des Katalogs zur Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und SAE Level 4 in schweren Güterkraftfahrzeugen wurden unterschiedliche Methoden angewendet. Bild 1-1 zeigt den Ablauf und die verwendeten Methoden im Forschungsprojekt SYMtastik. Im Verlauf des Projekts wurden fünf Arbeitspakete (AP) bearbeitet. Die Ergebnisse dieser AP werden im vorliegenden Forschungsbericht vorgestellt.

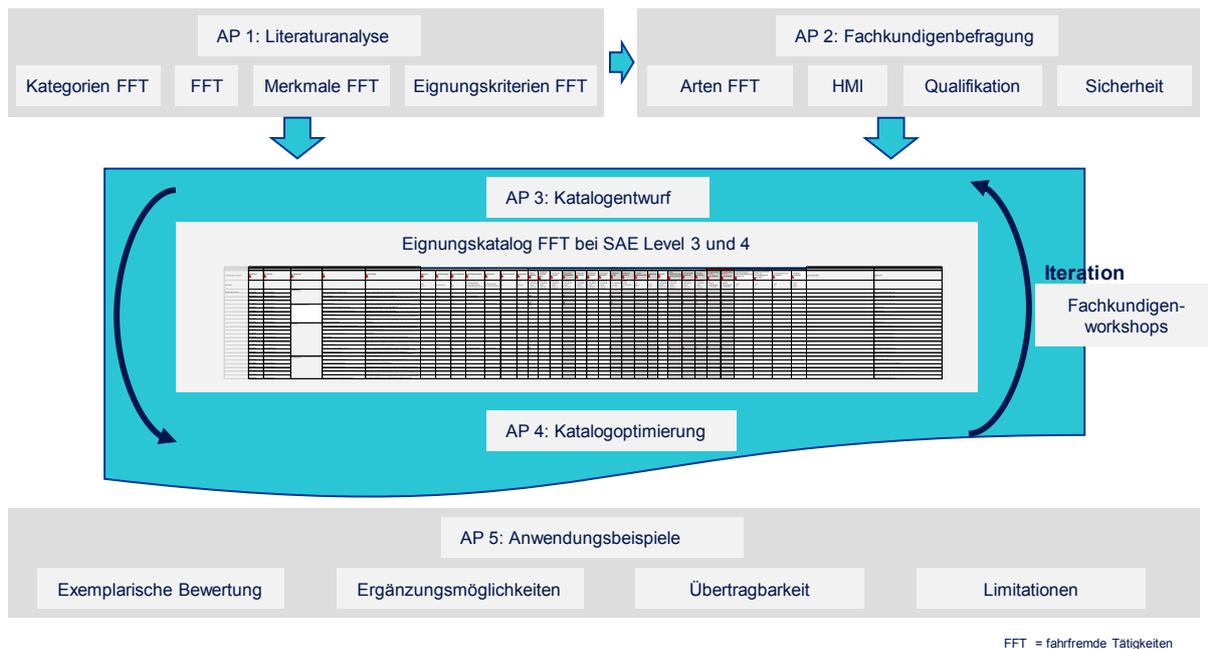


Bild 1-1: Ablauf des Forschungsprojekts SYMtastik

Zu Beginn wurde eine umfassende Literaturanalyse (AP 1) durchgeführt, um FFT zu sammeln und mögliche Kategorien, Merkmale und Bewertungskriterien für FFT herauszuarbeiten. Die Ergebnisse der Literaturrecherche sind in den Kapiteln 2 bis 6 aufgeführt.

In Kapitel 2 erfolgt eine Definition und Abgrenzung der Begriffe FFT, Tätigkeit, Aufgabe und Prozess sowie eine Beschreibung der Rolle von Fahrer und Fahrerin in der Supply Chain und des möglichen wirtschaftlichen Nutzens von FFT. Die Beschreibung der für das Projekt relevanten Automatisierungslevel SAE Level 3 und Level 4 ist Kapitel 3 zu entnehmen.

Im Anschluss an die Beschreibung der Automatisierungslevel werden einschlägige Forschungsarbeiten zu FFT (Kapitel 4) vorgestellt. Die Ausübung von FFT während des automatisierten Fahrens spielt für die Bewältigungsleistung bei der Rückübernahme der Fahraufgabe durch den Fahrer oder die Fahrerin eine zentrale Rolle. Dieser Übernahmeprozess und mögliche Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung werden in Kapitel 5 beschrieben. Die theoretischen Grundlagen der Bewertung von FFT werden in Kapitel 6 thematisiert. Dazu gehören die unterschiedlichen Aufgabencharakteristika von FFT, die Dimensionen des Fahrerzustands¹, die Bestimmungsgrößen menschlicher Leistung, aufgabenunabhängige personenspezifische Einflussfaktoren und Human-Machine Interface (HMI)-Variablen.

Um etwaige Untersuchungslücken in der Literatur zu identifizieren und die Literaturergebnisse mit Erfahrungen aus der Praxis abzugleichen, wurden aufbauend auf die Erkenntnisse der Literaturanalyse Experten und Expertinnen verschiedener Stakeholdergruppen befragt (AP 2). Um ein möglichst ganzheitliches Ergebnis zu erzeugen, fließen in die Katalogerstellung die verschiedenen Stakeholderperspektiven von Original Equipment Manufacturer (OEM), Logistikdienstleistungsunternehmen (LDL), Verkehrssicherheits-, HMI-Experten und Expertinnen sowie von Berufskraftfahrern und -fahrerinnen ein. Im Rahmen der Interviews werden Aspekte thematisiert, wie weitere mögliche Arten von FFT, Anforderungen der

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Bericht ausschließlich bei zusammengesetzten Wörtern, die den Begriff Fahrer enthalten, auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Die Bezeichnungen beziehen sich dennoch gleichermaßen auf alle Geschlechter.

HMI oder Verkehrssicherheit an FFT sowie die Wirtschaftlichkeit der Ausübung von FFT. Der Ablauf der Befragungen und deren Ergebnisse sind in Kapitel 7 dargestellt.

Die im Rahmen der Literaturanalyse sowie den Befragungen gesammelten Erkenntnisse flossen in einen ersten Katalogentwurf ein (AP 3). Der entwickelte Eignungskatalog orientiert sich am Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001), welcher in Kapitel 9.1 vorgestellt wird. Für den Katalogentwurf wurden die identifizierten Variablen in Kategorien und wesentliche Bewertungskriterien überführt und ihre Abhängigkeiten ermittelt. Zur Komplexitätsreduktion und der Auswahl ausschließlich generischer Aufgabencharakteristika wurden nicht alle diskutierten Aspekte in dem erstellten Katalog zur Systematisierung FFT aufgenommen.

Zur Optimierung dieser ersten entwickelten Katalogstruktur (AP 4) wurden Fachkundigenworkshops durchgeführt, mit deren Hilfe der Einstieg in den Katalog, dessen Praxistauglichkeit und Handhabung sowie Verständlichkeit und Vollständigkeit sowie der Nutzen und die Wirtschaftlichkeit von FFT bewertet wurden. Die Ergebnisse der Workshops finden sich in Kapitel 8. Darauf aufbauend wurde der Katalog kontinuierlich verbessert. Die endgültige Katalogstruktur wird in Kapitel 9 beschrieben. Alle in den finalen Katalog aufgenommenen Aufgabenmerkmale und -eigenschaften zur Bestimmung der Fahrer Verfügbarkeit werden im Kapitel 9.5 nochmals aufgegriffen, zudem wird dort auch ihre Operationalisierung sowie Bedeutung für die abschließende Eignungsbeurteilung als FFT für automatisiertes Fahren schwerer Güterkraftfahrzeuge in den Automatisierungsstufen SAE Level 3 und Level 4 erläutert.

Für drei FFT wird exemplarisch die Anwendung des entwickelten Eignungskatalogs (AP 5) in Kapitel 10 beschrieben. Abschließend werden in Kapitel 11 die Limitationen und möglichen Übertragungen sowie Ergänzungen des Katalogs aufgezeigt (AP 5). Eine Zusammenfassung und Schlussfolgerungen finden sich in Kapitel 12.

2 FFT von Fahrern und Fahrerinnen von schweren Güterkraftfahrzeugen

Durch die Fahrzeugautomatisierung wird eine Entlastung des Fahrers oder der Fahrerin von der Fahraufgabe erwartet und damit die Durchführung von FFT ermöglicht. In Kapitel 2.1 wird der Begriff der FFT definiert und von der primären und sekundären Fahraufgabe abgegrenzt. Da die Begriffe Aufgabe und Tätigkeit in unterschiedlichen Disziplinen verschieden besetzt sind, bedarf es eines gemeinsamen Verständnisses des Tätigkeitsbegriffs, welcher im Kapitel 2.2 diskutiert wird. Um zu verstehen, in welche betrieblichen Prozesse der Fahrer oder die Fahrerin schwerer Güterverkehrsfahrzeuge eingebunden ist bzw. werden könnte, wird das Aufgaben- und Tätigkeitsspektrum der Fahrer und Fahrerinnen in der Supply Chain in Kapitel 2.3 beschrieben. Auf die Potenziale, die im Hinblick auf den mit der Ausübung von FFT verbundenen wirtschaftlichen Nutzen in der Literatur diskutiert werden, wird in Kapitel 2.4 näher eingegangen.

2.1 Abgrenzung der FFT (tertiäre Fahraufgabe)

Die primäre Fahraufgabe beinhaltet alle Aufgaben, die zum Manövrieren des Fahrzeugs erforderlich sind (vgl. Kapitel 5). Alle Aufgaben, die das Fahrverhalten verbessern oder die Sicherheit erhöhen, gehören zur Kategorie der sekundären Fahraufgabe (z. B. Aktivieren der Scheinwerfer, Scheibenwischer, Tempomat). Die Bedienung von Infotainment- und Kommunikationssystemen oder das Essen und Trinken werden als tertiäre Fahraufgabe bzw. als fahrfremde Tätigkeit (FFT) bezeichnet. Darüber hinaus sind in der Literatur die Begriffe non-driving related activities/tasks (NDRA/NDRT) oder Nebentätigkeiten zu finden (HUEMER & VOLLRATH 2012: 18; CACILO et al. 2015; HECHT et al. 2020).

In den vergangenen Jahren hat ein Paradigmenwechsel stattgefunden: Der Fahrer oder die Fahrerin ist bei niedrigeren Automatisierungsstufen (unterhalb von SAE Level 3) dauerhaft in der Verantwortung, die Verkehrssituation zu beobachten und die Fahrzeugkontrolle auszuüben. Die Ausführung einer FFT erfolgt damit zeitgleich mit der primären Fahraufgabe (sog. Dual-Task-Paradigma). Durch die zeitlich begrenzte Abwendung der Aufmerksamkeit des Fahrers oder der Fahrerin von der Fahraufgabe hin zu einem Ereignis, einem Objekt oder einer Person kommt es zur Fahrerablenkung (driver distraction), die eines der kennzeichnenden Merkmale des vorgenannten Paradigmas ist. Die Ausführung einer FFT kann sowohl aufgrund eines Ziels des Fahrers bzw. der Fahrerin wie das Anschalten des Radios, einer Situation, wie etwas trinken oder einer „Reaktion auf unkontrollierte, zufällige Ereignisse“ bspw. durch Tiere am Fahrbahnrand (HUEMER & VOLLRATH 2012: 19) erfolgen. Aufmerksamkeitsbeeinträchtigungen, die aufgrund von Alkohol, Drogen oder Müdigkeit zu einem eingeschränkten Fahrerszustand führen, werden nicht als FFT bezeichnet (HUEMER & VOLLRATH 2012: 19).

Beim hochautomatisierten Fahren ist das Task-Switching-Paradigma dominierend (NAUJOKS et al. 2016b). An den Systemgrenzen ist zwar ein Wechsel von der Ausübung der FFT hin zur manuellen Steuerung notwendig, jedoch kann sich zuvor vollständig der Aufgabebearbeitung der FFT zugewendet werden. Daraus, dass der Fahrer oder die Fahrerin sich während der rechtlich zulässigen Ausübung der FFT vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung abwenden darf, resultiert eine größere Bandbreite an vorstellbaren FFT.

Der Deutsche Verkehrssicherheitsrat (2018) definiert FFT als „Tätigkeiten, die nicht mit der Fahrzeugsteuerung durch den/die Fahrzeugführende/n zu tun haben, insbesondere nicht mit der Längs- und Querführung, der Fahrwegplanung, der Überwachung der Umgebung und der Reaktion darauf sowie dem Kommunizieren mit der Umwelt“ (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2018). Diese FFT stehen im Mittelpunkt des Projekts SYMstistik, die neben den bereits heute zulässigen FFT wie die Bedienung des Infotainmentsystems zukünftig auch Tätigkeiten wie Lesen oder Filme schauen umfassen können (BUBB et al. 2015: 20ff; PFLEGING 2015).

Bild 2-1 zeigt für die SAE Level 3 und SAE Level 4 den Wechsel zwischen Phasen, in denen der Fahrer oder die Fahrerin die Fahraufgabe innehat (gelb) und Phasen, in denen er oder sie keine Fahraufgabe übernehmen muss, da der automatisierte Modus eingeschaltet ist (grün), welcher die Fahraufgabe übernimmt. Durch die Entbindung von der eigentlichen Fahraufgabe erhält der Fahrer oder die Fahrerin somit neue Freiheitsgrade, wodurch er oder sie eine FFT durchführen kann, deren Umfang vom Automatisierungsgrad des Fahrzeugs abhängt. In Zeitabschnitten, in denen der Fahrer oder die Fahrerin keine primäre und sekundäre Fahraufgabe ausführen muss, wird die tertiäre Fahraufgabe zur primären Aktivität während des Fahrens. In grauen Zeitabschnitten hat der Fahrer oder die Fahrerin oder das System keine Fahraufgabe (Fraunhofer IAO & Horváth & Partners 2016; PFLEGING et al. 2016: 98; DETJEN et al. 2020: 19ff; BASt 2021).

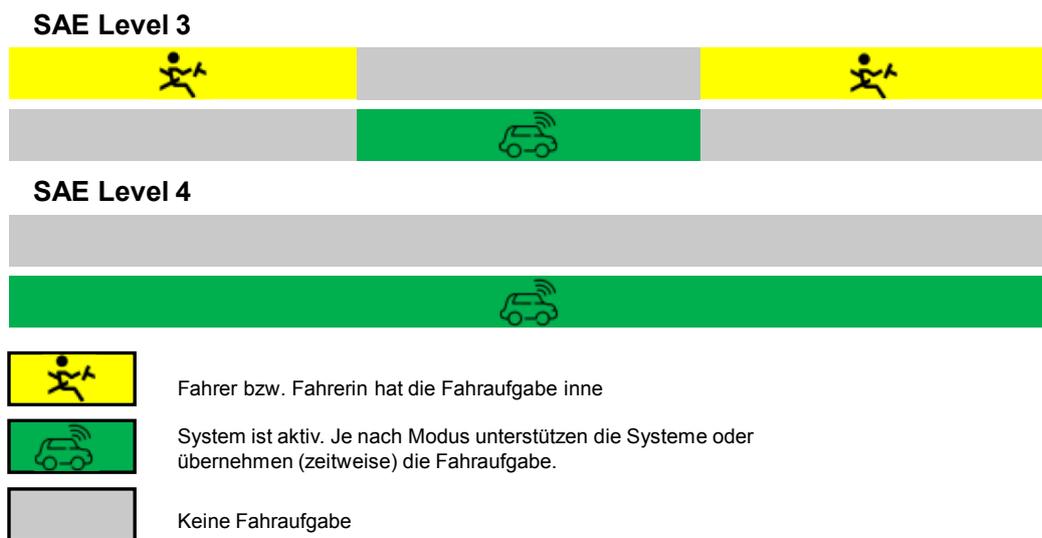


Bild 2-1: Fahraufgaben auf verschiedenen Automatisierungsstufen (eigene Darstellung nach BASt 2021)

2.2 Tätigkeit, Aufgabe, Prozess: Eine Begriffsabgrenzung

Zur Beschreibung und Bewertung von FFT bedarf es zunächst eines gemeinsamen Verständnisses der Begrifflichkeiten Tätigkeit, Aufgabe und Prozess. Da das Tätigkeitsspektrum von Fahrern und Fahrerinnen von schweren Güterkraftfahrzeugen betrachtet werden soll, muss dies auch aus einer betrieblichen Perspektive erfolgen.

Tätigkeit bedeutet laut Duden das Tätigsein bzw. das Sichbeschäftigen mit etwas (Bibliographisches Institut GmbH 2022b). Es kann aber auch die Gesamtheit derjenigen Verrichtungen, mit denen jemand in Ausübung seines Berufs zu tun hat, die Arbeit, oder das In-Betrieb-Sein, In-Funktion-Sein bezeichnen. Der Tätigkeitsbegriff und der Aktivitätenbegriff werden in der Literatur häufig für die Beschreibung desselben Sachverhalts verwendet. Gemäß BECKER (2005: 6) ist „eine Aktivität bzw. eine Funktion [...] ein Arbeitsschritt, der zur Erbringung einer Leistung durchgeführt werden muss“. Diese Aktivitäten sind elemen-

tare Bestandteile einer Aufgabe und bilden „die Grundbestandteile eines (Arbeits-) Prozesses“ (BECKER 2005: 6). Von einem Prozess wird in der Psychologie auch auf der intellektuellen Regulationsebene gesprochen (VOLPERT (1975: 134) und siehe auch Kapitel 6.1). In der betrieblichen Prozessbetrachtung stellen Tätigkeiten den kleinstmöglichen Baustein eines Prozesses dar (Bild 2-2). Tätigkeiten beziehen sich daher immer auf zu bearbeitende Aufgaben, die hinsichtlich objektiver Eigenschaften beschrieben werden können, weshalb im vorliegenden Bericht sowohl die Begriffe Tätigkeit als auch Aufgabe verwendet werden. Zu den objektiven Eigenschaften von Aufgaben zählen u. a. Aspekte wie die Aufgabenschwierigkeit oder die Menge der Informationen, die verarbeitet werden muss (siehe dazu bspw. Kapitel 6.2.9).

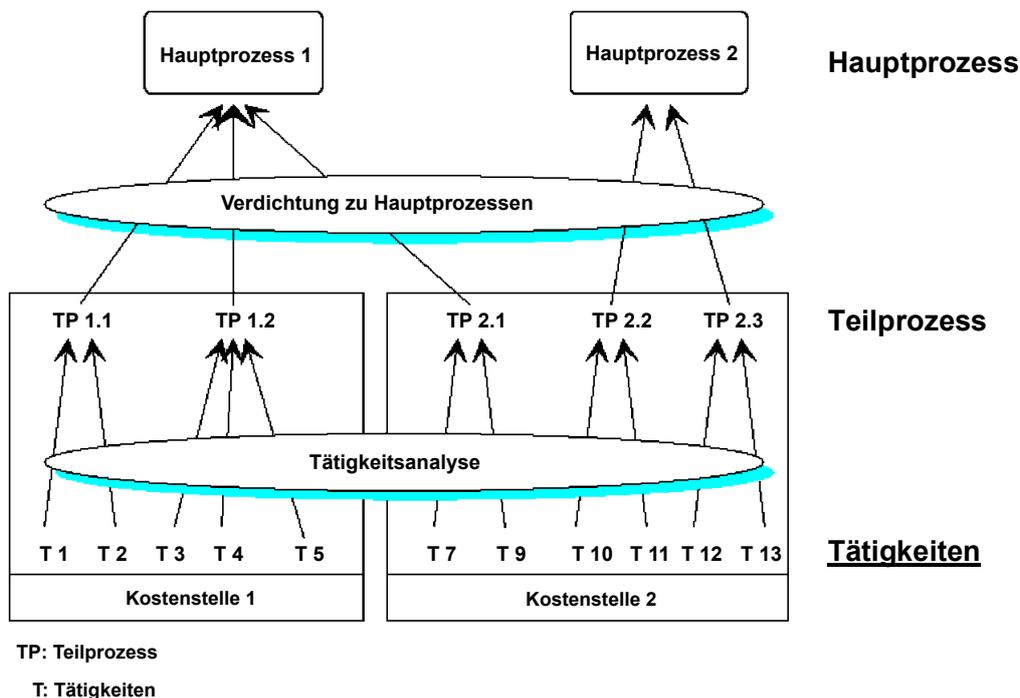


Bild 2-2: Tätigkeiten in der Prozessorganisation (FLÄMIG 1993)

Bild 2-2 veranschaulicht diese Zuordnung von Tätigkeiten als kleinsten Baustein zu Teilprozessen mithilfe einer Tätigkeitsanalyse für die Prozesskostenrechnung. Diese Teilprozesse werden anschließend zu Hauptprozessen verdichtet (FRANZ 1990: 112; FLÄMIG 1993). Ein Prozess ist hierbei eine „inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objektes notwendig sind“ (BECKER 2005: 6). In der Psychologie lassen sich Tätigkeiten hingegen weiter untergliedern in Teiltätigkeiten (TTK) auf der Ebene der flexiblen Handlungsmuster und Tätigkeitselemente auf der sensomotorischen Regulationsebene (Kapitel 6.1) (VOLPERT 1975: 134; FRIELING & SONNTAG 1999). Denn in der Regel existieren flexible Handlungsmuster zur Prozesserrfüllung, die durch das Ausüben von Tätigkeiten bzw. Aktivitäten zur Teil- bzw. Zwischenzielerreichung ausgeführt werden. Bspw. ist zur Erfüllung des Prozesses der Angebotserstellung unter anderem die Ausübung unterschiedlicher Tätigkeiten wie die Bewertung der Priorität der Aufträge, die Disposition der Aufträge und die Überprüfung der Einhaltung der Liefertermine notwendig.

Jede Tätigkeit beansprucht für ihre Wahrnehmung einen oder mehrere Verarbeitungskanäle (visuell, kognitiv, akustisch und motorisch) (FITZEN et al. 2018). Dies wird im Kapitel 6.2.8 detaillierter erläutert.

Für die eigentliche Erbringung der TTK wiederum sind auf der sensomotorischen Regulationsebene nach REFA (2015) motorische Grundbewegungen notwendig, wie die Bewegung des Hand-Arm-Systems, Blickfunktion und Ganzkörper-Bein und Fußbewegung.

Daraus ergeben sich hinsichtlich des weiteren Forschungsverlaufs und der Ausgestaltung des Katalogs folgende Ableitungen:

- Ein Hauptprozess besteht aus unterschiedlichen Tätigkeiten, die zur Erfüllung einer zielorientierten Aufgabe notwendig sind. Die FFT hat ein festes Handlungsziel mit gewissen Variationsmöglichkeiten und lässt sich daher der Ebene der flexiblen Handlungsmuster zuordnen.
- Die kleinste Einheit einer FFT stellt die sensomotorische Regulationsebene dar, die jedoch im weiteren Forschungsverlauf nicht näher betrachtet wird.

2.3 Die Rolle von Fahrer und Fahrerin in der Supply Chain

Für die umfassende Sammlung von FFT mit dem Fokus auf den Anwendungsfall der schweren Güterkraftfahrzeuge wurden relevante Literaturquellen, Datenbanken, Normen oder Richtlinien herangezogen sowie Forschungsberichte ausgewertet und Ausbildungsverordnungen analysiert (HEESEN 2014: 35ff; VOSS 2019: 92ff.). Dafür wurden Datenbanken wie EBSCOhost, TEMA Technik und Management, die Elektronische Zeitschriftenbibliothek (EZB), Google Scholar sowie die Bibliothek der Technischen Universität Hamburg (TUHH) genutzt und nach Begriffen wie Tätigkeiten, Berufskraftfahrer bzw. -fahrerinnen, FFT/NDRA/NDRT, driver distraction, sekundäre/tertiäre Tätigkeit, logistische Prozesse oder Transport durchsucht. Für eine umfangreiche Aufnahme aller möglichen Tätigkeiten des Berufskraftfahrers oder der Berufskraftfahrerin erfolgte auch die Betrachtung von Tätigkeiten, die heute dem Transport vor- und nachgelagerten Prozessen zugeordnet sind und bspw. in der Disposition des Unternehmens stattfinden und gegebenenfalls während der Fahrt durchführbar wären. Die Qualifikationen des Berufskraftfahrers oder der Berufskraftfahrerin wurden der Berufskraftfahrerqualifikationsverordnung (BKrFQV) entnommen und mit Aspekten des Berufsbilds des Berufskraftfahrers bzw. der Berufskraftfahrerin beim Kraftfahrtbundesamt sowie anderen relevanten Ausbildungsverordnungen und -inhalten des Bundesinstitutes für Berufsbildung ergänzt. Relevante Tätigkeiten in den vor- und nachgelagerten Prozessen wurden Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), wie z. B. der 4405 oder 4490, entnommen.

Lkw-Fahrer oder Lkw-Fahrerinnen übernehmen in der Regel neben der primären Fahrtätigkeit weitere Aufgaben im Rahmen der logistischen Dienstleistungserbringung. Der Workflow eines gewerblichen Lkw-Fahrers oder einer Lkw-Fahrerin sieht aktuell in der Regel wie folgt aus: Der Fahrer oder die Fahrerin erhält von seinem oder ihrem Disponenten oder Disponentin Informationen über die Tour und die zu transportierenden Güter. Anschließend fährt er bzw. sie das Fahrzeug zur Ladestelle und erhält dort die Warenbegleitpapiere (z. B. Frachtbrief oder Lieferschein). Nach Überprüfung der Dokumente mit der zu verladenden Ware, erfolgt die Beladung des Fahrzeugs, wobei der Lkw-Fahrer oder die Lkw-Fahrerin für die Ladungssicherung zuständig ist. Nach der Beladung fährt er oder sie zur Entladestelle, entlädt oder lässt den Lkw entladen und lässt sich die Anlieferung quittieren. Die Lieferscheine werden im Anschluss an das Unternehmen zur Abrechnung weitergegeben (TRÖSTERER et al. 2017: 203; FLÄMIG et al. 2020). Während der Fahrt können weitere Tätigkeiten außerhalb des Fahrzeugs notwendig werden, wie bspw. das Tanken oder die Fahrzeugkontrolle.

Tätigkeiten von Lkw-Fahrern oder Lkw-Fahrerinnen werden in der BKRfQV festgelegt. Sie müssen sich z. B. mit den Bereichen Ladungssicherung, Vorschriften im Güterkraftverkehr, dem Verhalten bei Kunden und Kundinnen sowie der Fahrzeugwartung, -pflege und -instandhaltung auskennen. Ziel der Ausbildung zum Führen eines Fahrzeugs über den Führerschein hinaus ist es, dass der Fahrer oder die Fahrerin Risiken im Straßenverkehr vorhersehen, bewerten, sich daran anpassen und bewältigen kann. Um Gesundheitsschäden vorzubeugen, lernt der Fahrer oder die Fahrerin, wie er bzw. sie gesundheitsbedenkliche Haltungen und Bewegungen vermeiden kann. Der Fahrer oder die Fahrerin muss weiterhin wissen, welche Dokumente im Fahrzeug mitzuführen sind oder wie Frachtbriefe und besondere Begleitdokumente für die Güter geprüft oder beantragt werden sollen. Das Hauptaugenmerk der BKRfQV liegt allerdings auf Aufgaben, die das eigentliche Fahren, wie die Fähigkeit, das Fahrzeug mit einer konstanten Geschwindigkeit zu führen oder einen geeigneten Abstand zu anderen Fahrzeugen einzuhalten, betreffen (BKRfQV 2020: 7ff.).

Bild 2-3 zeigt exemplarisch fahrer- bzw. fahrerinnenrelevante Tätigkeiten einer generischen Supply Chain. Von der Produktion bis zur Filiale durchlaufen die Güter verschiedene Prozesse. Für die vorliegende Arbeit sind dabei die logistischen Hauptprozesse Warenausgang, Transport und Wareneingang am relevantesten. Neben dem reinen Gütertransport von A nach B übernimmt der Fahrer oder die Fahrerin unterschiedliche Tätigkeiten. Zusätzlich zur Tätigkeit des Fahrens ist der Fahrer oder die Fahrerin bspw. für die Fahrzeugkontrolle, die Planung der Route und Dokumentation sowie für weitere administrative Tätigkeiten zuständig. Im Warenein- sowie -ausgang sind neben der Be- und Entladung auch administrative Tätigkeiten wie die Überprüfung von Frachtpapieren oder die Anforderung einer Empfangsbestätigung des Empfängers oder der Empfängerin notwendig. Mit dem Vorschreiten der Automatisierung der Fahrzeuge werden die Tätigkeiten des Lkw-Fahrers oder der Lkw-Fahrerin parallelisiert und dezentralisiert (FLÄMIG 2015: 389ff.).

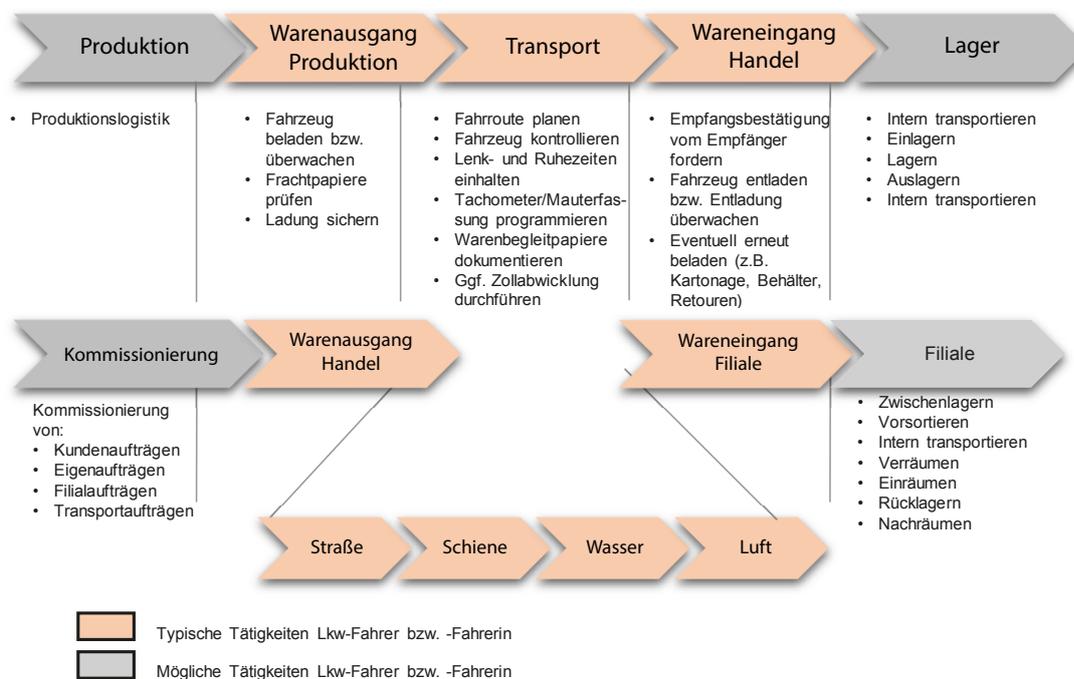


Bild 2-3: Relevante Tätigkeiten für den Fahrer bzw. der Fahrerin in der Supply Chain (eigene Darstellung nach FLÄMIG 2015: 389)

2.4 Möglicher wirtschaftlicher Nutzen von FFT

Für eine Eingrenzung der im Kapitel 2.3 angeführten Tätigkeiten von Berufskraftfahrern und Berufskraftfahrerinnen wurden weitere Studien ausgewertet, die sich explizit mit der Frage beschäftigen, welcher Nutzen mit der Ausübung einer FFT verbunden sein könnte.

Für den Logistiksektor könnten sich mit dem Einsatz von Lkw mit SAE Level 3 oder Level 4 neue Möglichkeiten eröffnen. Durch die Optimierung des Verkehrsflusses und dem daraus resultierenden Zeitgewinn bei einer sehr hohen Durchdringung automatisiert fahrender Fahrzeuge könnte die Planungszuverlässigkeit erhöht und der Transportprozess optimiert werden. Ein weiterer Zeitgewinn könnte durch eine Park- und Routenoptimierung und die Möglichkeit von sichereren Nachtfahrten erzielt werden. Sollten automatisierte Fahrphasen als Ruhezeiten anerkannt werden, so können die zeitlichen Einschränkungen durch die Lenkzeitbeschränkungen wegfallen bzw. verringert werden. Die automatisierten Lkw haben einen geringeren Kraftstoffverbrauch sowie geringere Ausfallzeiten und verbessern durch die erwartete Reduzierung der Unfallzahlen auch die Versicherungskonditionen. Nachteile der automatisierten Fahrzeuge sind vor allem die hohen Kosten für die Anschaffung und Wartung oder für Systemaktualisierungen. Des Weiteren kann eine nicht ausreichende Systemverfügbarkeit der Fahrzeuge aufgrund von bspw. Systemausfällen oder Hackerangriffen deren Einsatz unmöglich machen. Die Systeme sind teilweise nicht kompatibel und unter Umständen durch das Fehlen internationaler Standards und Rechtsnormen nicht international einsetzbar.

Logistikunternehmen führen darüber hinaus an, dass der Fahrer oder die Fahrerin durch die Systembedienung oder auch durch fehlende Kenntnisse mit der Ausführung von FFT überfordert sein könnte und die Zugangsbedingungen zur Fahrerlaubnis sich verschärfen könnten (PAGENKOPF et al. 2018). Lkw-Fahrer und Lkw-Fahrerinnen äußerten in einer Umfrage zur Akzeptanz und zu Bedenken bezüglich des hochautomatisierten Fahrens im Jahr 2016 vor allem Unsicherheiten bezüglich des Softwarehackings und Missbrauchs und haben Angst, die Freude am Fahren zu verlieren oder durch die automatisierten Systeme ersetzt zu werden (RICHARDSON et al. 2016: 482). Positiv wird erwähnt, dass sich der Fahrer bzw. die Fahrerin während automatisierter Fahrphasen entspannen kann, was zu einer Stressreduzierung führt. Hierdurch kann seine bzw. ihre Zufriedenheit mit der Arbeit und seinem bzw. ihrem Unternehmen ansteigen (RICHARDSON et al. 2016: 482; TRÖSTERER et al. 2017: 207).

Fuhrparkmanager bzw. -managerinnen können sich als FFT bspw. vorstellen, dass Fahrer oder Fahrerinnen administrative Tätigkeiten durchführen, wenn das Fahrzeug selbstständig fährt (RICHARDSON et al. 2016: 482). Sollte der Fahrer bzw. die Fahrerin zusätzliche (wirtschaftliche) Tätigkeiten übernehmen, so steigt seine bzw. ihre Produktivität an und erhöht zeitgleich auch die Produktivität des Unternehmens. Die neuen Anforderungen an Berufskraftfahrer und Berufskraftfahrerinnen sollten dabei im Qualifizierungs- und Berufsprofil der Lkw-Fahrer bzw. Lkw-Fahrerinnen sowie in seiner bzw. ihrer Ausbildung berücksichtigt werden (PAGENKOPF et al. 2018). Aus Unternehmenssicht könnte durch FFT, die der Fahrer bzw. die Fahrerin ausführt, eine zeitliche und finanzielle Ersparnis erzielt werden. Durch die effizientere Ausnutzung der Arbeitszeit der Lkw-Fahrer bzw. Lkw-Fahrerinnen kann das Unternehmen seine Prozesse optimieren, wodurch es wirtschaftlicher agieren kann. Durch die Übernahme von FFT und dem damit einhergehenden Job-Enrichment könnte sich das Berufsbild und die -qualifizierung der Fahrer und Fahrerinnen verbessern, wodurch die Problematik des Personalmangels entspannt werden könnte (Wissenschaftlicher Beirat beim BMVI 2017; PAGENKOPF et al. 2018).

Gemäß PAGENKOPF et al. (2018) müsste die Fahrerkabine für die Erledigung von wirtschaftlichen FFT mit unterschiedlichen Geräten ausgestattet werden. Neben der bereits heute verbauten Navigationssoftware, dem Rundfunk und dem digitalen Tachografen müssten noch ein PC mit ein bis zwei Bildschirmen sowie der benötigten Software und Zugang zum Firmenserver oder zur Frachtenbörse sowie ein Multifunktionsdrucker im Fahrzeug vorhanden sein. Neben der Ausstattung mit dem Telefon muss auch eine durchgehende Internetverbindung vorhanden sein. Für Aufgaben des Buchhaltungswesens wären darüber hinaus Aktenvernichter, Aktenschränke und ein Transaktionsnummer-Gerät (TAN) bereitzustellen (PAGENKOPF et al. 2018). Wenn der PC oder das Tablet z. B. in der Mittelkonsole des Fahrzeugs verbaut ist, könnte die Durchführung einer länger andauernden FFT anstrengend und unkomfortabel für den Fahrer bzw. der Fahrerin sein (FELDHÜTTER et al. 2018a). Die Motivation während der Fahrt zu arbeiten wird durch ausreichend Komfort des Fahrzeugs und Privatsphäre erhöht (HECHT et al. 2020: 182).

In einer Umfrage unter Lkw-Fahrern und Lkw-Fahrerinnen zur Akzeptanz für mobile Arbeitsplätze in automatisierten Fahrzeugen (Level 4) wurde eine Gesamtakzeptanz von 45 % ermittelt. Vor allem bei Fahrern und Fahrerinnen im höheren Alter war der Großteil der Befragten skeptisch. Allerdings variierten die Einschätzungen sehr stark und es konnte etwas mehr als ein mittelgroßes Interesse an der neuen Technologie identifiziert werden. Fahrer und Fahrerinnen, die ein hohes Vertrauen in die Technik haben, hatten insgesamt positivere Erwartungen (FRÖHLICH et al. 2018: 134). Doch nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht bietet die Ausübung von FFT einen Mehrwert. Wenn das Fahrzeug automatisiert fährt und der Fahrer oder die Fahrerin von der primären und sekundären Fahraufgabe entbunden ist, er oder sie allerdings keine FFT ausübt, steigt durch die Monotonie in der Regel sein oder ihr Müdigkeitsniveau. Eine interessante und motivierende FFT kann daher die Aufmerksamkeit und Aktivierung des Fahrers oder der Fahrerin erhöhen und seine oder ihre Müdigkeit reduzieren (SCHÖMIG 2015).

Die im Rahmen der Literaturanalyse identifizierten Potenziale hinsichtlich eines wirtschaftlichen Nutzens von FFT wurden im weiteren Projektverlauf evaluiert. Die Aspekte der Anforderungen an Fahrzeugsysteme wurden für die gesamtheitliche Betrachtung des Themenfelds FFT mit aufgenommen, die genaue technische Ausgestaltung der Systeme und Fahrerkabine ist allerdings nicht Gegenstand des Forschungsprojekts SYMtastik.

3 Normung und Regelungsstand des automatisierten Fahrens

Nachfolgend werden die für das Verständnis des Berichts wichtigen Normen sowie gesetzlichen Regelungen zum automatisierten Fahren beschrieben.

3.1 Normung zur Charakterisierung der Automatisierungsstufen

Der Automatisierungsgrad eines Fahrzeugs wird in der Normung der Standardisierungsorganisation SAE International in sechs Kategorien unterteilt. Die SAE-Norm J3016, die einen gesetzlich unverbindlichen Charakter hat, orientiert sich bei der Einteilung der Stufen am Bericht von GASSER (2012: 14ff.) und erweitert diese um die Stufe bzw. das Level 5.

Die SAE-Level unterscheiden sich hinsichtlich der Verantwortlichkeit des Fahrers bzw. der Fahrerin sowie des automatisierten Fahrsystems für die Quer- (Lenken) und Längsführung (Bremsen und Beschleunigen) des Fahrzeugs und die Objekt- und Ereigniserkennung sowie der Reaktion (Object and Event Detection and Response (OEDR)) darauf (SAE International 2021: 24). Bei dem Erkennen einer Systemgrenze oder bei einem Systemausfall muss gewährleistet werden, dass eine Rückfallebene vorhanden ist, die die Fahrzeugsteuerung wieder übernimmt oder das Fahrzeug in den risikominimalen Zustand versetzt. Diese Aufgabe kann entweder vom Fahrer bzw. der Fahrerin oder vom automatisierten Fahrsystem wahrgenommen werden. Ein weiterer Unterschied besteht hinsichtlich des Vorhandenseins einer Einschränkung der Nutzung des automatisierten Fahrsystems auf bestimmte Betriebsbereiche (Operational Design Domains (ODDs)) (SAE International 2021: 24). Als ODD wird ein bestimmter Betriebsbereich oder eine Betriebsbedingung bezeichnet, in welcher das automatisierte Fahrsystem aufgrund seiner Ausgestaltung funktionieren soll (SAE International 2021: 17).

Im Projekt SYMTastik liegt der Fokus auf den SAE Level 3 und Level 4, da erst ab diesen Level keine dauerhafte Überwachung des automatisierten Fahrsystems mehr notwendig ist und der Fahrer oder die Fahrerin sich vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung abwenden und somit FFT ausführen kann. Daher wird auf die SAE Level 3 und Level 4 nachfolgend vertieft eingegangen. Die aufgeführten Merkmale der Level stellen dabei lediglich Mindestanforderungen an die Systeme und nicht deren maximal mögliche Ausgestaltung dar (SAE International 2021: 24).

Bei SAE Level 3 ist das automatisierte Fahrsystem für die Quer- und Längsführung sowie die OEDR verantwortlich und muss in der Lage sein, seine Funktionsgrenzen rechtzeitig zu erkennen, um eine Rückübergabe an die fahrzeugführende Person mit ausreichend Vorlaufzeit anzukündigen. Bei SAE Level 3 kann das automatisierte Fahrsystem nur in festgelegten ODDs verwendet werden (SAE International 2021: 33). Die fahrzeugführende Person kann bei SAE Level 3 zeitweise von der primären Fahraufgabe entbunden werden (Deutscher Bundestag 2021: 7; SAE International 2021: 24). Eine automatisierte Fahrfunktion der Automatisierungsstufe SAE Level 3 ist nicht in der Lage, beim Erreichen von Systemgrenzen die Fahrzeugführung weiterhin auf Dauer zu gewährleisten. Diese Aufgabe muss der Fahrer oder die Fahrerin übernehmen, wobei dieser oder diese mit ausreichend Vorlaufzeit zu warnen ist. Sollte der Fahrer oder die Fahrerin dieser Aufforderung nicht nachkommen oder sollte die kritische Situation plötzlich auftreten und eine Übergabe an

den Fahrer oder die Fahrerin daher nicht mehr möglich sein, so greift die Failure Mitigation Strategy (Strategie zur Eindämmung von Fehlern), die das Fahrzeug kontrolliert anhält (Deutscher Bundestag 2021: 8; SAE International 2021: 10).

Fahrzeuge mit SAE Level 4 sind ebenfalls für die Längs- und Querverführung sowie die OEDR verantwortlich. Im Gegensatz zur automatisierten Fahrfunktion bei SAE Level 3 ist bei SAE Level 4 die automatisierte Fahrfunktion in der Lage, innerhalb der ODD das Fahrzeug in den risikominimalen Zustand zu versetzen. Innerhalb seiner ODDs wird vom System nicht erwartet, dass der Nutzer bzw. die Nutzerin auf etwaige Übernahmeaufforderungen reagiert. Genau wie bei SAE Level 3 kann das Fahrzeug nur in festgelegten ODDs mit SAE Level 4 betrieben werden. Soll das Fahrzeug seine Fahrt ohne Zwischenstopp über die Grenzen der ODD hinaus fortsetzen, muss, nach Aufforderung durch das System, die Fahrzeugsteuerung wieder von einem Fahrer oder einer Fahrerin übernommen werden. Falls das System bei SAE Level 4 ausschließlich innerhalb der ODD betrieben wird, ist die Anwesenheit eines Fahrers bzw. einer Fahrerin im Fahrzeug nicht mehr zwingend erforderlich, das heißt, das Fahrzeug könnte innerhalb seiner ODD fahrerlos fahren (SAE International 2021: 32).

Fahrzeuge mit SAE Level 5 erfüllen dieselben Anforderungen wie Fahrzeuge bei SAE Level 4, allerdings fällt bei SAE Level 5 die Beschränkung des Fahrzeugeinsatzes auf bestimmte ODDs weg. Fahrzeuge mit SAE Level 5 können sich überall auf der Straße und unter allen Straßenbedingungen bewegen, unter denen ein herkömmliches Fahrzeug von einem typischerweise ausgebildeten menschlichen Fahrer oder Fahrerin betrieben werden kann (SAE International 2021: 32).

3.2 Regelungsstand des automatisierten Fahrens

Der Regelungsstand des automatisierten Fahrens ist in Deutschland im Straßenverkehrsgesetz (StVG) dargelegt und für Deutschland verbindlich.

In den letzten Jahren wurde durch Gesetzesänderungen zunehmend der rechtliche Rahmen für den Einsatz von Fahrzeugen mit SAE Level höher als 2 geschaffen. Die Änderung der Wiener Straßenverkehrskonvention ist am 23. März 2016 in Kraft getreten und schafft Rechtssicherheit für den Einsatz von Fahrzeugen mit SAE Level 3. Das Wiener Übereinkommen wurde dahingehend ergänzt, dass die Fahrzeugführung nicht mehr ausschließlich dem Fahrer oder der Fahrerin obliegt, sondern durch technische Systeme übernommen werden darf. Die Systeme müssen dabei jederzeit vom Fahrer oder der Fahrerin übersteuer- und abschaltbar sein (Deutscher Bundestag 2016). Mit dem achten Gesetz zur Änderung des StVG vom 16. Juni 2017 wurde §1a-§1c in das StVG aufgenommen, wodurch die grundsätzliche Zulässigkeit des Betriebes von Kraftfahrzeugen mit SAE Level 3 und Level 4 gewährleistet wird (BRD 2017). §1b StVG regelt die Rechte und Pflichten des Fahrers oder der Fahrerin bei der Nutzung von SAE Level 3 und SAE Level 4 Fahrfunktionen. Gemäß StVG §1a-c zum automatisierten Fahren bei Fahrsystemen mit SAE Level 3 und SAE Level 4 hat der Fahrer oder die Fahrerin das Recht, sich vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung abzuwenden. Dabei müssen sie derart wahrnehmungsbereit bleiben, dass sie der Pflicht, die Fahrzeugsteuerung unverzüglich wieder zu übernehmen, jederzeit nachkommen können. Die automatisierte Fahrfunktion muss dabei jederzeit vom Fahrer oder der Fahrerin übersteuer- und deaktivierbar sein und die Einhaltung der geltenden Verkehrsvorschriften gewährleisten (Deutscher Bundestag 2018: 18).

Um Automatisierungslevel ab SAE Level 4 rechtlich zu ermöglichen, trat am 28. Juli 2021 das Gesetz zur Änderung des StVG und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum

autonomen Fahren in Kraft, welche den Rechtsrahmen für den Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion (SAE Level 4) in festgelegten Betriebsbereichen schafft (BMVI 2021). Dieses ergänzt das StVG um die §1d bis §1l und regelt den Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion. Diese fahrerlose Fahrfunktion ist nur eine der möglichen Betriebsarten von SAE Level 4 Fahrsystemen. Da im Rahmen des Projekts eine Eignungsbeurteilung der Fahrerverfügbarkeit auch für SAE Level 4 erfolgen soll, wird davon ausgegangen, dass sich bei SAE Level 4 ein Fahrer oder eine Fahrerin an Bord des Fahrzeugs befindet und keine Technische Aufsicht außerhalb des Fahrzeugs zum Einsatz kommt. Daher finden die §1d bis §1l StVG keine Berücksichtigung im Projekt, da diese sich auf Fahrzeuge ohne Fahrer oder Fahrerin beziehen.

Auch bei SAE Level 4 muss der Fahrer oder die Fahrerin laut §1b StVG wahrnehmungsbereit sein, da er oder sie außerhalb der ODDs die Fahrzeugsteuerung wieder übernehmen muss. Wesentlicher Unterschied bei SAE Level 3 und Level 4 ist – wie oben beschrieben – die Verantwortlichkeit des Fahrers bzw. der Fahrerin als Rückfallebene zu dienen. Auch wenn der Fahrer oder die Fahrerin bei SAE Level 4 nicht mehr als Rückfallebene dient, so muss er oder sie in der Lage sein, die Fahrzeugsteuerung zu übernehmen, wenn vermieden werden soll, dass beim Erreichen der ODD-Grenze das Fahrzeug durch das System in einen risikominimalen Zustand überführt wird und stoppt.

Insgesamt ist eine Vielzahl von Szenarien mit unterschiedlichen Fahrtverläufen mit Fahrtanteilen bei SAE Level 3 und/oder Level 4 denkbar. Bei Szenarien, bei denen ein hoher Anteil der Gesamtfahrstrecke mit SAE Level 0 und nur ein kleiner Anteil mit SAE Level 4 durchgeführt wird, wäre die Anwesenheit eines Fahrers oder einer Fahrerin wichtig. Auch wenn das Fahrzeug sich bei SAE Level 4 in den risikominimalen Zustand versetzen kann, so wäre es wünschenswert, dass beim Verlassen der ODD der Fahrer oder die Fahrerin die Fahrzeugsteuerung direkt wieder übernehmen kann, was für die Anwesenheit eines Fahrers oder einer Fahrerin spricht. Bei Szenarien, bei denen ein häufiger Wechsel zwischen den Automatisierungslevel erfolgt, erscheint es ebenfalls sinnvoll, dass sich ein Fahrer oder eine Fahrerin an Bord des Fahrzeugs befindet, da das Fahrzeug ansonsten häufig anhalten muss, wenn der Fahrer oder die Fahrerin erst bei Erreichen der Grenze der ODDs zusteigt. Der Fahrer oder die Fahrerin wird bei SAE Level 4 mit ausreichend Vorlaufzeit vor dem Erreichen der Grenzen der ODD gewarnt. Theoretisch könnte bis zum Erreichen der ODD-Grenze der Fahrer oder die Fahrerin FFT ausüben, weshalb eine Beurteilung der Eignung weiterhin notwendig scheint. Bei Szenarien, die ausschließlich das SAE Level 4 nutzen, scheint der Einsatz eines Fahrzeugs ohne Fahrer oder Fahrerin sinnvoll, da sich das Fahrzeug bspw. nur auf einer vorher festgelegten Route oder in einem abgegrenzten Bereich (z. B. Campus, Militärbasis) bewegt und daher dauerhaft die Funktionen des SAE Level 4 genutzt werden können (SAE International 2021: 31).

Die sprachliche Unterscheidung der Automatisierungsstufen der SAE hat in der Vergangenheit zu Missverständnissen geführt. Für die Gewährleistung einer Konsistenz wird die numerische Bezeichnung der Level oder der Stufe empfohlen (Deutscher Bundestag 2021: 10). Im vorliegenden Forschungsbericht wird die Benennung der Automatisierungslevel entsprechend der SAE-Bezeichnungen genutzt.

4 Einschlägige Forschungsarbeiten zu FFT

In den vergangenen Jahren wurden FFT in einer Vielzahl von Projekten und Veröffentlichungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet. Einige der bei der Katalogerstellung berücksichtigten Literaturquellen bzw. der in der einschlägigen Literatur enthaltenen FFT werden im Folgenden detaillierter vorgestellt.

Zielstellung des Projekts Kooperatives, hochautomatisiertes Fahren (Ko-HAF), welches zwischen Juni 2015 und November 2018 durchgeführt wurde, war das Ermöglichen eines sicheren hochautomatisierten Fahrens auch bei höheren Geschwindigkeiten. Ein wichtiger Untersuchungsaspekt war die Analyse der Rolle des Menschen sowie dessen Schläfrigkeit und Ermüdung beim hochautomatisierten Fahren. Zusätzlich wurden unterschiedliche FFT während der automatisierten Fahrt sowie HMI-Konzepte für die Rückübernahme der Fahraufgabe untersucht (HOHM et al. 2019). Berücksichtigte FFT bei den durchgeführten Versuchen waren dabei bspw. einen Podcast hören, Musik hören, eine Zeitschrift lesen, eine Rechenaufgabe ausführen, ein Video ansehen, ein Spiel spielen, Sätze sprechen, eine E-Mail schreiben oder einen Nachrichtentext lesen. Zusätzlich erfolgte im Rahmen des Projekts eine Sammlung natürlicher und standardisierter FFT. Bei den natürlichen FFT wurden dabei FFT wie die Bedienung von Informations- und Kommunikationssystemen/Infotainment im Fahrzeug, lesen, schminken, DVD schauen, Smartphone nutzen, eine App bedienen, ein Ziel im Navigationsgerät eingeben, eine Quizaufgabe lösen, einen Text vorlesen, Fragen beantworten, essen, Computer spielen, Musik hören, telefonieren, SMS schreiben, eine Telefonnummer wählen oder im Internet recherchieren genannt.

Im Rahmen von Ko-HAF wurde auch der Einfluss verschiedener Arten der FFT auf das Übernahmeverhalten sowie den Zusammenhang von Übernahmezeit und -qualität bei manueller und automatisierter Fahrt untersucht. Dabei wurde kein nennenswerter Einfluss von FFT auf das Übernahmeverhalten ermittelt, da die Übernahmereaktionszeit bei den betrachteten FFT weniger als drei Sekunden betrug (WEIDL 2019: 19). Ebenso führte die Nutzung von Geräten, die in der Hand gehalten werden (Handhold Devices) zu keiner Verzögerung der Bremsreaktion. Allerdings verzögerte sich die Übernahme des Lenkrads nach einer Übernahmeaufforderung (Take-Over-Request (TOR)). Insgesamt wurde eine gute Kontrollierbarkeit der Übernahmen ohne Schreckreaktionen festgestellt. Die FFT beeinflusste zwar das Blickverhalten, hatte jedoch keine großen Auswirkungen auf die Übernahmeleistung. Freiwillig ausgeübte FFT führten im Durchschnitt zu schnelleren Reaktionszeiten beim Bremsen (WEIDL 2019).

Im Projekt „Technologie für automatisiertes Fahren, die nutzergerecht optimiert wird (TANGO)“ (Tango 2017) wurde während der Projektlaufzeit (Dezember 2016 bis Mai 2020) das Ziel verfolgt, das Erlebnis der Nutzer und Nutzerinnen und die Akzeptanz der automatisierten Fahrfunktionen zu verbessern. Im Rahmen des Projekts wurde ein Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistent entwickelt, welcher berufliche und private FFT unter Berücksichtigung des Fahrerzustands, dem genutzten Interaktionskanal, dem Assistenzlevel sowie der Fahrsituation zulässt. Dabei wurde festgestellt, dass die Ausübung einer FFT sinnvoll sein kann, um dem Fahrer oder der Fahrerin Beschäftigung zu bieten, wobei die Unterbrechbarkeit der FFT als wichtiges Kriterium gilt (STIMM 2020). Zusätzlich wurden die Auswirkungen von FFT und verschiedenen Displaypositionen auf die Motion Sickness und die Aufmerksamkeit des Fahrers oder der Fahrerin untersucht (MICHEL 2020) (näher erläutert in Kapitel 6.3.4). Der Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistent und die FFT wurden hinsicht-

lich ihrer Akzeptanz sowie User Experience untersucht (WÖGERBAUER 2020). Darüber hinaus wurden Bedürfnisse von Lkw-Fahrern und Lkw-Fahrerinnen als Nutzer und Nutzerinnen an einen Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten ermittelt (STIMM 2020). Aus dem Projekt heraus ist die Veröffentlichung von PAGENKOPF et al. (2018) als relevant für das Forschungsprojekt SYMtastik zu nennen. Die Autoren und Autorinnen stellen zwei Studien vor, die im Rahmen des TANGO Projekts erstellt wurden. Dabei wurden für beide Studien leitfadengestützte Interviews mit Speditionsleitenden und -mitarbeitenden durchgeführt. In der ersten Studie wurden die Einstellungen und die Akzeptanz von Fahrzeugbeschaffenden hinsichtlich des automatisierten Fahrens von Lkw untersucht. Als wichtigste Einflussfaktoren auf die Akzeptanz wurden die Verkehrssicherheit, die Wirtschaftlichkeit und die Mitarbeitengewinnung und -bindung identifiziert. Die zweite Studie befasste sich mit der Ausführbarkeit von Speditionsaufgaben im Lkw während der automatisierten Fahrt und sah großes Potenzial darin, durch FFT die Produktivität und Wirtschaftlichkeit von Speditionen zu erhöhen. Bei der Wirtschaftlichkeit spielen dabei vor allem die finanziellen Kosten für Fahrzeuge und Personal sowie Einsparungsmöglichkeiten eine Rolle. Als Beispiele werden bessere Versicherungskonditionen oder geringere Energieverbräuche genannt. Die Produktivität des Fahrers oder der Fahrerin könnte durch die Ausübung von FFT im Fahrzeug erhöht werden, sofern tägliche Aufgaben, die sonst in den Pausen oder abends zu erledigen waren, während der Fahrt ausgeübt werden können. Durch die Reduzierung der Gesamtarbeitszeit kann sich die Produktivität des Fahrers oder der Fahrerin erhöhen. Neben Aufgabendefinitionen und Tätigkeiten wurden die für die Ausübung von FFT notwendigen Qualifikationen, Kenntnisse und Infrastruktur-Rahmenbedingungen ermittelt. Die Autoren und Autorinnen schlagen ein modular aufgebautes Zertifizierungssystem zur Weiterbildung der Fahrer und Fahrerinnen und modulare Qualifikationsangebote vor.

Im BASt-Forschungsprojekt FE 82.376/2009 wurde eine Machbarkeitsstudie zur Ablenkung durch FFT durchgeführt. Die Autoren und Autorinnen entwickelten einen Katalog mit FFT auf Grundlage von Unfallstatistiken und Datenbanken und werteten Beobachtungsstudien aus der Literatur aus. Die identifizierten FFT wurden dabei in drei Komplexitätskategorien eingeteilt. Sollte nur eine Blickabwendung bzw. ein Bedienschritt notwendig sein, so ist die FFT einfach, bei mindestens drei Blickabwendungen bzw. Bedienschritten gilt die FFT als komplex. Durch eine Befragung von insgesamt 289 Fahrern und Fahrerinnen (197 Pkw- und 92 Lkw-Fahrer und Fahrerinnen) sollten die Ergebnisse der vorrangig internationalen Literaturanalyse validiert werden. In den ausgewerteten Beobachtungsstudien zeigte sich, dass bei unfallfreien Fahrten rund 30 % der Fahrzeit mit einer FFT verbracht wurde. In der durchgeführten Befragungsstudie mit face-to-face Interviews gaben 80 % der Fahrer und Fahrerinnen an, in der letzten halben Stunde vor der Befragung zwischen einer und drei FFT ausgeführt zu haben. Die Befragten gingen davon aus, trotz FFT korrekt auf eine andere Fahrsituation reagieren und die FFT dafür unterbrechen zu können. Die Lkw-Fahrer und -Fahrerinnen verbrachten rund 50 % der Fahrzeit mit FFT, wie Radio, Kassette, CD einstellen, das Mobiltelefon benutzen, Rauchen und Essen oder Trinken (HUEMER & VOLLRATH 2012: 49).

Eine Analyse von Übernahmezeiten sowie dem anschließenden Fahrverhalten während einer hochautomatisierten Staufahrt wurde von PETERMANN-STOCK et al. (2013) durchgeführt. Mithilfe einer Befragung von Experten und Expertinnen wurden 38 FFT identifiziert und anschließend durch Experten und Expertinnen in Bezug auf die Möglichkeit der externen Kontrolle sowie des internen Anreizes bewertet. Die FFT wurden dabei drei unterschiedlichen Beanspruchungslevel zugewiesen. Die geringste Beanspruchung entsteht bei einer akustischen und kognitiven Beanspruchung. Ein mittleres Level entsteht bei akustischer, kognitiver und visueller Beanspruchung. Bei einer akustischen, kognitiven,

visuellen und motorischen Beanspruchung wird das Beanspruchungsniveau als hoch klassifiziert. Im Rahmen der durchgeführten Fahrsimulatorstudie konnte nachgewiesen werden, dass 97 % der Teilnehmenden innerhalb von 10 Sekunden die Fahraufgabe wieder übernehmen können. Im Experiment konnten keine Unterschiede bei der Übernahmezeit bei Fahrern und Fahrerinnen verschiedener Altersklassen festgestellt werden. Allerdings führten jüngere Fahrer und Fahrerinnen öfter FFT aus als Ältere. Ebenso konnte ein Lerneffekt nachgewiesen werden, da bei der zweiten Übernahmeaufforderung im Versuch schnellere Reaktionszeiten gemessen wurden (PETERMANN-STOCK et al. 2013).

FELDHÜTTER et al. (2018a) untersuchten im Rahmen des BAST-Forschungsprojekts FE 82.0628/2015 fahrerspezifische Aspekte beim hochautomatisierten Fahren. Mithilfe einer Fahrsimulatorstudie und eines Wizard-of-Oz Fahrzeugs² mit Experten und Expertinnen sollten die Fahrer Verfügbarkeit sowie Müdigkeit untersucht werden. Dabei wurde auch untersucht, welche Auswirkungen natürliche FFT auf die Übernahmezeiten haben. Die FFT wurden in Anlehnung an PETERMANN-STOCK et al. (2013) abhängig von ihrer Beanspruchung in fünf Niveauebenen eingeteilt. Die dort vorgestellten Niveaus wurden von den Autoren und Autorinnen um das Niveau 0 (keine FFT) und Niveau 4 (schlafen) erweitert. Wenn der oder die Teilnehmende eine FFT durchführte, so sank sein oder ihr Situationsbewusstsein. Bei einer Übernahmezeit bremsen die Teilnehmenden der FFT-Gruppe stärker ab als die Vergleichsgruppe, da durch die Bremsung mehr Zeit für die Planung der nachfolgenden Schritte gewonnen werden sollte. Es konnte gezeigt werden, dass bei einer 60-minütigen hochautomatisierten Fahrt der Fahrer oder die Fahrerin müde werden kann. Ebenso konnte eine hohe Involviertheit in die FFT aufgrund des hohen Unterhaltungswerts der FFT und der intrinsischen Motivation nachgewiesen werden. Um die Auswirkungen der FFT auf das Müdigkeitsniveau ermitteln zu können, wäre laut der Autoren und Autorinnen der Studie der Einsatz einer anderen als der verwendeten Technik notwendig gewesen. Die Studie stellte fest, dass vor allem jüngere Probanden und Probandinnen sich häufiger und länger mit komplexen Tätigkeiten beschäftigen (FELDHÜTTER et al. 2018a).

Wann ein Fahrer oder eine Fahrerin kognitiv wieder bereit ist, bei einem TOR die Fahrtätigkeit zu übernehmen, wurde von OTHERSEN et al. (2018: 30) untersucht. Die Autoren und Autorinnen stellten in einer Fahrsimulatorstudie fest, dass die Fahrer und Fahrerinnen, die einer FFT nachgingen, länger brauchten, um zu reagieren. Dabei beeinflussten auch die Situationskomplexität und der Fahrerstatus die für die TOR wichtigen kognitiven Prozesse der Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung.

Wie sich unterschiedliche Beanspruchungen von FFT auf die Take Over Performance auswirken untersuchten WANDTNER et al. (2018) und griffen hierfür auf standardisierte Tests für FFT zurück. In einer Fahrsimulatorstudie wurden drei standardisierte FFT untersucht, wobei eine FFT auditiv-vokal, eine visuell-auditiv und eine visuell-manuell war. Bei einer Übernahmeaufforderung wurde die FFT entweder technisch unterbrochen (Lockout) oder die FFT lief weiter. Bei der No-Lockout-Gruppe wurden die FFT tendenziell auch während der Übernahme der Fahrzeugsteuerung fortgeführt. FFT, die den Fahrer oder die Fahrerin visuell-manuell beanspruchten, also dieselben Kanäle wie die Fahraufgabe nutzten, waren für die Probanden und Probandinnen am schwierigsten sowie am unfallanfälligsten. Es konnte eine hohe Akzeptanz des Lockout-Prinzips festgestellt werden, wobei die Fahrer und Fahrerinnen dieser Gruppe ihre Hände schneller am Lenkrad hatten, als die Vergleichsgruppe (WANDTNER et al. 2018: 877ff.).

² Bei einem Wizard-of-Oz Fahrzeug wird die Fahrzeugsteuerung im Realverkehr von einem Wizardfahrer auf dem Beifahrersitz übernommen. Der Teilnehmende auf dem Fahrersitz hat dadurch das Gefühl, mit einem realen automatisierten Fahrzeug zu fahren (FELDHÜTTER et al. (2018a)).

Neben der FFT hat auch die Verkehrssituation einen großen Einfluss auf die Übernahmequalität. Dabei ist es für das Situationsbewusstsein und die Übernahmequalität nicht von Bedeutung, ob die FFT visuell oder kognitiv ist (RADLMAYR et al. 2014: 2063). Die Übernahme beeinflussen zusätzlich auch der Fahrer oder die Fahrerin und die Charakteristika von FFT. CLARK et al. (2017: 37) kategorisieren die FFT hinsichtlich ihrer kognitiv beanspruchten Dimensionen der Informationsverarbeitung und ermitteln in einer Fahrsimulatorstudie die Dauer und die Anzahl der FFT sowie deren Beanspruchung. Sie stellen fest, dass die Übernahmezeit bei älteren Fahrern und Fahrerinnen nicht durch die FFT beeinflusst wird, die älteren Fahrer und Fahrerinnen jedoch tendenziell langsamer fahren als jüngere Fahrer und Fahrerinnen. Bei jüngeren Fahrern bzw. Fahrerinnen haben die Charakteristika der FFT einen Einfluss auf die Übernahmezeit. Viele Wechsel durch die Ausübung mehrerer kurzer FFT führen zu einer Verbesserung der Übernahmeleistung, da die Fahrer bzw. Fahrerinnen wacher sind. Durch längere FFT wird die Übernahmedauer verlängert. Insgesamt verbessern visuelle und akustische FFT die Übernahmezeit bei den jüngeren Fahrern und Fahrerinnen (CLARK et al. 2017: 37).

Laut WÖRLE & METZ (2020) sollte bei der Interpretation von Studien zu Auswirkungen von FFT berücksichtigt werden, dass diese auf standardisierte Tests (z. B. N-back memory Test oder der Surrogate Reference Task (SuRT)) anstelle von realen FFT zurückgreifen. Die Tests nutzen dabei die von einer realen FFT beanspruchten Verarbeitungskanäle, vernachlässigen allerdings etwaige motivierende Aspekte einer realen FFT, die zu einer Aktivierung des Fahrers bzw. der Fahrerin führen würden (WÖRLE & METZ 2020).

Die aufgeführten Studien verdeutlichen, dass die Bedeutung von FFT im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens in den vergangenen Jahren stetig gewachsen ist. Dabei werden häufig die Auswirkungen der FFT auf das Übernahmeverhalten des Fahrers oder der Fahrerin untersucht. In den Studien stehen unterschiedliche Aspekte im Fokus (bspw. Alter des Fahrers bzw. Fahrerin, Gestaltung des Übernahmesignals oder die Ermüdung des Fahrers oder der Fahrerin). Während in manchen Studien reale FFT durchgeführt werden, greifen andere auf standardisierte FFT zurück. Die meisten Studien werden im Bereich der Pkw durchgeführt und es wird versucht, technische Weiterentwicklungspotenziale für die Fahrzeugsysteme zu identifizieren. Der Forschungsgegenstand der FFT scheint breit, wobei bisher noch keine umfassende Sammlung möglicher FFT sowie Eignungskriterien von FFT bei SAE Level 3 oder Level 4 identifiziert werden konnte.

5 Der Übernahmeprozess und Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung

Die vorliegenden Studien machen deutlich, dass für die Eignungsbeurteilung der FFT der Übernahmeprozess sowie die Einflussfaktoren auf die Übernahme der manuellen Kontrolle nach einer hochautomatisierten Fahrt auf SAE Level 3 und 4 eine zentrale Rolle spielen. ZHANG et al. (2019: 286) illustrieren den Übernahmeprozess wie in Bild 5-1 erkennbar.

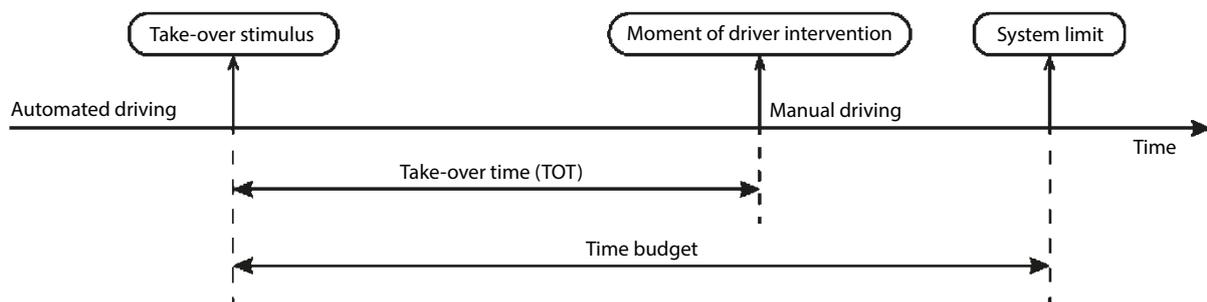


Bild 5-1: Übernahmeprozess (nach ZHANG et al. 2019, 286)

Der Fahrer oder die Fahrerin muss üblicherweise bei der Erreichung von Systemgrenzen innerhalb des verfügbaren Zeitbudgets die manuelle Kontrolle des Fahrzeugs übernehmen. Die Aufforderung der Rückübernahme wird als Take-over Stimulus (bzw. Take-over Request) bezeichnet. Die Take-over Time (TOT) beschreibt die Zeit bis zum Fahrereingriff. Wenn der Fahrer oder die Fahrerin nicht innerhalb des Zeitbudgets die manuelle Kontrolle übernimmt, kann dies ernsthafte Sicherheitsprobleme verursachen. Systemgrenzen können bspw. eine bevorstehende Kollision mit einem Fahrzeug oder Betriebsgrenzen des automatisierten Fahrsystems (z. B. fehlende Fahrbahnmarkierungen) sein (ZHANG et al. 2019). Eine weitere Klassifikation von Systemgrenzen findet sich bei OTHERSEN (2016).

NAUJOKS et al. (2016b) unterteilen den Übernahmeprozess in vier Phasen und formulieren für die entsprechenden Phasen unterschiedliche Anforderungen an den Fahrer oder die Fahrerin, der oder die während der hochautomatisierten Fahrt einer FFT nachgeht:

- Aufrechterhaltung der Fahrtüchtigkeit während des automatisierten Fahrens,
- Erkennen der Notwendigkeit, die manuelle Fahrzeugsteuerung zu übernehmen, sobald die Übernahmeanforderung ausgegeben wird,
- Beendigung oder Unterbrechung der ausgeführten FFT und Übernahme der Fahrzeugsteuerung und
- Fokussierung auf anschließendes manuelles Fahren.

Studien zur Bestimmung der durchschnittlichen Zeitspanne, die ein Fahrer oder eine Fahrerin mindestens für die Rückübernahme der Fahrzeugkontrolle benötigt, kommen zu heterogenen Befunden, die eine große Spannweite aufweisen (ERIKSSON & STANTON 2017; ZHANG et al. 2019). Diese hohe Variabilität lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass die Übernahmezeit unterschiedlichen situativen und personellen Einflüssen unterliegt. In einem Review von ERIKSSON & STANTON (2017) variierten die Übernahmezeiten in 25 empirischen Studien zwischen 1 und 15 Sekunden (Mittelwert: 2.96 Sekunden). Eine ähnliche Spannweite ergab sich in der Meta-Analyse von ZHANG et al. (2019), welche

insgesamt 129 Studien umfasst und von Übernahmezeiten von 0.69 bis 19.79 Sekunden berichtet (Mittelwert 2.72 Sekunden). 70 % der Daten lagen in einem Übernahmezeitfenster von 5 bis 7 Sekunden. VOGELPOHL et al. (2016) geben einen Überblick über bisherige Studienergebnisse und gehen dabei von einer durchschnittlichen Übernahmezeit von 3 bis 8 Sekunden aus, wobei als Übernahmezeitpunkt der Beginn einer Reaktion an den Steuerungselemente des Fahrzeugs (Lenkrad, Pedale) definiert wird. Das Autorenkollektiv formuliert vier Variablen, denen sich die in ihrer Literaturrecherche identifizierten Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung zuordnen lassen (Tabelle 5-1). Die aufgeführten Fahrzeugvariablen (z. B. Art des Automationsfehlers) sowie Umweltvariablen (z. B. Wetter) werden in diesem Forschungsprojekt aufgrund ihrer hohen Ausprägungsvielfalt und ihrer geringen Steuerbarkeit nicht betrachtet, obgleich ihnen keine Relevanz abgesprochen werden soll. Auf die Fahrervariablen und HMI-Variablen wird nachfolgend näher eingegangen.

Variablen	Beeinflussende Faktoren
Umweltvariablen	Charakteristik der Straße; gefahrene Geschwindigkeit, Verkehrsdichte, Krümmung der Straße, Wetter; Komplexität, Kritikalität und Charakteristik der Übernahmesituation; Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer
Fahrervariablen	Alter; Persönlichkeit; Fahrstil; Risikoempfinden; Vertrauen in die Automation; Komfortempfinden; Höhe und Art der Ablenkung durch eine Nebenaufgabe; Dauer der Ablenkung durch eine Nebenaufgabe; Grad der Überwachung der Automation; Dauer der automatisierten Fahrt; Erfahrungen mit Assistenzsystemen und Automation; Kenntnisse und Vermutungen über die Fähigkeiten der Automation
HMI-Variablen	Gestaltung des Übergangs von Automation zu manueller Steuerung; Gestaltung und Wahrnehmbarkeit der Übernahmeaufforderung; Interaktionsdesign für die Kooperation von Fahrer und Automation; Gestaltung der Nebenaufgabe
Fahrzeugvariablen	Fähigkeiten der Automation; Art des Automations-Fehlers; von der Sensorik zur Verführung gestellter Zeitrahmen für die Übernahme; zur Verführung stehende Notfallsysteme

Tab. 5-1: Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung (VOGELPOHL et al. 2016)

Die Autoren und Autorinnen stellen fest, dass die Komplexität der Übernahmesituation, die zum Zeitpunkt der Übernahmeaufforderung ausgeführte FFT sowie die Gestaltung der Übernahmeaufforderung die deutlichsten Einflüsse auf die Übernahme haben. Die Komplexität der Übernahmesituation umfasst dabei sowohl die Komplexität der Fahrumgebung, bspw. in Bezug auf die Verkehrsdichte (GOLD et al. 2016), als auch die Komplexität des erforderlichen Fahrereingriffs (MARBERGER et al. 2017). Letzteres kann anhand der Verknüpfung von zwei bekannten Taxonomien operationalisiert werden (DAMBÖCK et al. 2012): Demnach können die drei Ebenen der Fahrzeugführung (MICHON 1985), wie bei DONGES (2009: 15) anschaulich beschrieben, mit den drei Ebenen des menschlichen Verhaltens nach RASMUSSEN (1983) verknüpft werden. Dessen Skill-Rules-Knowledge (SRK)-Modell unterscheidet drei Hierarchieebenen der Informationsverarbeitung bzw. Handlungssteuerung:

- fertigkeitbasiertes (skill-based),
- regelbasiertes (rule-based) und
- wissensbasiertes (knowledge-based) Verhalten.

Fertigkeitbasiertes Verhalten findet auf der untersten Ebene statt, ist durch sensomotorische Handlungsmuster, welche hoch geübt und unbewusster Natur sind, geprägt und erfordert demnach eine geringe mentale Kapazität (DONGES 2009: 16). Regelbasiertes Verhalten fußt auf erlernten Handlungsmustern und folgt einer Wenn-dann-Analyse auf Basis von gespeicherten Verhaltensmustern bzw. -regeln (DONGES 2009: 16). Wissensbasiertes Verhalten stellt die höchste Ebene der Informationsverarbeitung dar und bedarf der meisten mentalen Ressourcen. Es kann hier nicht auf bekannte Handlungsmuster zurück-

gegriffen werden, weshalb auf Basis allgemeinen Wissens in einem kognitiven Prozess verschiedene Handlungsalternativen durchgespielt und mit dem angestrebten Zielzustand abgeglichen werden (DONGES 2009: 16). Durch Erfahrung und Training kann wissensbasiertes Verhalten mit der Zeit in regelbasiertes – und zuletzt in fertigkeitbasiertes – Verhalten transferiert werden, womit eine Verringerung der notwendigen kognitiven Ressourcen einhergeht (DONGES 2009: 17).

Die Fahrzeugführung kann in die drei Ebenen Navigation, Führung und Stabilisierung unterteilt werden (DONGES 2009: 16). Die Navigationsaufgabe ist durch die Auswahl und Zeitplanung einer Verkehrsrouten gekennzeichnet. Die Führungsaufgabe besteht aus der Planung der bevorstehenden Trajektorie und des Manövers. Im Rahmen der Stabilisierungsaufgabe wird durch die Stellteileingriffe auf das Fahrzeug eingewirkt, um die geplante Trajektorie umzusetzen. DAMBÖCK (2013: 32) veranschaulicht die durch die beiden Taxonomien aufgespannte Matrix, und ordnet den neun Feldern verschiedene Fahraufgabenbeispiele zu (Tabelle 5-2). Aufgrund der hohen Anzahl an Freiheitsgraden weist eine wissensbasierte Navigationsaufgabe die höchste Komplexität auf, wohingegen eine fertigkeitbasierte Stabilisierungsaufgabe mit der geringsten Komplexität einhergeht (DAMBÖCK et al. 2012).

	Wissensbasiert	Regelbasiert	Fertigkeitbasiert
Navigation	Zurechtfinden in einer fremden Stadt	Wahl zwischen vertrauten Wegen	Täglicher Weg zur Arbeit
Führung	Steuern auf schneebedeckter oder vereister Fahrbahn	Überholen anderer Fahrzeuge, Spurwechsel	Abbiegen an einer Kreuzung
Stabilisierung	Fahrschüler in der ersten Fahrstunde	Ein ungewohntes Auto fahren	Kurven fahren, Kuppeln und Schalten

Tab. 5-2: Verknüpfung von dem SRK-Modell und den Ebenen der Fahrzeugführung (DAMBÖCK 2013: 32)

Bei der Bearbeitung von FFT spielen mentale (kognitive) Prozesse eine zentrale Rolle. Bei der Identifikation der Hierarchieebene der Informationsverarbeitung bzw. Handlungssteuerung dieser Tätigkeiten werden u. a. die in der BKrFQV genannten Kenntnisbereichen eines Berufskraftfahrers bzw. einer Berufskraftfahrerin genutzt.

Für die Beurteilung, ob eine FFT bei einem bestimmten Automatisierungsgrad des Fahrzeugs möglich ist, stehen vor allem die geforderten mentalen Operationen und die durch die Bearbeitung der FFT entstehende Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses im Vordergrund der Betrachtung, während personenspezifische Variablen wie Risikoempfinden oder Persönlichkeit aufgrund hoher individueller Variabilität im Rahmen des Katalogs nicht berücksichtigt werden. HMI-Variablen, wie das Interaktionsdesign von Fahrer bzw. Fahrerinnen und Automation, werden insbesondere hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die motorische und sensorisch visuelle Einschränkung (MARBERGER et al. 2017) des Fahrers oder der Fahrerinnen durch die FFT berücksichtigt. Im weiteren Forschungsverlauf erfolgt insbesondere eine Konzentration auf die Personenvariablen und HMI-Variablen nach VOGELPOHL et al. 2016 (siehe Tabelle 5-1), die beide einen entscheidenden Einfluss auf die personenbezogene Übernahmefähigkeit ausüben.

Bei Untersuchungen zur Auswirkung von FFT auf die Übernahmeleistungen konnten sowohl Verschlechterungen der Übernahmeleistung (MERAT et al. 2012; ZEEB et al. 2016; ERIKSSON & STANTON 2017) als auch Verbesserungen nachgewiesen werden (NEUBAUER et al. 2012). Erklären lassen sich die positiven Auswirkungen einer FFT mit dem Befund von SCHÖMIG et al. (2015), die die Bearbeitung einer motivierenden FFT mit einer verringerten Schläfrigkeit in Verbindung bringen. Auch MILLER et al. (2015) stellen fest, dass das Ausmaß der Schläfrigkeit stark reduziert wird, wenn der Fahrer oder die Fahrerinnen während

der Fahrt einer FFT nachgehen. CLARK & FENG (2017: 470) schreiben diesbezüglich: „This raises an important notion that engagement in non-driving-related tasks in highly automated driving may combat with the loss of alertness due to the cognitive underload associated with high levels of automation.“ Die unterschiedlichen Ergebnisse der letzten Jahre könnten auch darauf zurückzuführen sein, dass die Art der FFT, bestimmt durch ihre Aufgabencharakteristika, einen entscheidenden Einfluss auf die Übernahme ausübt. Aus diesem Grund wird den Aufgabencharakteristika hinsichtlich der Eignung spezifischer Tätigkeiten als FFT eine tragende Bedeutung in diesem Forschungsprojekt zugeschrieben.

6 Grundlagen zur Bewertung von FFT

Im nachfolgenden Kapitel werden die Grundlagen zur Bewertung von FFT erläutert. Zu Beginn wird die Bewertungsstruktur von FFT beschrieben. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird eine Bewertungsstruktur von FFT für den Katalog hergeleitet (Kapitel 6.1). Gemäß dieser entwickelten Struktur werden zunächst die entscheidenden Aufgabencharakteristika der FFT für die Übernahmeleistung aufgeführt (Kapitel 6.2). Danach werden im Kapitel 6.4 Bestimmungsgrößen der menschlichen Leistung thematisiert, deren Berücksichtigung für die Beurteilung der personenspezifischen Übernahmefähigkeit essenziell ist. Eng damit verknüpft ist der Fahrerzustand, dessen unterschiedliche Dimensionen in Kapitel 6.3 aufgeführt werden. Das Ziel ist es hierbei, für die Erstellung des Katalogs zu verstehen, welche Zustandsausprägungen die menschliche Leistung im Allgemeinen reduzieren und durch welche Aufgabencharakteristika diese Verschlechterung begünstigt werden könnte. Da für die Übernahmesituation auch aufgabenunabhängige Personenmerkmale (z. B. Systemvertrauen) wichtig sein können, werden diese im Kapitel 6.5 beleuchtet. Im Kapitel 6.6 werden relevante HMI-Variablen aufgeführt, welchen bei der Beurteilung der Übernahmefähigkeit eine entscheidende Rolle zukommt.

6.1 Herleitung einer Bewertungsstruktur von FFT

Ausgangspunkt für die Literaturrecherche war zunächst die Sichtung arbeitspsychologischer Primärliteratur zu den Punkten Charakterisierung von Arbeitstätigkeiten, Aufgabenstruktur und Arbeitsanalysen. Ein zweiter Block befasste sich mit Grundlagen und Weiterentwicklungen des Belastungs- Beanspruchungskonzepts, das als geeignetes Rahmenkonzept zur Charakterisierung der mentalen Beanspruchung bei der Durchführung von FFT angesehen wurde. Darauf aufbauend wurde nach Publikationen zu konkreten Themen gesucht, bei denen Aspekte der Fahrzeugübernahme nach Durchführung einer FFT im Vordergrund standen. Im Zusammenhang mit dem zu entwickelnden Katalog spielten u. a. die Schlüsselbegriffe Take-over Request, Driver Availability, Task Complexity, Working Memory und Fatigue eine wichtige Rolle. Bei der Recherche wurde gezielt nach Review-Artikeln oder einschlägigen Dissertationen gesucht, um einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu den einzelnen Themenbereichen zu erhalten. Die Literatursuche erfolgte anhand der Suchmaschinen Google Scholar und über das Bibliotheksportal der Leuphana Universität Lüneburg.

Zur Beurteilung von FFT wurde sich zunächst mit den Kerngedanken der Arbeitsanalyse, die der Bewertung von Arbeitstätigkeiten dient, auseinandergesetzt. Der Ablauf einer planvollen, zielgesteuerten Handlung kann dabei gemäß MILLER et al. (1960, zitiert nach FRIELING & SONNTAG 1999: 45–46) simplifiziert als eine Reihe von TOTE-Einheiten (Test-Operate-Test-Exit) für die einzelnen Handlungsschritte dargestellt werden, welche durch interne Rückkopplungsschleifen auf dem Weg zur Zielerreichung charakterisiert sind. Das Vergleichen von Ist- und Sollzustand (Test) mündet bei Inkongruenz zwischen diesen beiden Zuständen in eine Handlung (Operate). Nach jeder Handlung wird ein erneuter Soll-Ist-Vergleich vorgenommen, um Veränderungen zu bestimmen und bei Nichtübereinstimmung die nächste Handlung zu initiieren. Die Schleife wird erst dann verlassen (Exit), wenn der Soll-Zustand erreicht ist. Dieser Kerngedanke wird in der Handlungsregulationstheorie von HACKER (1986; zitiert nach FRIELING & SONNTAG 1999: 45) und VOLPERT

(1992; zitiert nach FRIELING & SONNTAG 1999: 46) aufgegriffen. SCHELTEN (2002: 621) hat diese weiterentwickelt und beschreibt den Prozess der Handlungsregulation wie folgt: „Die Handlungsregulation äußert sich in der Bildung von Zielen und untergliederten Teilzielen, die hierarchisch-sequentiell schließlich durch einzelne Bewegungshandlungen erreicht werden“. Diese Regulation in zyklischen Einheiten wird in Bild 6-1 (modifiziert nach VOLPERT (1975: 134)) visualisiert. Wie in der Abbildung sichtbar wird, werden drei verschiedene Regulationsniveaus, die sensomotorische (motorische Ausführung), die begrifflich-perzeptive (Zwischenziele) und die intellektuelle Regulationsebene (Handlungsziel), postuliert (HACKER 1986; zitiert nach FRIELING & SONNTAG 1999: 47), die dem bereits vorgestellten SRK-Modell von RASMUSSEN (1983) sehr ähnlich sind.

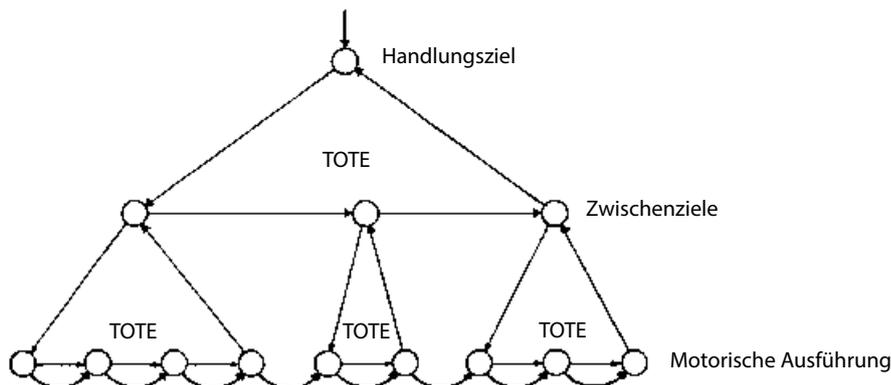


Bild 6-1: Darstellung der Handlungsregulationstheorie (eigene Abbildung modifiziert nach VOLPERT (1975: 134))



Bild 6-2: Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung (SCHLICK et al. 2018: 25)

Auf Grundlage der Handlungsregulationstheorie wurden verschiedene wichtige Instrumente der Arbeitsanalyse, wie das Verfahren RHIA/VERA³-Produktion (OESTERREICH et al. 2000) und RHIA/VERA-Büro (LEITNER & OESTERREICH 1993), entwickelt. In den RHIA/VERA-Verfahren werden zwei Arten psychisch belastender Arbeitsbedingungen angenommen: Regulationshindernisse (z. B. Unterbrechungen) und Regulationsüberforderungen (z. B. Zeitdruck). Der Belastungsbegriff wird hierbei unmittelbar mit einer Beeinträchtigung verknüpft, wobei sich diese Sichtweise von dem renommierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (ROHMERT 1983; ROHMERT 1984; beide zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 24) unterscheidet, das einen neutraleren (nicht zwangsweise auf eine Beeinträchtigung bezogenen) Belastungsbegriff zum Gegenstand hat (SCHLICK et al. 2018: 43). ROHMERT (1983; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 25) illustriert das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept in Bild 6-2. Alle auf den arbeitenden Menschen einwirkenden Einflüsse werden

³ RHIA: „Verfahren zur Ermittlung von Regulationshindernissen in der Arbeitstätigkeit“
VERA: „Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit“

als Belastung bezeichnet. Diese Einflüsse können sowohl hinsichtlich der Belastungshöhe als auch der Belastungsdauer, welche in einem multiplikativen Zusammenhang stehen (SCHMIDTKE & BUBB 1993), beschrieben werden. Kurze Spitzenbelastungen sind ebenso kritisch wie länger andauernde geringere Belastungen. Belastungen können dabei durch die Arbeitsaufgabe, die Arbeitsumgebung und das Mensch-Maschine-System entstehen. Die daraus resultierende Beanspruchung ist von den individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten des jeweiligen Menschen abhängig, sodass eine gleiche Belastung bei verschiedenen Personen zu unterschiedlicher Beanspruchung führt.

Dieses Belastungs-Beanspruchungs-Konzept dient als theoretisches Rahmenmodell für den Katalogaufbau, der dem dargestellten Schema in Bild 6-3 folgt. Durch Analyse der FFT lässt sich die personenunabhängige Belastung, gegliedert in die Belastungshöhe (Anforderungen der FFT) und -dauer, bestimmen. Die nähere Betrachtung personenspezifischer Faktoren wie individuelle Eigenschaften oder Fähigkeiten wurde aufgrund der unerschöpflichen Vielfalt und resultierender Variabilität im Rahmen dieses Forschungsprojekts ausgeklammert. Für die Bestimmung des Fahrerzustands, welcher aus dem Abgleich von Aufgabenanforderungen mit Personenmerkmalen resultiert, wurde sich auf die in der BKrFQV enthaltenden Kenntnisbereiche fokussiert. Diese enthalten die an einen Berufskraftfahrer oder eine Berufskraftfahrerin gestellten Mindestanforderungen und werden als durch jeden Fahrer und jede Fahrerin erfüllt erachtet. Somit wird im Rahmen des Katalogs auf eine durchschnittliche Fahrer- und Fahrerinnenkompetenz zurückgegriffen. Für die Ermittlung des Fahrerzustands werden die gestellten Aufgabenanforderungen der FFT mit den Personenmerkmalen, bspw. der Qualifikation, abgeglichen. Resultiert aus diesem Abgleich ein sogenannter „Missfit“, können daraus Qualifikationsempfehlungen abgeleitet werden, da davon ausgegangen werden kann, dass die Aufgabenanforderungen die kognitiven Kompetenzen des Fahrers oder der Fahrerin übersteigen.

Wie in Tabelle 5-1 dargestellt, ist die Übernahmeleistung nicht nur von den Personenvariablen abhängig, sondern wird u. a. auch durch zu berücksichtigende Einflüsse der HMI determiniert. Im weiteren Berichtsverlauf werden die in Bild 6-3 aufgeführten Elemente des Strukturbaums erläutert.

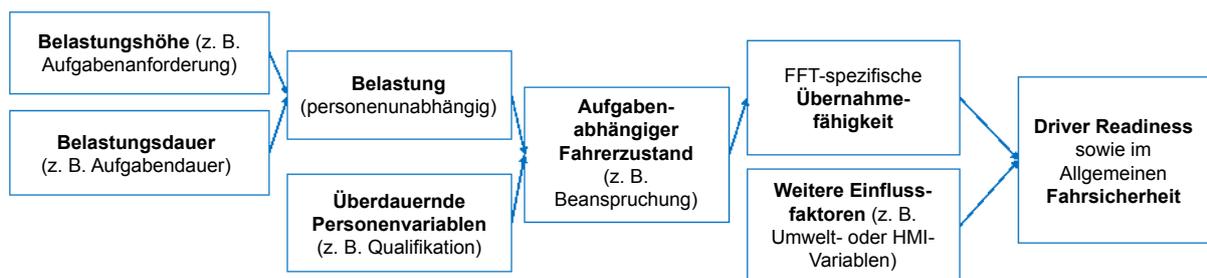


Bild 6-3: Strukturbaum für die Bewertung von FFT im Katalog

6.2 Aufgabencharakteristika der FFT

Unterschiedliche Merkmalsausprägungen von FFT, bspw. in Bezug auf die verwendeten Medien, werden mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Übernahmefähigkeit eines Fahrers oder einer Fahrerin in Verbindung gebracht. So können FFT nicht nur auf im Fahrzeug verbauten Geräten ausgeführt werden, sondern auch auf von extern mitgebrachten Geräten ausgeübt werden, wie z. B. einem Mobiltelefon oder einer Zeitschrift. Im Folgenden werden die Unterschiede zwischen den verschiedenen für die Durchführung einer FFT verwendbaren Objekte und/oder Medien thematisiert.

6.2.1 Aufgabenmerkmal: Verwendung mobiler Geräte/Medien

Bei fahrzeugexternen Systemen kann bspw. das mobile Endgerät während der Ausübung der FFT in der Hand gehalten werden (handhold devices). Bei der Rückübernahme der Fahraufgabe müssen diese Geräte zuerst abgelegt werden, was zu einer schlechteren Übernahmequalität führen kann (ZEEB 2017). WANDTNER et al. (2018) zeigten auf, dass das Ablegen des Tablets eine Herausforderung darstellt, weshalb fast die Hälfte ihrer Probanden und Probandinnen das Gerät während der Übernahme in der Hand behielt. In ihrer Studie setzten die Probanden und Probandinnen die Bearbeitung der FFT im manuellen Fahrmodus häufig fort, was ein interessanter und zugleich problematischer Befund ist. Diese Gegenstände externer FFT können darüber hinaus problematisch sein, da das Fahrzeug diese nicht kontrollieren kann und der Fahrer oder die Fahrerin systemseitig vor allem in Übernahme-situationen nicht ausreichend unterstützt wird. Bei technischen Geräten könnte eine Kopplung mit den Fahrzeugsystemen helfen, damit das Fahrzeug bei bestmöglicher Notwendigkeit die Gerätenutzung einschränkt (PFLEGING et al. 2016: 98; KINNEAR & STEVENS 2017: 129).

6.2.2 Aufgabenmerkmal: Verwendung integrierter Systeme

Integrierte Systeme ermöglichen sowohl eine Freischaltung der FFT, wenn die Verkehrssituation es zulässt, als auch eine Unterbrechung der Aufgabe, wenn die Fahrzeugführung wieder übernommen werden soll. Kann das Medium in kritischen Situationen abgeschaltet werden, so ist denkbar, dass der Fahrer oder die Fahrerin sich sensorisch-visuell schneller von dem Medium lösen und die visuelle Aufmerksamkeit auf die Straße lenken kann (WINTERSBERGER et al. 2018). Dabei sollte das System dem Fahrer oder der Fahrerin ermöglichen, die FFT dort fortsetzen zu können, wo die Aufgabe zuvor unterbrochen wurde. Dem Fahrer oder der Fahrerin sollte immer deutlich ersichtlich sein, welche FFT während der aktuellen Fahrsituation erlaubt sind und welche aktuell nicht vorgesehen sind (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2008; CACILO et al. 2015). Integrierte Systeme bieten den Herstellenden die Option, lediglich ausgewählte oder von ihm zugelassene FFT freizugeben. Hinzu kommt die Möglichkeit, einen TOR sowie weitere Hinweise zur Rückübernahme der Fahrzeugsteuerung direkt auf dem Display und die dort laufende FFT einzublenden, wodurch die Wirkung des TORs auf die Unterbrechung der FFT verstärkt werden könnte. Werden über das integrierte System Eingaben des Fahrers oder der Fahrerin gefordert, so könnte dies für ein systemseitiges Monitoring des Aktivierungslevels des Fahrers oder der Fahrerin dienen. Ein weiterer Vorteil ergibt sich durch die mechanische Verbindung integrierter Systeme mit dem Fahrzeug. Diese sind oft über eine Halterung in der Kabine montiert, sodass das Risiko umherfliegender Gegenstände reduziert wird. Des Weiteren lassen sich die Systeme hinsichtlich des umgesetzten Lockout- oder No-Lockout Prinzips differenzieren (CACILO et al. 2015; WANDTNER et al. 2018: 878). Das Lockout-Prinzip ermöglicht dem integrierten System im Falle eines TOR unmittelbar auf die Bearbeitung der FFT Einfluss zu nehmen und diese ggf. zu unterbrechen.

6.2.3 Aufgabenmerkmal: Interaktionsgrad aktiv/passiv

SPIESSL & HUSSMANN (2011) identifizierten neben dem Einflussfaktor der Modalität insbesondere den Interaktionsgrad (aktiv vs. passiv) als Hauptkriterium von Nebenaufgaben beim automatisierten Fahren. Ein aktiver Interaktionsgrad liegt gemäß den Autoren und Autorinnen vor, wenn es bei der Aufgabe aktivem Engagement (z. B. Telefonieren) bedarf, während eine passive Aufgabe einen konsumierenden Charakter (z. B. Musik hören) aufweist, was als übernahmeförderlicher angesehen wird. Als Interaktionsvariable führen (NAUJOKS et al. 2016b) an, ob der Zeitpunkt notwendiger Interaktionen durch die Aufgabe

(machine-paced) oder den Operateur (self-paced) bestimmt wird. STEVENS et al. (2002: 33) definieren diesbezüglich folgende Anforderung: „The IVIS (Anmerkung der Verfasser und Verfasserinnen: In-Vehicle Informationssystem) should be free from ‚machine-pacing‘. The driver should be able to control the pace of the interaction with the system. It should be possible to interrupt a sequence of interactions and resume again at the point of interruption or at another logical point.“ Hierbei wird deutlich, dass die Aufgabenunterbrechbarkeit, d. h. eine höhere Anzahl erforderlicher Unterbrechungsschritte, von besonderer Relevanz ist. FREY (2021: 213) postuliert, dass eine schlechte Unterbrechbarkeit dazu führt, dass die Übernahmeleistung sinkt. Diese Annahme wird von vielen Autoren bestätigt (LEE 2014; HOHM et al. 2019), wobei die Unterbrechbarkeit in der Studie von SPIESSL & HUSSMANN (2011) als Aufgabenmerkmal für die Übernahmeleistung weniger bedeutsam war.

6.2.4 Aufgabenmerkmal: Lokalität der FFT

NAUJOKS et al. (2016b) führen die Lokalität der FFT (z. B. Schoß, Mitteltunnel, Beifahrersitz, Rücksitz) als Aufgabenmerkmal an und verweisen dabei unter anderem auf Studienergebnisse von WITTMANN et al. (2006), die mit zunehmendem Abstand des fahrzeuginternen Displays von der äußeren Sichtlinie negative Auswirkungen auf das Fahrverhalten sowie eine subjektiv höher bewertete mentale Arbeitsbelastung verknüpfen. Hier scheint der Grad der räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung ein entscheidender Aspekt zu sein. Daneben hat die Lokalität der FFT einen Einfluss auf die motorische Verfügbarkeit des Fahrers oder der Fahrerin, da Tätigkeiten, die nicht am Fahrersitz ausgeübt werden, im Fall eines TOR eine umfassende visuell-sensorische und insbesondere motorische Reorganisation erfordern, bevor der Fahrer oder die Fahrerin die manuelle Steuerung übernehmen kann.

6.2.5 Gebrauchstauglichkeit der verwendeten Hard-/Software

Ein weiteres Aufgabencharakteristikum von FFT kann die Gebrauchstauglichkeit (Usability) der verwendeten Hardware sowie Software sein, wobei zu berücksichtigen ist, dass nicht jede FFT den Einsatz von Technik voraussetzt. Wird ein bestimmtes Medium für die Bearbeitung der FFT verwendet, so ist seine Gebrauchstauglichkeit zudem abhängig von der auf diesem Medium verwendeten Software. Die Nutzung eines Schreibprogramms ist bspw. gebrauchstauglicher auf einem PC oder Laptop als die Nutzung desselbigen mit einem Smartphone. Aufgrund des großen Spektrums von Hardwareausstattungen und Softwareanwendungen sowie der zur Bedienung teilweise erforderlichen Qualifikationen ergeben sich im Zusammenhang mit der Vielfalt unterschiedlicher FFT eine große Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten, die eine überschaubare generische Systematisierung erschweren dürfte.

Ein weiterer Aspekt der Gebrauchstauglichkeit ist der mit der Verwendung eines Mediums einhergehende Interaktionsgrad (aktiv/passiv). Dieser wirkt sich unmittelbar auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen des Fahrers oder der Fahrerin aus. Eine aktive Interaktion mit einem Medium zieht in jedem Fall eine Einschränkung der sensorisch-visuellen Verarbeitungskapazitäten mit sich, da die visuelle Aufmerksamkeit des oder der Nutzenden an die Verwendung des Mediums gebunden ist. Ob und inwieweit die motorische Verfügbarkeit des Fahrers oder der Fahrerin durch das verwendete Medium beeinträchtigt wird, hängt unter anderem davon ab, ob das Endgerät in der Hand gehalten wird oder fest in der Fahrerkabine verbaut ist.

6.2.6 Modalitäten der FFT

Um relevante Aufgabencharakteristika der FFT zu identifizieren, muss berücksichtigt werden, wie Menschen bei der Aufgabenbewältigung Informationen verarbeiten. Grundsätzlich lässt sich die Aufgabenbewältigung in drei Phasen unterscheiden: Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Informationsumsetzung bzw. Informationsausgabe (SCHLICK et al. 2018: 143-144). Diese drei Verarbeitungsstufen werden in dem Informationsverarbeitungsmodell (WICKENS & HOLLANDS 2000; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 192) näher differenziert und mit den verschiedenen Gedächtniskomponenten verknüpft. Ebenso finden sie sich in der Theorie der multiplen Ressourcen (Bild 6-4) von WICKENS (1992; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 194) wieder, in der drei Dimensionen von Ressourcen unterschieden werden: Verarbeitungsstufe, sensorische Modalität sowie Informationskodierung.

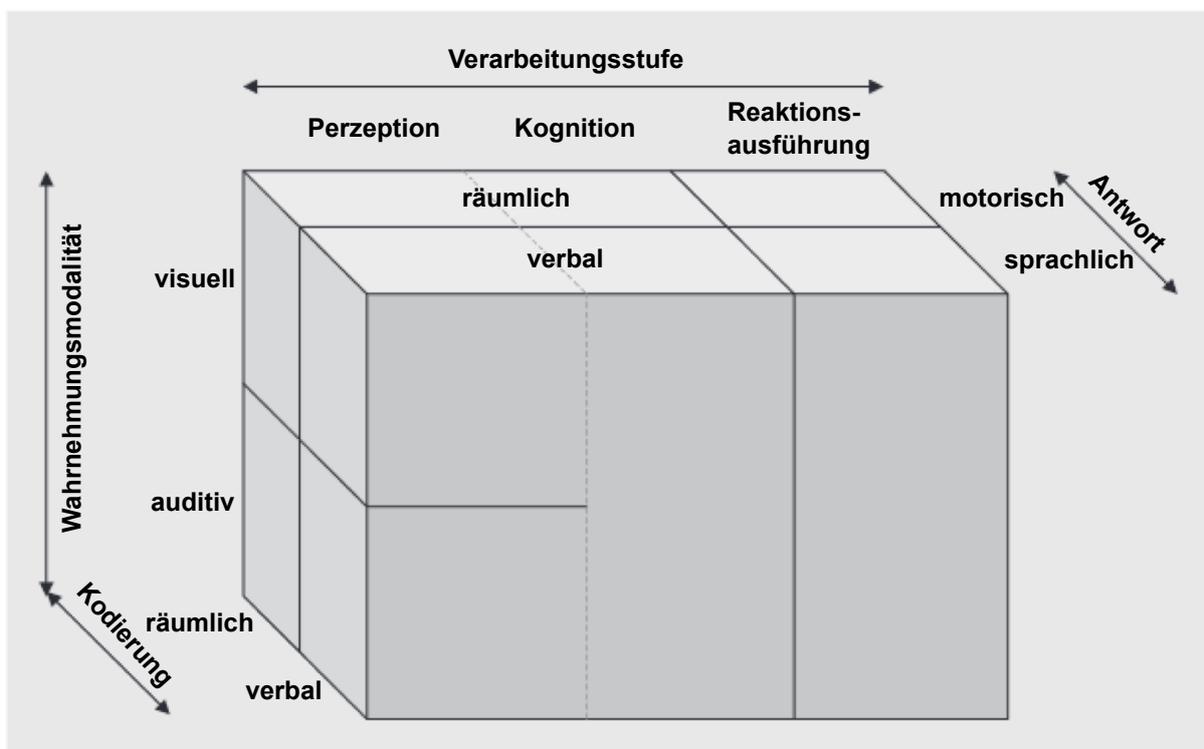


Bild 6-4: Theorie der multiplen Ressourcen (WICKENS, 1992; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 194)

WICKENS (1992; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 194) bezieht sich in seinem Würfel nur auf die visuelle und auditive Wahrnehmungsdimension, merkt aber zusätzlich zu weiteren Modellveränderungen (WICKENS 2002) an, dass der taktile Wahrnehmungskanal ebenso zu berücksichtigen ist (WICKENS et al. 2013; zitiert nach WANDTNER 2018: 38). Grundannahme der Theorie der multiplen Ressourcen ist, dass Aufgaben, die sich denselben Ressourcen bedienen, stärker miteinander interferieren, woraus negative Auswirkungen auf die Leistung und Beanspruchung entstehen (SCHLICK et al. 2018: 194-195). Im Gegensatz dazu können Aufgaben, die unterschiedliche Ressourcen nutzen, gut gleichzeitig ausgeführt werden. Motorische und sprachliche Handlungen können bspw. gut parallel ausgeführt werden, was im Wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass motorische Reaktionen überwiegend räumlich (rechtshemisphärisch) und sprachliche Antworten überwiegend verbal (linkshemisphärisch) kodiert sind (SCHLICK et al. 2018: 194). Sich von der manuellen Fahraufgabe stark unterscheidende FFT könnten sich für eine Übernahme daher besser eignen, weil sie sich unterschiedlichen Ressourcen bedienen. Da es sich bei der

manuellen Fahraufgabe überwiegend um eine Aufgabe mit einem visuellen Input, einer räumlichen Kodierung und einer motorischen Antwort handelt, könnte bspw. das Bedienen eines Smartphones den Übernahmeprozess stärker beeinträchtigen als das Führen eines Gespräches (MÜLLER 2020: 10-11).

Die Modalität der FFT erwies sich in der Mehrzahl der Studien als relevanter Einflussfaktor auf die Übernahmezeit (SCHÖMIG et al. 2020: 38). JAROSCH et al. (2019) fassen in ihrem Literaturüberblick zusammen, dass die Beanspruchung der visuellen Modalität durch die FFT zu einer Beeinträchtigung der Übernahmeleistung, insbesondere der Übernahmequalität, führen kann. Während die Übernahmeleistung mit einer auditiv-vokalen Aufgabe vergleichbar mit der Baseline ohne Aufgabe war, verschlechterte sich die Leistung bei einer visuell-motorischen Aufgabe in der Studie von WANDTNER et al. (2018) am stärksten. Auch in der Studie von GOLD et al. (2015) war das motorische Engagement von entscheidender Bedeutung. JAROSCH et al. (2019) formulieren drei Arten motorischer Beeinträchtigung durch FFT:

- ungünstige Körperhaltung (Abwenden des gesamten Körpers) (1),
- Belegung der Hände des Fahrers oder der Fahrerin mit einem Gegenstand (2) oder
- Aufgaben, die manuelle Interaktion erfordern, aber die Hände des Fahrers oder der Fahrerin nicht dauerhaft beanspruchen (3).

Sie fassen bisherige Studienergebnisse in den Bereichen zusammen und stellen fest, dass im Vergleich zu den beiden Beeinträchtigungsarten (1 & 2) die Interaktion mit eingebauten Geräten (3) kein wesentlicher kritischer Faktor für die Vorhersage der Übernahmeleistung ist. Es scheint ebenfalls von Bedeutung zu sein, wo der Gegenstand abgelegt werden soll, da dies mit weiteren kognitiven und visuellen Prozessen verbunden ist, die den Aufmerksamkeitswechsel auf die Verkehrssituation sowie die kognitive Verarbeitung verzögern könnten (WANDTNER 2018: 41). ZEEB (2017: 39) stellte fest, dass eine visuell-kognitive FFT zwar die Übernahmequalität und -zeit beeinflusste, sich jedoch nicht auf die benötigte Zeit(spanne), bis der Fahrer oder die Fahrerin die Hände am Lenkrad hat und somit motorisch verfügbar ist, auswirkte. Der Modalitätsansatz wird auch verwendet, um die verschie-

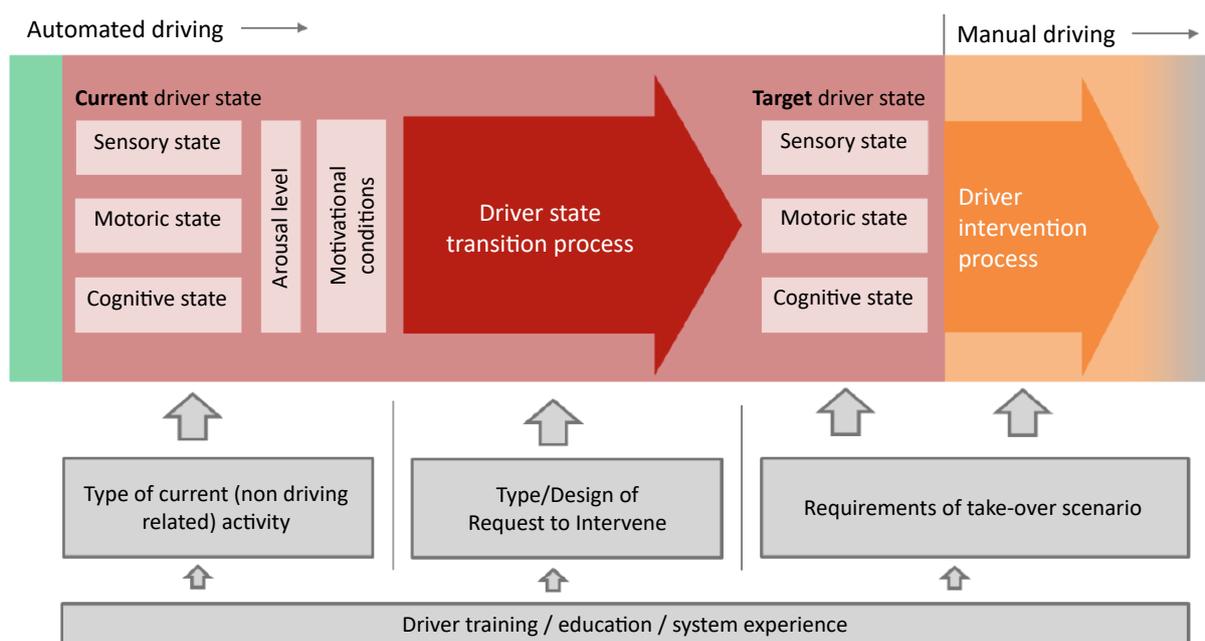


Bild 6-5: Konzeptionelles Modell zur Fahrer Verfügbarkeit (MARBERGER et al. 2017: 600)

denen Ablenkungsarten, z. B. visuelle, auditive, biomechanische und kognitive Ablenkung gemäß RANNEY et al. (2001) voneinander zu unterscheiden. FITZEN et al. (2018: 266) bedienen sich ebenfalls der unterschiedlichen Modalitäten und unterteilen die Beanspruchung in vier Arten: kognitiv, akustisch, visuell und motorisch. Die Autoren und Autorinnen ordnen den FFT ihren individuellen Beanspruchungsgrad entsprechend der Anzahl der beanspruchten Modalitäten zu. Die verschiedenen Modalitäten wurden ebenfalls in dem Fahrer Verfügbarkeitsmodell von MARBERGER et al. (2017: 600) inkludiert (Bild 6-5).

In dem Modell wird angenommen, dass der aktuelle Fahrerzustand, der im Wesentlichen durch die FFT während der automatisierten Fahrt determiniert ist, im Rahmen eines Übergangsprozesses in den Zielzustand überführt wird. Der aktuelle Fahrerzustand setzt sich aus den drei verschiedenen Modalitäten (sensorisch, motorisch, kognitiv) sowie einem bestimmten Erregungsniveau und motivationalen Bedingungen zusammen. Der anvisierte Ziel-Fahrerzustand zur Übernahme der manuellen Fahrzeugsteuerung (z. B. motorisch = Hände am Lenkrad) hängt auch von dem spezifischen Verkehrsszenario ab. Bei der Bewertung der FFT wird angenommen, dass eine größere Inkongruenz zwischen aktuellem Fahrerzustand und Ziel-Fahrerzustand zu einem erhöhten psychischen und physischen Energiebedarf während des Übernahmeprozesses führt (siehe auch Kapitel 9.5.2).

6.2.7 Charakterisierung der Fahrer Verfügbarkeit

Die Fahrer Verfügbarkeit kann in dynamische und statische Aspekte unterteilt werden. Dynamische Aspekte können in ihrem Ausmaß während der automatisierten Fahrt variieren. Zu diesen Faktoren gehört das Konstrukt des Situationsbewusstseins, das Ausmaß der sensorisch-visuellen sowie motorischen Einschränkungen und die Involviertheit in die FFT. Der zweite Aspekt der Fahrer Verfügbarkeit bezieht sich auf statische Faktoren, welche Eigenschaften von Fahrern und Fahrerinnen, wie bspw. das Alter, das Ausmaß an Systemvertrauen oder die manuellen Fahrfähigkeiten, beinhalten (ISO 2020a).

Die Fahrer Verfügbarkeit ist ein kontinuierlicher Prädiktor für eine erfolgreiche Übernahmeleistung, wobei eine hohe Fahrer Verfügbarkeit mit einer niedrigen Übernahmezeit und einer positiven Eingriffsleistung einhergeht (ISO 2020a; KIM et al. 2022). Das Ko-HAF Projekt untersuchte u. a. die Rolle des Menschen sowie den Einfluss einiger FFT auf Übernahmeprozesse bei automatisierten Fahrten. Im Rahmen des Projekts wird die Fahrer Verfügbarkeit durch die Relation des gesamten verfügbaren Zeitbudgets der Übernahme zum Zeitpunkt t mit der voraussichtlichen Dauer einer manuellen Übernahme zu einem beliebigen Zeitpunkt während der automatisierten Fahrt quantifiziert (HOHM et al. 2019). Fahrer und Fahrerinnen können sich während der automatisierten Fahrt FFT widmen, müssen aber nach einer Übernahmeaufforderung durch das System einen Aufgabenwechsel von der FFT zu der manuellen Fahrzeugsteuerung durchführen. Dieser Aufgabenwechsel erfordert eine zeitaufwendige Rekonfiguration des sensorischen, motorischen und kognitiven Zustands des Fahrers bzw. der Fahrerin, um den Anforderungen der manuellen Fahrzeugsteuerung gerecht zu werden (MARBERGER et al. 2017). Untersuchungen ergaben, dass ein moderater negativer Zusammenhang zwischen mentaler Beanspruchung durch die FFT und der Fahrer Verfügbarkeit besteht ($r = -.30$). Das Regressionsmodell von Kim et al. zeigt, dass die Art und das Ausmaß, indem die FFT die Sinneskanäle beansprucht, für ein Drittel der festgestellten Varianz der Fahrer Verfügbarkeit verantwortlich ist (KIM et al. 2022). Hingegen können bei einer Nichtbeschäftigung des Fahrers oder der Fahrerin bereits nach 20 – 30 Minuten Vigilanzverlust- und Ermüdungseffekte auftreten, welche ebenfalls mit negativen Auswirkungen auf das Fahrverhalten in Verbindung stehen (vgl. Kapitel 6.3.2).

6.2.8 Unterbrechbarkeit

Die Driver Focus-Telematics Working Group (2006: 69) fordert eine einfache Unterbrechbarkeit der Systeminteraktionen, da der Mensch dazu neigt, Aufgaben fortzuführen, wenn die Bearbeitung nicht unterbrochen werden kann, ohne dass vorherige Eingaben wiederholt werden müssen. WICKENS et al. (2013) beschreiben im Rahmen der Task-Switching-Forschung, welche Faktoren zu einem Vermeiden des Aufgabenwechsels führen, bspw. wenn die ursprüngliche Aufgabe eine geringere Schwierigkeit oder eine höhere Priorität aufweist als die neue Aufgabe. WIEDEMANN (2020: 7) fasst bisherige Studienergebnisse zusammen und führt an, dass Aufgabenunterbrechungen unter anderem zu einer erhöhten Fehleranzahl bei der unterbrochenen Aufgabe und bei der nach der Unterbrechung durchgeführten Aufgabe führen sowie mit einer affektiven Zustandsverschlechterung einher gehen könnten. Die Verschlechterung der Leistung beim Aufgabenwechsel kann dabei auf eine Interferenz von Gedächtnisprozessen der vorherigen und nachfolgenden Aufgabe zurückgeführt werden. Auch der Zeitpunkt der Unterbrechung scheint entscheidend zu sein: Zwischen zwei Teilschritten kann eine Aufgabe besser unterbrochen werden als während der Durchführung eines Teilschrittes (WIEDEMANN 2020: 20). Der Unterbrechungszeitpunkt ist auch für die Wiederaufnahme der unterbrochenen FFT wichtig, da bei einem ungünstigen Zeitpunkt aufgabenrelevante Informationen für die Weiterbearbeitung aktiv im Gedächtnis behalten werden müssen (WIEDEMANN 2020: 20). Die Notwendigkeit, die Tätigkeit an der unterbrochenen Stelle fortsetzen zu können, wird ebenso in dem Grundsatz zur Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen der Europäischen Kommission (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2008: 18-19) festgehalten. Auch KOLREP et al. (2003) betonen, dass nicht nur die Unterbrechbarkeit, sondern auch die Wiederaufnahme von Nebenaufgaben eine entscheidende Rolle spielt. Sinnvoll wäre möglicherweise eine Unterscheidung in motorische und kognitive Unterbrechbarkeit, wobei auf Basis der hier aufgeführten Erkenntnisse davon ausgegangen wird, dass eine niedrige Ausprägung beider Faktoren jeweils mit der Übernahmeleistung interferiert.

Übertragen auf den Kontext der automatisierten Fahrt bedeutet dies, dass es bei dem Wechsel von einer FFT zu der manuellen Fahrzeugsteuerung zu einer zeitlichen Verzögerung der Kontrollübernahme sowie Qualitätseinbußen bei der Fahrzeugkontrolle kommen kann, die umso höher ausfallen, je schlechter die FFT unterbrechbar ist. Übernimmt nach der manuellen Fahrphase das System wieder die automatisierte Fahrzeugführung, so kann es zu einer erhöhten Wiederaufnahmezeit und einer gesteigerten Fehlerrate bei der FFT kommen (WIEDEMANN 2020). Eng mit der Unterbrechbarkeit ist die Aufgabenperseveration verknüpft, die die Unfähigkeit des Fahrers oder der Fahrerin beschreibt, seine Interaktion mit der Aufgabe zu unterbrechen und seine Aufmerksamkeit wieder auf wichtigere Ziele, wie bspw. auf die Straße, zu richten (LEE 2014). Begünstigende Faktoren für Aufgabenperseveration, wie die Tatsache, dass bereits Anstrengung zur Aufgabenerfüllung investiert wurde, werden bei FOX & HOFFMAN (2002) detaillierter thematisiert.

6.2.9 Aufgabenkomplexität

Da die Aufgabenschwierigkeit ein personenabhängiges Merkmal ist und von den jeweiligen Fähigkeiten des Fahrers oder der Fahrerin abhängt, ist zur Aufgabenbeschreibung die personenneutrale Aufgabenkomplexität als Bewertungskriterium vorzuziehen. Die Komplexität der FFT kann erheblich variieren, zum Beispiel indem Aufgaben mehr oder weniger Aufmerksamkeit benötigen (SCHÖMIG et al. 2020: 21). Eine andere Klassifikation bewertet visuelle/manuelle Aufgabenkomplexität in Bezug auf die erforderliche Anzahl von Bearbeitungsschritten, Blicken abseits der Straße und Tastendrücken (KLAUER et al. 2006: 25). Hierbei werden einfache (z. B. Rauchen), moderate (z. B. CD in das Laufwerk stecken)

und schwere Aufgaben (z. B. Lesen) unterschieden. Unabhängig vom Fahrkontext wurde die Aufgabenkomplexität in den letzten Jahrzehnten umfangreich und vielfältig untersucht (CAMPBELL 1988), woraus zahlreiche Modelle entstanden sind, die versuchen, das multidimensionale Konstrukt ganzheitlich zu beschreiben (BONNER 1994; LIU & LI 2012). Es ist ein schwieriges Unterfangen, die Aufgabenkomplexität zu operationalisieren und zu bewerten, da dies eine einheitliche Definition des heterogenen Konstruktes voraussetzt, die nicht gegeben scheint (WALKER et al. 2010; LIU & LI 2012). Bei DAMBÖCK et al. (2012s) werden die drei Hierarchieebenen der Informationsverarbeitung des SRK-Modells (RASMUSSEN 1983) zur Komplexitätsbestimmung herangezogen, wobei es hier zu berücksichtigen gilt, dass die Zuordnung der FFT zu den drei Ebenen von dem Erfahrungsgrad der jeweiligen Person abhängt und somit eigentlich nicht personenneutral erfolgen kann.

6.2.10 Experimentelle Verfahren zur Erfassung der Aufgabenkomplexität

Hinsichtlich einer empirischen Ermittlung der Komplexität von FFT können zwei Möglichkeiten unterschieden werden: zum einen, ob eine eher qualitativ orientierte Messung, die auf eine Kategorisierung von aufgabeninhärenten Strukturmerkmalen abzielt, möglich ist. Zum anderen können quantitative Messungen der Auswirkungen unterschiedlich komplexer Aufgaben auf kognitive und physiologische Prozesse durchgeführt werden.

Bei den qualitativen Analysen wird u. a. die Art der beteiligten kognitiven Prozesse näher spezifiziert. So schlagen bspw. BYSTRÖM & JÄRVELIN (1995) zunächst eine grundsätzliche Unterscheidung in automatisch und nicht-automatisch ablaufende Prozesse vor. Bei den nicht-automatischen Prozessen lässt sich eine Differenzierung hinsichtlich verschiedener Typen von involvierten Entscheidungsprozessen vornehmen. Weitere Vorschläge zur strukturellen Bestimmung der Komplexitätsausprägung von Aufgaben finden sich bei LIU & LI (2012).

Die quantitative Bestimmung der Bearbeitungsauswirkungen komplexer Aufgaben weist einen engen Bezug zum Konzept der „Mental Workload“ (WICKENS 2008; BLÄSING & BORNEWASSER 2021) auf. Je stärker das Missverhältnis zwischen den tatsächlich vorhandenen mentalen Ressourcen und den Ressourcen, die eine Aufgabe aufgrund ihrer Komplexität beansprucht, ausgeprägt ist, umso langsamer ist die Bearbeitungsgeschwindigkeit und höher die Wahrscheinlichkeit von Bearbeitungsfehlern. Als relevante psycho-physiologische Messgröße zur Charakterisierung der Mental Workload hat sich in einer Reihe von Studien die Herzratenvariabilität erwiesen (HOOVER et al. 2012). Unter den Indikatoren zur Quantifizierung der Mental Workload scheinen jedoch nach neueren Studien durch die Messung der Pupillengrößenveränderung die Ergebnisse valider zu sein (BLÄSING & BORNEWASSER 2021). Für die Messung der Auswirkungen von visuell dargebotenen Informationen unterschiedlicher Komplexität lassen sich auch Eye-Tracking Parameter heranziehen. Besonders anhand von Fixationshäufigkeiten lässt sich niedrig- bzw. hochkomplexes Bildmaterial von Material mit mittlerem Komplexitätsgrad differenzieren (WANG et al. 2014). Die Gedächtnisanforderung kann ebenfalls als Aufgabencharakteristikum herangezogen werden und ist mit den Ebenen des SRK-Modells eng verknüpft und bei wissensbasiertem Verhalten am höchsten. So wird die aus der FFT resultierende Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei NAUJOKS et al. (2016b) zur Bestimmung des Beanspruchungsgrades der mentalen Verarbeitungskapazität herangezogen. Als weiteres Aufgabenkriterium geben NAUJOKS et al. (2016b) die Möglichkeit zu Kontrollblicken an, mit denen der Fahrer oder die Fahrerin den Blick von der FFT abwenden und kurzzeitig auf das Verkehrsgeschehen richten kann, ohne die FFT zu unterbrechen.

6.2.11 Aufgabenanreiz

Ebenso nennen NAUJOKS et al. (2016b) den Anreiz der Bearbeitung als Aufgabencharakteristikum, der unmittelbar mit der intrinsischen und extrinsischen Motivation zusammenhängt. Intrinsische Aufgabenmotivation resultiert, im Gegensatz zur extrinsischen Motivation, die auf äußeren Anreizen beruht, aus Interesse an der Aufgabe selbst (RYAN & DECI 2000). Jenes Interesse ist jedoch individuell von den Eigenschaften einer Person abhängig und gilt demnach als unbekannter Personenfaktor. Aus diesem Grund ist die intrinsische Aufgabenmotivation in dem zu erstellenden Katalog nicht ohne weiteres beurteilbar. Der extrinsische Motivationsgehalt oder auch der äußere Anreiz der Bearbeitung hingegen weist starke inhaltliche Überschneidungen mit dem Charakteristikum der Monotonie auf. Monotonieförderliche Konstellationen sind gemäß METZ & ROTHE (2017: 13) unter anderem eine geringe Anforderungsvielfalt, die sich durch eine hohe Wiederholungsrate ähnlicher Tätigkeitselemente ausdrückt, sowie eingeschränkte Entscheidungsmöglichkeiten bei der Aufgabenausführung. Die wesentlichste Auswirkung der Bearbeitung monotoner Aufgaben ist neben einer abgesenkten Arbeitsmotivation und Vigilanzverlust die psychische Ermüdung (fatigue). SCHÖMIG et al. (2020: 33) nennen daher als Aufgabenkriterium von FFT die Darbietungsfrequenz bzw. Darbietungsart, wobei eine intermittierende Ausprägung, im Gegensatz zu einer kontinuierlichen, Frustration oder Langeweile vermeiden soll.

Andererseits bringt WIEDEMANN (2020: 13) eine zu hohe Aufgabenmotivation im Allgemeinen ebenfalls mit einer verzögerten Übernahmereaktion in Verbindung und bezieht sich dabei auf die Forschung von RAUFFET et al. (2020), die bei einer höheren Aufgabeninvolviertheit ein reduziertes Situationsbewusstsein feststellten. NAUJOKS et al. (2016a) führen Involviertheit ebenso als Einflusskriterium auf die Übernahmereaktion an und verbinden einen hoch involvierten Zustand mit dem Flow-Erleben, welches zu einem eingeschränkten Aufmerksamkeitsfokus führen kann. Flow-Erleben, das insbesondere mit intrinsischer Motivation verknüpft ist, kommt zustande, wenn ein Gleichgewicht zwischen wahrgenommenen Herausforderungen und Fähigkeiten der Person besteht (NAKAMURA & CSIKSZENTMIHALYI 2014: 90). Der Autor und die Autorin beschreiben, dass unter anderem eine intensive und fokussierte Konzentration auf die Aufgabenbearbeitung sowie eine Verzerrung des Zeitgefühls mit Flow-Erleben in Zusammenhang stehen. Aus diesem Grund könnte Flow-Erleben im Falle einer Übernahme negative Auswirkungen auf die Übernahmeleistung haben (RHEINBERG 2010). Anzumerken ist, dass die Aufgabenwichtigkeit ein Moderator beim Flow-Erleben sein könnte: Bei sehr wichtigen Tätigkeiten erleben Individuen Flow auch dann, wenn die Fähigkeit die Herausforderung übersteigt (ENGESER & RHEINBERG 2008: 159). Allgemein kann die Hypothese aufgestellt werden, dass bei einer hohen Wichtigkeit der FFT die Abwendung von dieser im Übernahmefall erschwert werden könnte. Andererseits könnten sehr unwichtige Aufgaben möglicherweise zu einer emotionalen Ablehnung bei der Ausführung führen und dann potenziell die Übernahmeleistung unterminieren.

6.2.12 Aufgabendauer

Zur Bestimmung der Belastung sollte neben Aufgabencharakteristika, die die Belastungshöhe determinieren, ebenso die Aufgabendauer, die auch bei NAUJOKS et al. (2016b) aufgeführt wird, berücksichtigt werden. CLARK et al. (2017) fanden einen negativen Zusammenhang zwischen der Gesamtdauer der Beschäftigung mit FFT und der Übernahmezeit. Handelt es sich bspw. bei der FFT um eine nicht motivierende Tätigkeit mit einem hohen Monotoniegrad, kann mit zunehmender Bearbeitungsdauer ein Ermüdungszustand eintreten (FREY 2021: 211). NAUJOKS et al. (2016b) berücksichtigen Monotonie ebenso und führen sie auf die Struktur der FFT sowie die Häufigkeit und Intensität der Bearbeitung

zurück. Handelt es sich bei der FFT um eine langandauernde Überwachungsaufgabe mit hoher bzw. niedriger Signalrate, kann die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Daueraufmerksamkeit bzw. Vigilanz eingeschränkt sein (STURM 2004: 3-4; NAUJOKS et al. 2016b), was sich wiederum auf die Übernahmeleistung auswirken könnte. Im Gegensatz zur Daueraufmerksamkeit ist Vigilanz demnach „(...) die Fähigkeit auf selten auftretende Reize adäquat zu reagieren“ schreibt PAWLIK (2006; zitiert nach FELDHÜTTER et al. 2018b: 10). Der größte Vigilanzabfall tritt in der Regel in den ersten 15 Minuten der Aufgabenbearbeitung auf, wobei er bei anspruchsvollen Aufgaben schon früher eintreten kann und unabhängig vom Erfahrungsgrad zu sein scheint (WARM et al. 2008).

6.2.13 Experimentelle Verfahren zur Erfassung von psychischer Ermüdung

Für die quantitative Erfassung der psychischen Ermüdung existiert eine Reihe unterschiedlichster Methoden. In einer Überblicksarbeit von BIER et al. (2020) werden die verschiedenen Messmethoden drei Gruppen zugeordnet: die Erfassung objektiver und subjektiver Zustandsdaten sowie verhaltensbezogener Leistungsdaten. Zu den objektiven Zustandsmessmethoden zählen die Registrierung der Ausprägung von Elektroenzephalografie-Signalen (EEG)-Signalen in verschiedenen Frequenzbändern, die Erfassung von Herzrate und Hautwiderstandsveränderungen sowie der relativen Häufigkeiten von Lidschlussaktivitäten (PERCLOS) und der Häufigkeiten von Kopf- und Augenbewegungen. Für die Erfassung der subjektiven Zustandsdaten existiert eine Reihe von Müdigkeitsskalen (Karolinska-sleepiness scale, Stanford sleepiness scale, Epworth sleepiness scale). Die in der Arbeit von BIER et al. (2020) aufgeführten Messmethoden zu verhaltensbezogenen Leistungsdaten beziehen sich allesamt auf das Autofahren. Hier werden das Spurhaltevermögen (Lane Tracking), die Registrierung von Lenkbewegungen und des Geschwindigkeitsverhaltens sowie die Leistungserfassung beim Abarbeiten von Sekundäraufgaben als relevante Messgrößen thematisiert.

6.3 Dimensionen des Fahrerzustands

Grundsätzlich lässt sich der Zustand eines Fahrers bzw. einer Fahrerin nach Schlick et al. (2018) durch verschiedene Ausprägungen von Konstitutions-, Dispositions-, Qualifikations- bzw. Kompetenz- sowie Anpassungsmerkmalen charakterisieren (siehe Bild 6-8). Während die dort aufgeführten Konstitutions- und Dispositionsmerkmale (z. B. Geschlecht oder Persönlichkeit) gar nicht bis schwer veränderbar sind, lassen sich Qualifikationsmerkmale (bspw. Wissen oder Erfahrung) langfristig und Anpassungsmerkmale (z. B. Beanspruchung und Motivation) kurzfristig durch Interventionen modifizieren.

Insbesondere können die zu den Anpassungsmerkmalen gehörenden Variablen (z. B. Motivation, Beanspruchung) durch die FFT selbst beeinflusst werden, weshalb sie den aufgabenspezifischen Fahrerzustand charakterisieren. Um der Mehrdimensionalität dieses Zustandes Rechnung zu tragen, hat SCHWARZ (2019: 60) in ihrer Dissertation sechs Dimensionen des Fahrerzustands aufgeführt, die die Leistung beeinflussen können. Aus dem Zusammenwirken dieser Dimensionen resultiert der Fahrerzustand, wobei vielfältige Wechselwirkungen zwischen den Dimensionen bestehen und eine klare Abgrenzung voneinander nicht immer möglich ist. Im Folgenden werden diese sechs Dimensionen des Fahrerzustands, Beanspruchung, Müdigkeit, Aufmerksamkeit, emotionaler Zustand, Motivation und Situationsbewusstsein von (SCHWARZ 2019: 60) näher beschrieben.

6.3.1 Experimentelle Verfahren zur Erfassung der mentalen Beanspruchung

Die meisten Studien beziehen sich beim Fahrerezustand auf die mentale Beanspruchung (auch als Work-load bezeichnet), deren Entstehung schon an vorheriger Stelle erörtert wurde. MÜLLER (2020: 57) unterscheidet drei Arten der mentalen Beanspruchungsmessung: (1) subjektive Beanspruchungsmessung, (2) objektive psychophysiologische Beanspruchungsmessung und (3) objektive leistungsorientierte Beanspruchungsmessung. In seinem Bild 6-6 ordnet er die wichtigsten Messverfahren den jeweiligen Arten zu und zeigt mit der Pfeildarstellung die Korrelationsrichtung des jeweiligen Messwertes mit der mentalen Beanspruchung an.

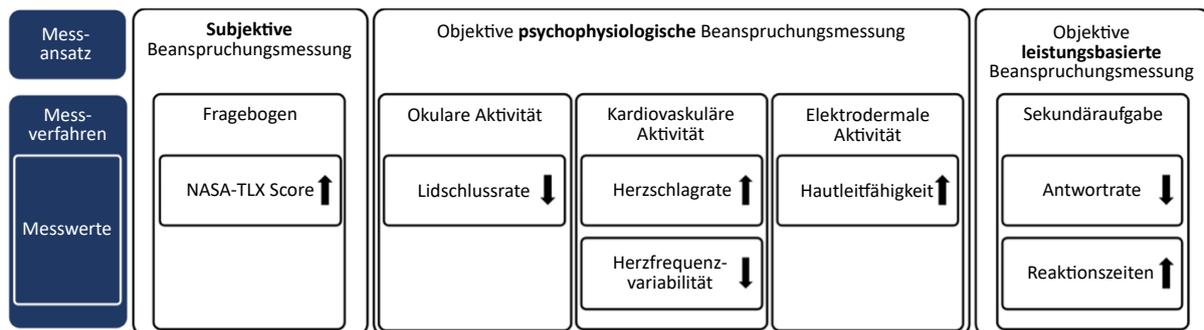


Bild 6-6: Übersicht von Beanspruchungsmessmethoden (MÜLLER 2020: 57)

Subjektive Verfahren dienen dazu, die vom Menschen selbst empfundene Beanspruchung zu erfassen. Als Messverfahren werden oft neben dem NASA-task Load Index (NASA-TLX) von HART & STAVELAND (1988) die Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) von REID & NYGREN (1988) oder die Rating Scale Mental Effort (RSME) von ZIJLSTRA & DOORN (1985) herangezogen. Vorteile von subjektiven Maßen sind insbesondere die einfache und kostengünstige Anwendung, da eine kontinuierliche Messwerterfassung häufig nicht möglich ist. Allerdings besteht die Gefahr von Verzerrung durch soziale Erwünschtheit (SCHWARZ 2019: 26).

Ebendiese Nachteile sind bei psychophysiologischen Messverfahren nicht vorhanden, bei denen die okulare, kardiovaskuläre oder elektrodermale Aktivität parallel zur Aufgabenausführung gemessen wird (MÜLLER 2020: 57). Weiterer über die Lidschlussrate hinausgehende okulare Parameter (z. B. Fixationsdauer, Pupillenweite und Sakkadengeschwindigkeit) und deren Wirkzusammenhänge mit den sechs Dimensionen des Fahrerezustands werden bei SCHWARZ (2019: 26) aufgeführt. Die Autorin geht ebenso auf verschiedene Maße der Hirnaktivität (z. B. Frequenz Alpha-/Beta-Band) als mentale Beanspruchungsindikatoren ein. Zudem kann mittels Elektrokardiogramms die Aktivität des Herzens über einen bestimmten Zeitraum erfasst werden. Hierbei werden eine hohe Herzschlagrate und eine niedrige Herzfrequenzvariabilität mit einer hohen Beanspruchung verknüpft (SCHWARZ 2019: 30; MÜLLER 2020: 57). Ein weiteres psychophysiologisches Maß ist die Aktivität der Schweißdrüsen, die sich in der elektrischen Leitfähigkeit der Haut zeigt. Durch die objektive Messung dieser elektrodermalen Aktivität kann demnach auf das Beanspruchungsniveau rückgeschlossen werden (MÜLLER 2020: 61). Allerdings werden die peripherphysiologischen Beanspruchungsindikatoren vom vegetativen Nervensystem – das auch für innerorganismische Regulationsprozesse zuständig ist – angesteuert, was eine eindeutige Differenzierung zwischen psychischen und physiologischen Prozessen erschwert.

Leistungsmaße zur objektiven Beanspruchungserfassung lassen sich in der Regel in Primär- und Sekundäraufgaben unterteilen (DE WAARD 1996: 31) und basieren auf der Annahme einer begrenzten menschlichen Informationsverarbeitungskapazität. Fehler bei der

Bearbeitung der Sekundäraufgabe erlauben Rückschlüsse auf den Ressourcenverbrauch durch die Primäraufgabe. Aufgrund des Wegfalls der Fahrtätigkeit wird die FFT zur Primäraufgabe, deren Ressourcenverbrauch durch die Durchführung einer konkurrierenden Sekundäraufgabe ermittelt werden kann.

Weitere Beanspruchungsmessverfahren werden u. a. bei SCHWARZ (2019: 23-33) und WENDSCHE (2007: 34-44) genannt. Bisher fehlen jedoch empirische Untersuchungen, die ermitteln, welche der hier vorgestellten Verfahren sich zur Erhebung des Ressourcenverbrauchs bzw. des Workloads einer FFT am besten eignen.

6.3.2 Müdigkeit und Vigilanz

Eine Dimension, die eng mit der Beanspruchung verknüpft ist (Bild 6-7), stellt die Müdigkeit dar (SCHMIDT 2010: 8). MAY & BALDWIN (2009) unterscheiden drei Formen von Müdigkeit: (1) schlafbezogene Müdigkeit, (2) aktive aufgabenbezogene Müdigkeit und (3) passive aufgabenbezogene Müdigkeit.

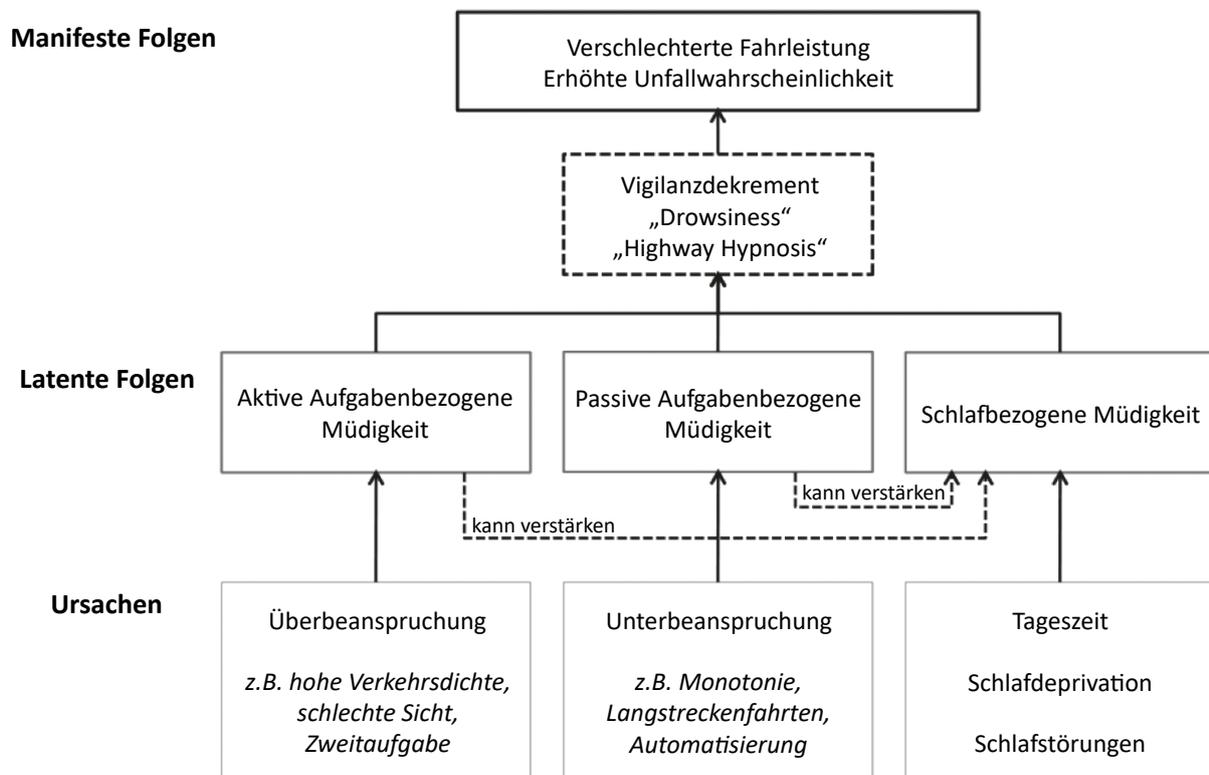


Bild 6-7: Erweitertes Müdigkeitsmodell nach (MAY & BALDWIN (2009); zitiert nach SCHMIDT (2010: 8))

Schlafbezogene Müdigkeit ist durch die Schlafqualität und -dauer sowie den bereits oben erwähnten zirkadianen Rhythmus determiniert. In diesem Zusammenhang ist auch das Persönlichkeitsmerkmal Chronotyp (Morgen- vs. Abendtyp) von Bedeutung, das mit der schlafbezogenen Müdigkeit verknüpft ist (FREY 2021: 38-39). Die Reduzierung der schlafbezogenen Müdigkeit ist in der Regel nur durch Schlaf oder die Aufnahme von Tee- oder Koffein möglich (PHILIP et al. 2006). Im Gegensatz dazu kann die aufgabenbezogene Müdigkeit durch externe Bedingungen (z. B. Aufgabenart und -dauer) verändert werden (SCHWARZ 2019: 52). Eine passive aufgabenbezogene Müdigkeit entsteht durch Aufgaben mit einem hohen Monotoniegrad (und demnach Unterbeanspruchung), wohingegen eine aktive aufgabenbezogene Müdigkeit die Folge langandauernder hoher Beanspruchung ist. Alle Ermüdungsarten wirken sich negativ auf die Leistungsfähigkeit aus, die schlafbezogene

Müdigkeit scheint jedoch einen größeren Einfluss zu haben (SCHWARZ 2019: 53). FELD-HÜTTER et al. (2018b: 2084) können zwar keinen direkten Einfluss von Müdigkeit auf die Übernahmezeit feststellen, halten jedoch fest: „Fatigued drivers appeared to over-react in such a way that they conducted rather an unsecured minimal-risk maneuver for reducing the risk of collision than a consciously planned maneuver“.

6.3.3 Experimentelle Verfahren zur Erfassung von Vigilanzabfall

Für eine Übersicht an Müdigkeitsmessverfahren wird auf FREY (2021: 42-56) und KAMALIANA et al. (2016) verwiesen. Der Leistungsabfall geht unter anderem mit dem Zustand der herabgesetzten Vigilanz einher, auch Hypovigilanz oder Vigilanzdekrement genannt (HAARMANN 2007: 29; WARM et al. 2008). Dieser Zustand wird auch von KABER & ENDSLEY (1997) adressiert, die auf insgesamt vier mögliche Human-Factors-Probleme im Zusammenhang mit dem Einsatz von Automatisierung hinweisen: die Abnahme der Vigilanz, übermäßiges Vertrauen in die Automatisierung, Verlust von Situations- und Systembewusstsein sowie das Nachlassen der Fähigkeiten zur manuellen Steuerung. Eine ausführliche Betrachtung der Problemfelder der Automatisierung, die auch als Out-of-the-loop-Probleme bezeichnet werden und aus der Entbindung des Fahrers bzw. der Fahrerin aus der Regelschleife resultieren, ist bei DAMBÖCK (2013: 50-52) oder OTHERSEN (2016: 40-41) zu finden. HELTON & RUSSELL (2012) beschäftigen sich mit dem theoretischen Fundament von Vigilanz, indem sie die einflussreichsten Vigilanztheorien (Ressourcentheorie, Mindlessness-Theorie und Goal Habituation) aufzeigen und durch ihre Studienergebnisse die Ressourcentheorie unterstützen. Diese besagt, dass die Zunahme der Fehlleistungen auf die Erschöpfung der für die Aufrechterhaltung der Leistung notwendigen kognitiven Ressourcen zurückzuführen ist (HELTON & RUSSELL 2012). Auf die Parameter zur Messung von Vigilanz (z. B. Prozentsatz des Augenschlusses, sog. PERCLOS) gehen KÖRBER et al. (2015) und BERGASA et al. (2006) ein. Diese Erkenntnisse führen in diesem Forschungsprojekt zu zwei Schlussfolgerungen: Zum einen kann die Annahme getroffen werden, dass das Ausüben einer FFT während einer SAE Level-3-Fahrt die passive aufgabenbezogene Müdigkeit reduzieren kann (MILLER et al. 2015). Der Vigilanz steigernde Effekt von FFT tritt dann jedoch möglicherweise erst nach einer bestimmten Fahrdauer ein (ZEEB 2017: 43). Zum anderen kann die Art der FFT selbst auch zu einer passiven oder aktiven aufgabenbezogenen Müdigkeit führen (JAROSCH et al. 2017) und darauffolgend die Übernahmeleistung unterminieren. Daher ist darauf zu achten, dass die Personen bei der Bearbeitung der FFT nicht durch diese über- oder unterbeansprucht werden. Eine nähere Betrachtung der Auswirkungen von Über- und Unterforderung findet sich im Kapitel 6.4.1.

6.3.4 Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis

Mit der Vigilanz ist ein weiterer Fahrerszustand, die Ausrichtung und das Niveau der Aufmerksamkeit, direkt verbunden. REGAN et al. (2011) setzten sich intensiv mit dem Thema Aufmerksamkeit auseinander und formulieren eine Taxonomie der Unaufmerksamkeit von Fahrern und Fahrerinnen, bei der die fahrfremde und die fahrbezogene Ablenkung eine von fünf Komponenten darstellt. Für eine detaillierte Beschreibung der Unaufmerksamkeitsarten wird auf MÜLLER (2020: 17-18) verwiesen. Die am Aufmerksamkeitsprozess beteiligten Einflussfaktoren werden von WICKENS & MCCARLEY (2019) anschaulich im SEEV-Modell beschrieben und daher im Folgenden vorgestellt. SEEV ist ein Akronym, das für Saliency (Saliency), Anstrengung (Effort), Erwartung (Expectancy) und Wert (Value) steht. Da Menschen nur eine begrenzte kognitive Kapazität haben, werden die eingehenden Ereignisse gefiltert. Dabei werden saliente (d. h. auffällige) Informationen, die die Erwartung erfüllen, einen hohen Wert besitzen und eine möglichst geringe Anstrengung der Informa-

tionsaufnahme aufweisen, eher verarbeitet. Die Erwartung und der Wert eines bestimmten Ereignisses steuern die Aufmerksamkeit Top-Down als innerpsychischen Prozess. Die Salienz der Informationen und die Anstrengung der Informationsaufnahme werden von außen gesteuert und über einen Bottom-Up-Prozess wahrgenommen. Die zentrale kognitive Verarbeitungseinheit in der diese Prozesse stattfinden ist das Arbeitsgedächtnis. Das Arbeitsgedächtnis besteht aus zwei Zwischenspeichern (visuell-räumlicher Notizblock und phonologische Schleife) und einer zentralen Steuerungsinstanz (zentrale Exekutive). Die Zwischenspeicher sorgen für ein kurzfristiges Behalten von visuell-räumlicher und verbaler Informationen (BADDELEY 2000). Die zentrale Exekutive ist im Gegensatz zu den beiden Speichersystemen nicht maßgeblich für das Behalten von Informationen verantwortlich, sondern übernimmt regulierende und koordinierende Funktionen. Zu diesen Funktionen gehört auch die Steuerung der Ausrichtung von Aufmerksamkeitsprozessen und damit welche Informationen mit welcher Intensität kognitiv präsent werden. Die Komponenten des Arbeitsgedächtnisses sind in ihrer Kapazität limitiert, weshalb Wahrnehmungsinhalte nur für eine kurze Zeitspanne gespeichert und aufrechterhalten werden können. Ein Teil der wahrgenommenen Informationen wird jedoch, je nach Relevanz, in das Langzeitgedächtnis überführt (BADDELEY 2000).

Untersuchungen von NAUJOKS et al. (2017) haben gezeigt, dass eine schwierig zu unterbrechende FFT zu einer beeinträchtigten Reaktionsfähigkeit auf die Übernahmeaufforderung führen kann. Wird der Prozess der temporären Konsolidierung von Gedächtnisinhalten durch ein TOR unterbrochen, so kann die Funktion des Arbeitsgedächtnisses als Zwischenspeicher nicht vollständig realisiert werden und in der Folge können für die Wiederaufnahme der Tätigkeit relevante Aspekte nicht vollständig abgerufen werden (LI et al. 2008). Um die FFT dennoch weiterzuführen, wäre ein Wiedereinstieg und eine damit verbundene Neueinspeisung der verlorengegangenen Informationen in das Arbeitsgedächtnis notwendig, was mit mentalem Aufwand verbunden ist (NAUJOKS et al. 2017).

6.3.5 Experimentelle Verfahren zur Erfassung der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit

Für die Messung der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses durch die Menge der aufgenommenen Informationen spielt die Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses eine wesentliche Rolle. Zur Bestimmung der Speicherkapazität existieren eine Reihe experimenteller Verfahren. Eine Möglichkeit besteht darin, die Menge von kurzfristig zu behaltendem Material sukzessive zu steigern und nach jeder Steigerung das Material mit leichten Veränderungen erneut darzubieten. Die Kapazitätsgrenze ist erreicht, wenn aufgrund der Vielzahl der Informationen keine Veränderungen mehr bemerkt werden (Change Detection Paradigm; ROUDER et al. 2011). In anderen Verfahren werden in das Arbeitsgedächtnis kontinuierlich Informationen eingespeist und während neue Informationen einlaufen müssen zeitlich weiter zurückliegende Informationen kontinuierlich erinnert werden (z. B. sog. N-back Tasks). Auch hiermit kann die Grenze der behaltbaren Informationsmenge ausgelotet werden. Weitere Messmethoden werden bei WILHELM et al. (2013) diskutiert.

Eng mit der fortlaufenden Verarbeitung von Informationen im Arbeitsgedächtnis ist das Konzept der Unterbrechbarkeit verknüpft. Hier wird in der Literatur auf die zeitbezogenen mentalen Kosten verwiesen, die beim temporären Umschalten auf eine andere – nicht im Fokus der Verarbeitung stehende – Aufgabe und die anschließende Rückorientierung auf die ursprüngliche Aufgabe entstehen (z. B. FOROUGH et al. 2016). Die Auswirkung einer Unterbrechung wird dabei mit Hilfe der sog. „Resumption Lag“ gemessen. Mit dieser Messgröße wird die Zeit erfasst, die benötigt wird, um nach der Unterbrechung wieder zur ursprünglichen Aufgabe zurückzukehren. Der Resumption Lag kann daher als indirekte

Größe zur Messung der Unterbrechbarkeit einer Aufgabe herangezogen werden. Weitere Aspekte zur Charakterisierung des Resumption Lag finden sich bei BRUMBY et al. (2013).

Ein weiteres experimentelles Verfahren, um die Auswirkungen der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses auf Aufmerksamkeitsprozesse in Fahrsituationen zu untersuchen, bietet der Detection-Response Task. Bei dieser Untersuchungsmethode wird der Fahrer bzw. die Fahrerin während der Fahrt in einem 3-5 Sekundentakt mit einem visuellen, taktilen oder auditiven Reiz konfrontiert, auf welchen möglichst schnell per Knopfdruck reagiert werden muss. Anschließend werden die Reaktionszeiten und Trefferraten auf die präsentierten Stimuli ausgewertet und als Indikatoren der Auswirkungen kognitiver Belastungen auf die Aufmerksamkeit interpretiert. Verzögerte Reaktionen und eine geringe Trefferrate werden im Detection-Response Task mit Aufmerksamkeitseinbußen durch kognitive Belastung interpretiert (STOJMENOVA & SODNIK 2018).

6.3.6 Emotionaler Zustand und psychische Sättigung

Der emotionale Zustand, ein multidimensionales Konstrukt, ist eng mit der Aufmerksamkeit verknüpft. SCHWARZ (2019: 47-48) fasst vorherige Studien zusammen und führt an, dass negative Emotionen (z. B. Angst, Frustration) in Verbindung mit Stress die Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozesse beeinträchtigen können und zur Leistungsminderung führen. Daher sollte bei der Auswahl von FFT darauf geachtet werden, dass ihre Bearbeitung bei dem Fahrer bzw. der Fahrerin keine leistungs- oder versagensbezogenen Ängste auslöst, da dies in Kombination mit einer stressigen Übernahmesituation leistungsmindernd wirken könnte. CUMMINGS et al. (2016) haben sich mit der Emotion Langeweile beschäftigt und postulieren, dass Langeweile mit Vigilanz, Motivation, Aufmerksamkeit und Aufgabenleistung zusammenhängt. Es sollten daher nur FFT bei SAE Level 3 und SAE Level 4 stattfinden, die nicht zu einem empfundenen Zustand der Langeweile führen. Ergebnisse einer Studie von ROIDL et al. (2014) weisen zudem darauf hin, dass sich Emotionen wie Wut und Angst auf das Fahrverhalten (z. B. Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Bremsverhalten) auswirken können.

Eng mit der Emotion verknüpft ist der Zustand der psychischen Sättigung, der als „Zustand der nervös-unruhevollen, affektbetonten Ablehnung einer Handlung gekennzeichnet“ (WENDSCHE 2007: 9) werden kann. Er wird unter anderem durch die Eigenart der Handlung (geringe Komplexität, fehlender Sinn, fehlendes Ziel) begünstigt (LEWIN 1928; KARSTEN 1928; beide zitiert nach WENDSCHE 2007: 10-11). Daraus kann resultieren, dass eine Person das subjektive Gefühl hat, auf der Stelle zu treten und trotz eingesetztem Aufwand nicht weiterzukommen. Wird die Handlung weiter ausgeführt, kann dies zu einem Zustand der Übersättigung führen und in einer Leistungsverschlechterung, einer Fehlererhöhung sowie Ermüdung münden (KARSTEN; zitiert nach WENDSCHE 2007: 10). WENDSCHE (2007: 18) erläutert, dass Forscher und Forscherinnen heutzutage allerdings annehmen, dass psychische Sättigung als „ausführungsbedingter, bei fortwährender Wiederholung einer Handlung entstehender Verlust intrinsischer Motivation, der bei jeder Tätigkeit, bei der die intrinsische Motivation anfänglich größer Null ist, auftreten kann“ verstanden werden kann.

6.3.7 Situationsbewusstsein

Eine weitere wichtige Dimension des Fahrerzustands, der durch höhere Automationslevel verschlechtert werden kann, ist das Situationsbewusstsein, wobei der Verlust des Situationsbewusstseins mit Fehlhandlungen und -entscheidungen einhergehen kann (SCHWARZ 2019: 59). ENDSLEY (1995: 36) definiert das Situationsbewusstsein wie folgt: „Situation

awareness is the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future“. Demnach basiert das Situationsbewusstsein auf den drei aufeinanderfolgenden Stufen: Wahrnehmung, Verstehen und Projektion. Einen Überblick über andere Modelle des Situationsbewusstseins liefern STANTON et al. (2001). Verfahren zur Messung des Situationsbewusstseins (z. B. die Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) von Endsley selbst (ENDSLEY & GARLAND 2000) werden bei MÜLLER (2020: 65-66) und SCHWARZ (2019: 21) anschaulich aufgelistet. SARTER & WOODS (1991) beschreiben vier Komponenten des Situationsbewusstseins: (1) spatial awareness, (2) identity awareness, (3) responsibility awareness sowie (4) temporal awareness. MÜLLER (2020: 33) führt bisherige Forschungsergebnisse an, die zeigen, dass sich das Situationsbewusstsein bei der Ausübung einer FFT bei manueller Fahrzeugführung signifikant reduziert. LU et al. (2017) untersuchen zudem, wie lange es dauert, bis Fahrer und Fahrerinnen bei einer automatisierten Fahrt ein Situationsbewusstsein für die Verkehrssituation aufbauen und kommen zu dem Schluss, dass ab sieben Sekunden keine weitere Steigerung des Situationsbewusstseins zu verzeichnen ist. MÜLLER (2020: 123-124) stellt fest, dass eine Vorwarnzeit auf eine in Kürze anstehende Situationsbewusstseinsmessung während der FFT-Bearbeitung beim hochautomatisierten Fahren das Situationsbewusstsein signifikant verbessert, er konnte allerdings keine Unterschiede zwischen kurzen (2 Sekunden) und langen (8 Sekunden) Vorwarnzeiten identifizieren. Außerdem führt er an, dass die Annahme, das Situationsbewusstseinsniveau würde sich für alle Arten von FFT bei einer entsprechend langen Vorwarnzeit angleichen, nicht mit seinen Ergebnissen übereinstimmt, sondern dass bspw. ebenso die Unterbrechbarkeit der FFT einen Einfluss auf das Situationsbewusstsein ausübt. YANG et al. (2018) stellen ein HMI-Konzept vor, das mittels eines Lichtbands, besetzt mit lichtemittierender Dioden (LED), am unteren Rand der Sichtschuttscheibe Situationsinformationen (z. B. Status und Absicht der Automation) visualisiert. Hierdurch soll das Situationsbewusstsein während der automatisierten Fahrt erhöht werden, ohne dabei von der FFT abzulenken. Sie zeigen, dass das dadurch erhöhte Situationsbewusstsein in einer besseren Übernahmeleistung mündet und zugleich das Vertrauen und die Akzeptanz in die Automatisierung steigert. Das Systembewusstsein (auch Mode Awareness) wird als Teil des Situationsbewusstseins verstanden (SARTER & WOODS 1995) und bezieht sich lediglich auf Wissensrepräsentationen über das System. Bei Wissenslücken hinsichtlich des Systems kommt es zu dem Effekt der Automation Surprise (SARTER & WOODS 1995), unter anderem dadurch, dass sich das technische System anders verhält als erwartet (sog. Mode Confusion, BREDEREKE & LANKENAU 2002). VAN DEN BEUKEL & VAN DER VOORT (2014) formulieren als Gestaltungsmerkmale der Mensch-Fahrzeug-Interaktion beim teilautomatisierten Fahren, dass Mode Confusion vermieden werden sollte, indem dem Fahrer und Fahrerinnen der Systemzustand angemessen übermittelt wird und dieser jederzeit überprüfbar ist.

6.3.8 Kinetose

Ein unerwünschter Fahrerszustand, der während höherer Automatisierungsstufen bei der Ausübung von FFT auftreten kann, ist die Kinetose, auch bezeichnet als Motion Sickness. FREY (2021: 61) hält fest, dass Kinetose darauf zurückzuführen ist, dass während der Ausübung der FFT kein visuell-vestibulärer Abgleich durch Beobachtung der Fahrt mehr stattfindet. DIELS & BOS (2016: 375-376) konstatieren: „(...) vehicle automation can be predicted to increase the likelihood and severity of motion sickness, or what we refer to as Self-Driving Carsickness“. Hinsichtlich der Konsequenzen schreiben sie: „Although the ultimate scenario would involve a passive driver vomiting at the moment his or her interaction is required as a driver, more subtle effects may include effects on situation awareness

and response times“ (DIELS & BOS 2016: 381). SMYTH et al. (2018) weisen in ihrer Studie einen signifikanten Effekt der Kinetose auf die kognitive, physische, physisch-visuelle und physisch-kognitive Leistung nach. Als Kinetose-Symptome führen sie neben Übelkeit unter anderem auch Desorientierung und Müdigkeit auf. Auch FREY (2021: 61) betont, dass die bisherige Studienlage darauf hinweist, dass das Auftreten von Kinetose mit einem Müdigkeitsanstieg verknüpft zu sein scheint, was wiederum die Übernahmebereitschaft beeinflussen kann. CARSTEN & MARTENS (2019) führen Lösungen zur Vermeidung dieses Zustands an, bei denen dem Fahrzeugverhalten sowie den Display-Eigenschaften eine wichtige Rolle beigemessen werden: Können die Fahrer und Fahrerinnen bspw. die Bewegungsbahn des Fahrzeugs antizipieren und dementsprechend inkongruente visuell-vestibuläre Bewegungen vermeiden, so lässt sich das Auftreten von Kinetosezuständen reduzieren (CARSTEN & MARTENS 2019). Zudem zeigte die Positionierung von Displays in der Nähe der Sichtlinie zur Fahrbahn positive Effekte hinsichtlich der Vermeidung von Kinetoseentstehung. Zukünftig ist denkbar, dass Fahrzeuge, welche die aktuelle Beschäftigung des Fahrers oder der Fahrerin erkennen können, die Fahrzeugbewegungen teilweise auf diese Tätigkeit abstimmen. So würde die Tätigkeit Lesen mit einer defensiveren Fahrweise des Fahrzeugs einhergehen (CARSTEN & MARTENS 2019).

6.4 Bestimmungsgrößen menschlicher Leistung

Eine Über- oder Unterforderung des Fahrers oder der Fahrerin durch die auszuführende Aufgabe ist von seinen oder ihren individuellen Personenmerkmalen abhängig. Ebenso spielen Konstitutions- und Dispositions- als auch Qualifikations- und Kompetenzmerkmale der Person bei der Aufgabenbewertung eine Rolle. Im nachfolgenden Kapitel werden nach der Diskussion von Über- und Unterforderung verschiedene Bestimmungsgrößen menschlicher Leistung betrachtet.

6.4.1 Über- und Unterforderung

Bleiben bei der Betrachtung der Aufgabencharakteristika die Personenmerkmale unberücksichtigt, werden bei der Betrachtung des Fahrerzustands (z. B. die Beanspruchung) nur personenunabhängige Faktoren wie der Aufgabenkomplexität einbezogen und individuelle Fähigkeiten und Eigenschaften des Fahrers oder der Fahrerin vernachlässigt. Dieser Sachverhalt wird auch im Task-Capability Interface Modell von FULLER (2005), das sich auf die Fahraufgabe bezieht, illustriert. WANDTNER (2018: 27) wendet das Modell an, um die von VOGELPOHL et al. (2016: 70) aufgeführten vier verschiedenen Einflussvariablen (vgl. Tabelle 5-1) miteinander in Beziehung zu setzen. In dem Modell wird angenommen, dass sich aus der Differenz zwischen der Aufgabenanforderung, die sich gemäß (WANDTNER (2018: 27) aus Umwelt-, Fahrzeug- und HMI-Variablen zusammengesetzt, und den Fähigkeiten des Fahrers bzw. der Fahrerin (Fahrer-Variablen) die Aufgabenschwierigkeit ergibt. Die Leistungsfähigkeit des Fahrers oder der Fahrerin wird dabei unter anderem durch physiologische Eigenschaften sowie durch Faktoren wie Wissen, Fähigkeiten, Ausbildung, Motivation und Müdigkeit bestimmt (FULLER 2005). Aus den bereits zuvor thematisierten Gründen werden im Weiteren keine individuellen Fahrer- bzw. Fahrerinnenvariablen berücksichtigt, sondern es wird von einer als durchschnittlich angenommenen Fahrerkompetenz ausgegangen, welche durch die im Rahmen der BKrFQV aufgeführten Kenntnisbereiche operationalisiert wird. So kann ein globaler Abgleich zwischen Fähigkeiten und Anforderungen stattfinden und über Erfolg oder Misserfolg bei der Ausführung der Aufgabe entscheiden. Ein Missverhältnis kann sich in Unter- und Überforderung ausdrücken, wobei beides mit einer verminderten Leistungsfähigkeit einhergeht (DE WAARD 1996: 24). Diesbezüglich

differenziert RUDOW (2014: 71) zwischen qualitativer und quantitativer Unter- sowie Überforderung. Von YERKES & DODSON (1908) wird in ihrem bekannten Yerkes-Dodson Gesetz ein Punkt optimaler Erregung in dem umgekehrt U-förmigen Kurvenverlauf postuliert, wohingegen eine zu geringe und eine zu hohe Erregung negativ mit der Leistungsfähigkeit verbunden ist. Aufgrund der eindimensionalen Betrachtungsweise wurde das Modell allerdings vielfach kritisiert und daher weiterentwickelt (HANCOCK & GANEY 2003). Im Kontext dieses Forschungsprojekts wird das durch die FFT induzierte Aktivierungsniveau mit dem Aspekt der Monotonie in Zusammenhang gebracht. Es ist davon auszugehen, dass der durch die Aufgabencharakteristik hervorgerufene Grad der Monotonie bzw. Nicht-Monotonie mit dem Grad der Aktivierung korrespondiert. So führt eine nicht-monotone Aufgabe zu einer entsprechend höheren bzw. hohen Aktivierung, während eine monotone Aufgabe mit einem niedrigen Aktivierungszustand einhergeht. Eine sehr monotone FFT senkt durch Unterforderung das Erregungsniveau des Fahrers oder der Fahrerin und kann nach längerer Bearbeitungszeit zu einem stärkeren Ermüdungszustand führen (JAROSCH et al. 2019).

Ein weiteres, umfassendes Modell zur Gliederung der individuellen Bestimmungsgrößen der menschlichen Leistung ist in Bild 6-8 aufgeführt (SCHLICK et al. 2018: 61).

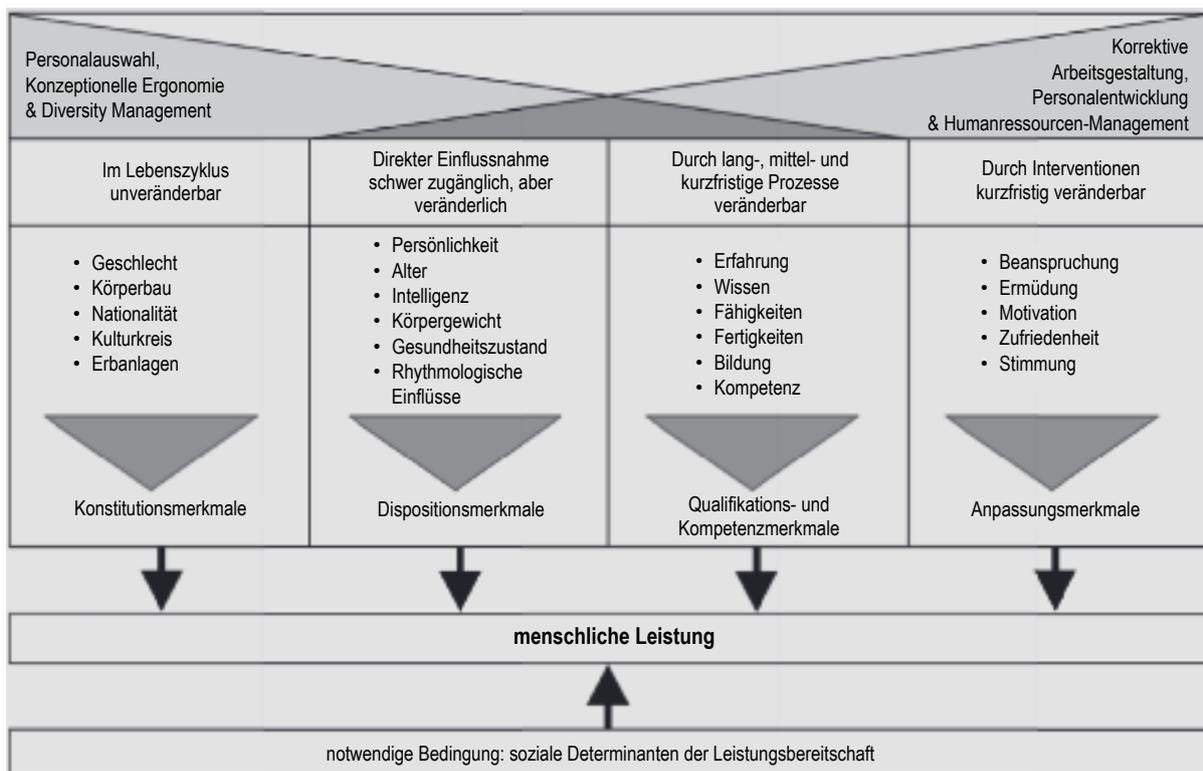


Bild 6-8: Bestimmungsgrößen der menschlichen Leistung (SCHLICK et al. 2018: 61)

Die menschliche Leistung wird dabei durch Konstitutions-, Dispositions-, Qualifikations- und Kompetenz- sowie Anpassungsmerkmale bestimmt, die sich im Wesentlichen in ihrer Veränderbarkeit unterscheiden. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden nur die Anpassungsmerkmale sowie teilweise die Qualifikations- und Kompetenzmerkmale berücksichtigt. Die Konstitutions- und Dispositionsmerkmale zählen zu den personenspezifischen Variablen und werden aufgrund der hohen individuellen Variabilität im Rahmen des SYMtastik-Projekts nicht berücksichtigt.

6.4.2 Konstitutions- und Dispositionsmerkmale

Konstitutions- und Dispositionsmerkmale sollen aufgrund ihrer zeitlichen Veränderbarkeit zwar zunächst nicht in den Katalog aufgenommen werden. Da zukünftig aber denkbar wäre, Fahrerprofile im Katalog zu berücksichtigen, wird im Folgenden kurz auf sie eingegangen.

Konstitutionsmerkmale (z. B. Geschlecht, Erbanlagen) bleiben im Leben in der Regel nahezu gleich, während sich Dispositionsmerkmale (z. B. Alter, rhythmologische Einflüsse) verändern, wobei diese Veränderungen aber schwer zu beeinflussen sind. In ihrer umfassenden Literaturanalyse zum Themengebiet Human Factors beim automatisierten Fahren ab SAE Level 2 stellen SCHÖMIG et al. (2020: 19) fest, dass das Alter oder Geschlecht selten in den Fragestellungen der FFT-Studien berücksichtigt werden. PURUCKER et al. (2018) können keine Alters- und Geschlechtseffekte auf Übernahmezeiten bei SAE Level 3-automatisiertem Fahren feststellen. Ebenso konnten MILLER et al. (2016), KÖRBER et al. (2016) und PETERMANN-STOCK et al. (2013) keine Alterseffekte identifizieren. CLARK & FENG (2017) beschäftigten sich ebenfalls mit Einflüssen des Alters auf die Übernahmeleistung und merken an, dass festgestellte überdurchschnittliche Leistungen bei älteren Teilnehmenden darauf zurückgeführt werden könnten, dass die Stichprobe der älteren Probanden und Probandinnen möglicherweise nicht repräsentativ für die ältere Gesamtbevölkerung ist. Wie bereits bei MILLER et al. (2016) und KÖRBER et al. (2016) beobachtet, könnten Ältere (ab 60 bzw. 70 Jahren) außerdem durch kompensatorische Verhaltensweisen (z. B. langsamere Fahrgeschwindigkeit) versuchen, den altersbedingten Leistungseinbußen entgegenzuwirken. Für eine Zusammenfassung potenzieller altersbedingter Beeinträchtigungen (z. B. langsamere Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit) wird auf KÖRBER & BENGLER (2014) verwiesen, allerdings ist anzumerken, dass sich die Arbeitswissenschaft zunehmend von der generellen Annahme eines altersbedingten Leistungsabfalls distanziert und eher eine höhere Leistungsvariabilität im Alter annimmt (SCHLICK et al. 2018: 81). Trotzdem lassen sich allgemeine altersbedingte Veränderungen des visuellen, kognitiven und auditiven Systems identifizieren, unter anderem eine Sehleistungsminde- rung, eine erhöhte Hörschwelle, eine geringere Effektivität des Arbeitsgedächtnisses sowie die Abnahme des räumlichen Vorstellungsvermögens (SCHLICK et al. 2018: 81-86). Die Erkenntnisse zum altersbedingten Leistungswandel sollten in der HMI-Gestaltung einfließen, indem unter anderem angemessene Schriftgrößen und Kontraste verwendet werden und hochfrequente Warntöne vermieden werden. Ebenso zu beachten gilt, dass die Leistungsfähigkeit von Menschen (zum Beispiel die Aufmerksamkeitsleistung) über den Tagesverlauf nicht konstant bleibt, sondern einem zirkadianen Rhythmus unterliegt, weshalb der Arbeitszeit eine wichtige Rolle zukommt (SCHLICK et al. 2018: 108; FREY 2021: 37-38). Wie erwähnt, wurden die beschriebenen Konstitutions- und Dispositionsmerkmale nicht in den Katalog aufgenommen, sie sollten jedoch zukünftig bei der Erstellung etwaiger Fahrerprofile berücksichtigt werden.

6.4.3 Qualifikations- und Kompetenzmerkmale

Zu Qualifikations- und Kompetenzmerkmalen gehören unter anderem Erfahrungen, Wissen, Bildung und Fähigkeiten (SCHLICK et al. 2018: 61). Hierbei werden Qualifikation und Kompetenz im Glossar des Deutschen Qualifikationsrahmen wie folgt unterschieden: „Qualifikation bezeichnet das formale Ergebnis eines Beurteilungs- und Validierungsprozesses, bei dem eine dafür zuständige Institution festgestellt hat, dass die individuellen Lernergebnisse vorgegebenen Standards entsprechen. (...) Kompetenz bezeichnet (...) die Fähigkeit und Bereitschaft des Einzelnen, Kenntnisse und Fertigkeiten sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten zu nutzen und sich durchdacht sowie individuell und sozial

verantwortlich zu verhalten“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung & Sekretariat der Kultusministerkonferenz 2021). Kompetenz kann dabei in die drei Hauptkompetenzen Fachkompetenz, Sozialkompetenz und Selbstkompetenz gegliedert werden (Sekretariat der Kultusministerkonferenz 2018).

Kompetenzen und Qualifikationen orientieren sich in diesem Forschungsprojekt an der BKrFQV, welcher implizit ein durchschnittliches Fahrerkompetenzprofil zugrunde liegt. Einzelne Aspekte dieses Profils (bspw. fachbezogene Kompetenzen, grundlegende praktische Fertigkeiten) ermöglichen einen Abgleich zwischen dem Anforderungsprofil der einzelnen FFT sowie dem Qualifikationsprofil der Fahrer und Fahrerinnen. Durch Abgleich dieser Profile kann auf eine potenzielle Überforderung bei der Aufgabenbearbeitung geschlossen werden. Es sollte eine Passung der Profile anvisiert werden, um einen im Übernahmefall angemessenen aufgabeninduzierten Fahrerzustand zu gewährleisten. Erste Ansätze, um auf geeignetem Niveau Kompetenzen zur Beschreibung von FFT zu identifizieren, bieten Testverfahren zur Eignungsmessung für verschiedene Berufe. Hierbei können der AZUBI-TH (GÖRLICH & SCHULER 2007) und AZUBI-BK (SCHULER & GÖRLICH 2005) als interessante praxisnahe Testverfahren aufgeführt werden. Sie wurden entwickelt, um die Eignung von Bewerbern und Bewerberinnen für den technisch-handwerklichen (TH) Bereich und den büro-kaufmännischen (BK) Bereich zu testen. Insbesondere der AZUBI-BK ist vielversprechend, da es sich bei den wirtschaftlichen FFT hauptsächlich um kaufmännische Tätigkeiten handelt. Grundlage des AZUBI-BK ist eine inhaltsbezogene Anforderungsanalyse, bei der erforderliche Kernfähigkeiten für das Berufsbild herausgearbeitet wurden. Die Dimensionen des AZUBI-BK beziehen sich auf sprachliche Fähigkeiten, rechnerische Fähigkeiten, Gedächtnis sowie Bearbeitungsgeschwindigkeit und -genauigkeit. Die Dimensionen des AZUBI-TH sind räumliches Vorstellungsvermögen, Rechenfähigkeit, technisches Verständnis sowie Rechtschreibkenntnisse. Im Zusammenhang mit den Aufgabenanforderungen der FFT haben sich aus den im AZUBI-TH und AZUBI-BK thematisierten Dimensionen drei Kernkompetenzen als zentral erwiesen. Hierbei handelt es sich um die qualitativ unterschiedlichen Kompetenzen der raumbezogenen, mathematischen und sprachbezogenen Denkopoperationen. Die beiden zuerst genannten lassen sich auf die Anforderungsanalyse relevanten Dimensionen des räumlichen Vorstellungsvermögens sowie der Rechenfähigkeit im technisch-handwerklichen AZUBI zurückführen. Eine Tätigkeit im büro-kaufmännischen Bereich erfordert neben den ebenfalls rechnerischen Kernfähigkeiten auch sprachliche Fähigkeiten. Der besondere Stellenwert dieser Kerndimensionen der raumbezogenen, mathematischen und sprachbezogenen Fähigkeitsbereiche wird auch im Zusammenhang mit der Definition genereller intellektueller Leistungsvoraussetzungen (Intelligenz) in wissenschaftlichen Testverfahren (bspw. Intelligenz Struktur Test-2000) adressiert (AMTHAUER et al. 1999).

6.5 Aufgabenunabhängige personenspezifische Einflussfaktoren

Neben dem aufgabeninduzierten Fahrerzustand können ebenfalls aufgabenunabhängige Personenmerkmale die Übernahmefähigkeit beeinflussen. Eine wesentliche Variable ist hierbei das Vertrauen in das System, das auch einen starken Einfluss auf die Akzeptanz und Nutzung von automatisierter Technologie hat (MOLNAR et al. 2018) und eine notwendige Bedingung für die fahrer- bzw. fahrerinnenseitige Verwendung von FFT darstellt (MIGLANI et al. 2016). Verschiedene Studien zeigen (z. B. SCHWARZ et al. 2019), dass das Alter und Geschlecht des Fahrers bzw. der Fahrerin mit dem Vertrauen in automatisierte Systeme zusammenhängen könnte. HERGETH et al. (2016) wiesen zudem einen Zusammenhang

zwischen dem Vertrauen der Fahrer und Fahrerinnen in die Automatisierung und dem Blickverhalten nach, insofern, als Probanden und Probandinnen mit höherem Vertrauen ein geringeres Überwachungsverhalten des Fahrsystems während der Ausübung der FFT zeigten. FREY (2021: 217) hält fest: „Wenn die Versuchsteilnehmer und Versuchsteilnehmerinnen ohne Kontrollblicke auszuführen (weil sie der Funktion vertrauen) ihren motivierenden FFT nachgehen, kann dadurch erfolgreich einer Ermüdung vorgebeugt werden. Sobald die Fahrer und Fahrerinnen jedoch beginnen, „Überwachungsverhalten“ in Form kurzer Kontrollblicke zu zeigen, steigt die Gefahr zu ermüden wieder an“. Beim Vertrauen scheint allerdings sowohl eine zu geringe als auch eine zu hohe Ausprägung nachteilig für die Übernahmeleistung zu sein. PARASURAMAN & RILEY (1997: 236) schreiben diesbezüglich: „Trust often determines automation usage. Operators may not use a reliable automated system if they believe it to be untrustworthy. Conversely, they may continue to rely on automation even when it malfunctions.“ LEE & SEE (2004) halten fest, dass angemessenes Systemvertrauen davon abhängt, wie gut die Leistungsfähigkeit der Automatisierung den Benutzenden vermittelt wird. Dabei sollte ein angemessenes, jedoch kein überhöhtes Vertrauen hergestellt werden. EKMAN et al. (2017) beziehen sich bei ihrer Vertrauensforschung auf automatisierte Fahrzeugsysteme und stellen einen Leitrahmen für die Implementierung von vertrauensbildenden Faktoren in der HMI-Schnittstelle auf. Sie betonen außerdem, dass die Bildung von Vertrauen einem dynamischen Prozess unterliegt, der bereits weit vor dem ersten Nutzer- und Nutzerinnenkontakt mit dem System beginnt und sich auch noch lange danach fortsetzt. Auch CARSTEN & MARTENS (2019: 8) unterstreichen die Bedeutung des HMI-Designs für das Systemvertrauen: „Since trust evolves over time, based on experience with these systems and knowledge that people have about these systems and perceived risk (risk awareness), there is a potential role for HMI. Designing an HMI that guides the driver in actual driving conditions under specific settings and encourages appropriate trust is in our view of crucial importance to ensure safe and comfortable use.“ Es gilt somit, u. a. durch HMI-Gestaltung ein angemessenes Vertrauen zu gewährleisten (VAN DEN BEUKEL & VAN DER VOORT 2014), indem die direkte Beobachtung des Systemverhaltens und der zugrunde liegenden Mechanismen ermöglicht wird (MORRA et al. 2019).

Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche haben HOFF & BASHIR (2015) ein Vertrauensmodell entwickelt, das die Vielschichtigkeit von Vertrauen darstellt und – wie bereits einige Forschende zuvor – dispositionelles, situatives und erlerntes Vertrauen unterscheidet. Dispositionelles Vertrauen beschreibt eine überdauernde Tendenz der Person, der Automatisierung zu vertrauen und wird durch Persönlichkeitsmerkmale beeinflusst. Situatives Vertrauen ist hingegen abhängig vom spezifischen Kontext einer Interaktion. Erlerntes Vertrauen basiert auf vergangenen Erfahrungen, die für ein bestimmtes automatisiertes System relevant sind. Somit wird deutlich, dass Vertrauen stark mit dem Erfahrungsgrad verknüpft ist. Hierbei kann zwischen Novizen bzw. Novizinnen und Experten bzw. Expertinnen unterschieden werden (OTHERSEN 2016: 36). Während Novizen und Novizinnen das System erst kennenlernen und aufgrund des geringen Erfahrungsgrades zunächst ein niedrigeres Vertrauen in das System haben, ist Experten und Expertinnen die Funktionsweise des Systems bekannt, woraus ein höheres Vertrauenslevel resultiert. Es überrascht nicht, dass die Erfahrung mit Übernahmesituationen in der Meta-Analyse von ZHANG et al. (2019) daher eine wichtige Einflussgröße auf die Übernahmezeit ist. Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch wenig Erfahrung der Lkw-Fahrer und Lkw-Fahrerinnen mit Übernahmesituationen in der Praxis vorliegen und der Erfahrungsgrad zu den personenspezifischen Einflussgrößen zählt, wird diesem Aspekt im vorliegenden Forschungsprojekt nicht weiter nachgegangen.

6.6 HMI-Variablen

Das HMI ist beim hochautomatisierten Fahren zentral, denn „the vehicle and human can be seen as a joint cognitive system, with both elements required to collaborate to deliver safe and comfortable driving. The main communication means between vehicle and human in that collaboration is the human machine interface (HMI)“ (CARSTEN & MARTENS 2019: 3). Die Mensch-Maschine-Schnittstelle hat einen bedeutsamen Einfluss auf die Übernahme, unter anderem, weil das Bemerkens und Interpretierens der Übernahmeaufforderung für den Übernahmeprozess entscheidend ist (NAUJOKS et al. 2016b). Bei der Beurteilung von HMIs ist zum einen relevant, welcher Kommunikationskanal (bzw. welche Modalität) verwendet wird, zum anderen spielt der Kommunikationsinhalt eine wichtige Rolle (SCHÖMIG et al. 2020: 18). Die Abwendung von der FFT durch einen TOR kann durch unterschiedliche Übernahmeaufforderungen eingeleitet werden, die in der Konsequenz zu einer Blockierung der Weiterbearbeitung der FFT führen.

Die Modalität der Übernahmeaufforderung war bereits in zahlreichen Studien Untersuchungsgegenstand (NAUJOKS et al. 2016b). HERCZEG (2014; zitiert nach OTHERSEN 2016: 50) führt an, dass im Fahrzeug visuelle Anzeigen (z. B. Signallampen), haptische Steuerelemente (z. B. Dreh- und Schieberegler, Sitzvibration) oder sprachliche Interaktionsformen (z. B. Sprachausgabe und -eingabe) verwendet werden können. Zur Informationsübertragung wird im Fahrzeug dabei die visuelle Modalität am häufigsten genutzt. SCHÖMIG et al. (2020: 18) fassen in ihrer Literaturanalyse zusammen, dass auch der überwiegende Anteil von experimentellen SAE Level 3-Publikationen visuelle Elemente im HMI verwendet. Zusätzlich zu der visuellen Komponente werden in experimentellen SAE Level 3-Publikationen häufig noch akustische Elemente im HMI genutzt (SCHÖMIG et al. 2020: 18). KRAMER et al. (2007) führen als Anforderung an, dass akustische Meldungen nicht durch andere akustische Informationen im Auto überlagert werden dürfen. Sofern dies sichergestellt ist, kann der Vorteil von akustischen Warnungen, neben der leichteren Erlernbarkeit (BAZILINSKY et al. 2018) sein, dass sie unabhängig vom Blick des Fahrers bzw. der Fahrerin sind und somit auch wahrgenommen werden können, wenn der Fahrer oder die Fahrerin durch die FFT stark visuell abgelenkt ist (VOGELPOHL et al. 2016: 73). Dies gilt ebenso für vibrotaktile Signale (PETERMEIJER et al. 2017a). Diesbezüglich fanden PETERMEIJER et al. (2017b) heraus, dass auditive und taktile Übernahmeaufforderungen insgesamt zu schnelleren Reaktionen führten als visuelle Übernahmeaufforderungen. In dieser Studie wurde, ebenso wie in der Studie von YOON et al. (2019), keine Interaktion zwischen der TOR-Modalität und der (dominanten) Modalität der FFT gefunden. Sprachausgaben werden vergleichsweise selten in Studien eingesetzt, wobei NAUJOKS et al. (2016c) und BAZILINSKY et al. (2018) in ihren Studien feststellten, dass sie im Vergleich zu generischen auditiven Ausgaben von den Probanden und Probandinnen bevorzugt wurden. Kurze Warntöne können im Vergleich zu Sprachausgaben allerdings zu schnelleren Erstreaktionen führen, weil Menschen dazu neigen, die Sprachnachricht vor Start der Handlung zunächst zu Ende zu hören (BAZILINSKY et al. 2018). Haptische Signale wurden bisher gemäß SCHÖMIG et al. (2020: 18) am seltensten in experimentellen SAE Level 3-Studien untersucht (z. B. Sitzvibration, gurtbasierte vibrotaktile Rückmeldung oder Bremsruck) und werden bisher auch im Automobilbereich am seltensten verwendet. Sie besitzen die Eigenschaft, eine begrenzte Informationsmenge in privater Art und Weise zu kommunizieren (BAZILINSKY et al. 2018). Es hat sich gezeigt, dass vibrotaktile Reize als einfache Warnungen wirksam sein können und dazu dienen können, die Aufmerksamkeit eines abgelenkten Fahrers bzw. einer abgelenkten Fahrerin umzulenken (PETERMEIJER et al. 2016).

Neben den unterschiedlichen Modalitäten, die in der Vergangenheit untersucht wurden, wurde auch Forschung innerhalb der jeweiligen Modalität betrieben. MORRA et al. (2019)

führen bspw. drei Kategorien von visuellen Fahrzeugschnittstellen an: Head-Down-Displays (HDDs), Head-Up-Displays (HUDs) und Head-Mounted-Displays (HMDs). Bei HDDs wird der Blick auf die Straße zwar nicht verdeckt, sie führen allerdings zu einer Blickabwendung. Mittels HUDs können zeitgleich der Verkehr und relevante Systeminformationen wahrgenommen werden, sie sind jedoch mit einem hohen konstruktiven Aufwand verbunden. HMDs, auf dem Kopf befindliche visuelle Ausgabegeräte, haben die gleichen Vorteile wie HUDs, weisen jedoch ein geringeres Maß an Gebrauchstauglichkeit auf. MORRA et al. (2019) fassen auf Basis ihrer Literaturrecherche zusammen, dass HUDs – insbesondere Augmented Reality (AR)-HUDs – im Vergleich zu HDDs zu einer besseren Leistung, bspw. zu kürzeren Reaktionszeiten, führen und von den Nutzenden im Vergleich zu HDDs und HMDs bevorzugt verwendet werden.

Nicht nur die Modalität an sich, sondern auch die Anzahl der eingesetzten Modalitäten ist häufig Untersuchungsgegenstand. BURKE et al. (2006) untersuchten in ihrer Meta-Analyse die allgemeinen Auswirkungen von multimodalem Feedback auf die Benutzer- bzw. Benutzerinnenleistung und fanden heraus, dass visuell-auditive und visuell-taktile Rückmeldungen im Vergleich zu rein visueller Rückmeldung die Leistung verbesserten. Außerdem stellen sie fest, dass visuell-auditives Feedback am effektivsten ist, wenn eine einzige Aufgabe bei normaler Arbeitsbelastung durchgeführt wird, während visuell-taktiler Feedback bei höherer Arbeitsbelastung und mehreren auszuführenden Aufgaben nützlicher ist. Im Kontext des manuellen Fahrens mit einem Fahrerassistenzsystem haben einige Forschende jedoch nachgewiesen, dass multimodale Warnungen einen nachteiligen Effekt haben könnten, möglicherweise, weil sie sowohl bei hoher räumlicher als auch zeitlicher Inkongruenz eher als eine Reihe von Warnungen und nicht als eine einzige Warnung wahrgenommen werden und somit zu einer Überlastung der Reizverarbeitung führen können (PETERMEIJER et al. 2017a). Im Bereich des hochautomatisierten Fahrens kommen viele Studien zu dem Schluss, dass multimodale Warnungen den unimodalen Warnungen überlegen sind, weil sie mehr Informationen pro Zeiteinheit transportieren oder weil eine der Modalitäten durch die FFT nicht verfügbar ist (BAZILINSKY et al. 2018). Auditive und visuelle Warnungen in Kombination können in einer verbesserten Übernahmereaktion, insbesondere in schwierigen Übernahme-situationen münden (z. B. NAUJOKS et al. 2014). YOON et al. (2019) untersuchten in ihrer Studie verschiedene unimodale und multimodale TOR und finden heraus, dass rein visuelle Warnungen die längsten Hands-on-Zeiten aufweisen, was auf eine als gering wahrgenommene Dringlichkeit im Vergleich zu den anderen Modalitäten zurückgeführt werden kann. So hängt die Dringlichkeit der Situation gemäß BAZILINSKY et al. (2018) stark mit den Präferenzen der Menschen für verschiedene TOR-Modalitäten zusammen. Über 1600 Personen wurden in ihrer Studie befragt, um die öffentliche Meinung zu visuellen, auditiven und vibrotaktilen Anzeigen beim hochautomatisierten Fahren zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass die Befragten eher multimodale TOR bevorzugen, wenn die Dringlichkeit der Übernahme höher ist. Bei geringer Dringlichkeit wurden rein auditive TOR präferiert, wobei rein visuelle TOR gegenüber rein vibrierenden TOR in Situationen mit geringer Dringlichkeit bevorzugt wurden. Multimodale Warnungen erhöhen jedoch nicht nur die subjektiv wahrgenommene Dringlichkeit, sondern lösen auch schnellere Reaktionszeiten als unimodale Warnungen aus (z. B. PETERMEIJER et al. 2017a; POLITIS et al. 2014). BAZILINSKY et al. (2018: 84) schreiben bezüglich der Dringlichkeit: „Looming sounds, which are sounds that increase in intensity with the criticality of the situation, are another type of auditory displays that might be useful in automated driving.“ In dringenden Übernahmefällen oder bei stark beeinträchtigenden FFT könnten sogenannte Lockouts, bei denen systemseitig die Aufgabenbearbeitung zum Zeitpunkt der Übernahmeaufforderung unterbrochen wird, für die Übernahme hilfreich sein (WANDTNER 2018:

123), wobei nicht jede FFT (z. B. Buch lesen) vom System direkt abgebrochen werden kann (WANDTNER 2018: 90-91).

Neben der Modalität ist der Kommunikationsinhalt von Bedeutung. Dabei könnten über die Gestaltung der Modalitäten zusätzliche Informationen zur Situation vermittelt werden. Allgemein halten LAU et al. (2018) auf Basis ihrer Literaturrecherche fest, dass für eine angemessene Reaktion des Fahrers oder der Fahrerin die Mensch-Maschine-Schnittstellen Informationen über den Systemstatus und Systemänderungen sowie darüber, welche Maßnahmen der Fahrer oder die Fahrerin ergreifen sollte, bereitstellen müssen. In ihrer Studie entwickelten sie zwei verschiedene Schnittstellen, die es den Fahrern und Fahrerinnen ermöglichen, sich schneller wieder auf die Fahraufgabe zu konzentrieren. Diese unterscheiden sich in der Darstellungsform und der Spezifität der dem Fahrer bzw. der Fahrerin mitgeteilten Informationen. Direkte Anweisungen und detaillierte Informationen, die über das HMI vermittelt werden, wirken sich dabei positiv auf die Übernahmeleistung aus.

Zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Mensch-Maschine-Schnittstellen werden unterschiedliche Aspekte herangezogen. So führen SCHÖMIG et al. (2020: 29) in diesem Kontext verschiedene Bewertungsdimensionen (u. a. Systemvertrauen, Akzeptanz, Usability, User Experience) an. Die Gebrauchstauglichkeit kann zum Beispiel mittels System Usability Scale (BROOKE 1995), einem weit verbreiteten Messverfahren, eingeschätzt werden (OLIVEIRA et al. 2018). Die International Organization For Standardization (ISO) (1998; zitiert nach FRANÇOIS et al. 2017) formuliert drei Aspekte, die mit der Gebrauchstauglichkeit der Mensch-Maschine-Schnittstelle zusammenhängen: Die Effektivität, die Effizienz und die Zufriedenheit. Gebrauchstauglichkeit wird gemäß NIELSEN (2012) als „quality attribute that assesses how easy user interfaces are to use“ definiert und ist ein grundlegendes und häufig verwendetes Kriterium von Mensch-Maschine-Schnittstellen in Fahrzeugen (FRANÇOIS et al. 2017).

6.7 Fazit aus den Grundlagen zur Bewertung von FFT

Die im Kapitel 6 zusammengetragenen Aspekte liefern die theoretischen Voraussetzungen zur Entwicklung einer Bewertungsstruktur für FFT. Ausgangspunkt war dabei zunächst das Belastungs-Beanspruchungskonzept aus der arbeitspsychologischen Stressforschung. Zur Charakterisierung der mentalen Beanspruchung durch eine FFT sind dabei sowohl unterschiedliche Aufgabenmerkmale als auch personenspezifische Faktoren von Bedeutung, die jeweils ausführlich erläutert wurden. Einen zentralen Stellenwert in diesem Kapitel nahmen Aspekte zur Charakterisierung des Fahrerzustandes beim Bearbeiten einer FFT sowie das Konzept der Fahrer Verfügbarkeit (Driver Availability) ein. Im Hinblick auf die Entwicklung des Bewertungskatalogs stellte sich für den weiteren Verlauf des Forschungsprozesses die Driver Availability als die zentrale Bewertungszielgröße heraus, anhand derer die Eignung einer FFT auf SAE Level 3 und Level 4 abgeschätzt werden kann. Die einzelnen Determinanten, die die jeweilige Ausprägung der Driver Availability für eine spezifische FFT bestimmen, werden in Kapitel 9 näher erläutert und im Hinblick auf ihre Relevanz evaluiert. Zu den näheren Determinanten zählen neben Aufgabenmerkmalen, die der Spezifizierung der FFT-Durchführung dienen, auch Aufgabeneigenschaften, welche die mit der Aufgabe einhergehenden kognitiven Anforderungen detaillierter beleuchten. Zu den erst genannten zählen die Aspekte aktiv/passiv, verwendetes Medium, Medium handgehalten, Systemintegration Medium, Lokalität der FFT, Interaktion mit Anderen und die Bearbeitungszeit. Die Aufgabeneigenschaften umfassen den Aspekt der Aufgabenkomplexität, die zu behaltende Informationsmenge, die Unterbrechungsschwierigkeit, die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses, raumbezogene, mathematische sowie sprachbezogene Denk-

prozesse, den Qualifikationsanspruch, die Qualifikationsempfehlung und den zusätzlichen Qualifikationsbedarf, die Aufgabendauer, Monotonie, die mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung und abschließend die sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung die mit der FFT einhergehen. Aus allen genannten Kriterien ergibt sich die abschließende Eignungsbeurteilung der Aufgabe als FFT auf SAE Level 3 und Level 4, wobei hier Auswirkungen der FFT-Bearbeitung auf die Driver Availability als Kenngröße gesehen werden. Individuelle Aspekte, die aus einem externen Blickwinkel schwer beurteilbar sind, wurden im Rahmen des Katalogs nicht weiterverfolgt.

7 Fachkundigenbefragung zur explorativen Erschließung des Forschungsfelds

Im Projekt SYMtastik werden Interviews mit Fachkundigen genutzt, um die Anforderungen an Eignungskriterien zur Systematisierung fahrfremder Tätigkeiten verschiedener Stakeholdergruppen und deren spezifische Einschätzung zu FFT in automatisierten Fahrzeugen sowie die potenziellen internen und externen Einflussfaktoren zu ermitteln. Nachfolgend wird zunächst das methodische Vorgehen bei der Fachkundigenbefragung vorgestellt. Dabei wird ein Überblick über die geführten Interviews gegeben, die Kombination mit explorativen und theoriegenerierenden Interviewmethoden erläutert und die Ziele der Interviews vorgestellt. Gemäß dem Projektauftrag wurden die Stakeholdergruppen LDL, HMI, Verkehrssicherheit, OEM sowie Fahrer und Fahrerinnen von schweren Güterkraftfahrzeugen befragt. Die Befragungsergebnisse werden im Anschluss vorgestellt.

7.1 Überblick über die geführten Interviews

Die Erhebungsphase startete Ende April 2021 und wurde Anfang Juli 2021 abgeschlossen, wobei in jeder Stakeholdergruppe mindestens drei Interviews durchgeführt wurden. Die Interviews dauerten in der Regel etwa 60 Minuten, mit Ausnahme der Interviews mit den Fahrern und Fahrerinnen, welche etwa 15 Minuten dauerten. Die Interviews wurden mit Zustimmung der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen aufgezeichnet. Die jeweiligen Durchführungstermine sind je Stakeholdergruppe in der Tabelle 7-1 aufgeführt. Im Rahmen des Projekts SYMtastik erfolgte die Kontaktaufnahme zu den potenziellen Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen in einem Mischverfahren. Zum einen wurden Experten und Expertinnen aus dem Kontaktpool der Auftragnehmer und des Begleitkreises angesprochen, zum anderen wurden neue Kontakte durch zusätzliche Internetrecherche generiert.

Interview	Logistikdienstleister	HMI	Verkehrssicherheit	Fahrer und Fahrerinnen	OEM
1.	29.04.2021	30.04.2021	30.04.2021	05.05.2021	25.05.2021
2.	05.05.2021	07.05.2021	10.05.2021	10.06.2021	26.05.2021
3.	21.05.2021	26.05.2021	21.05.2021	10.06.2021	08.07.2021
4.	28.05.2021	---	28.05.2021	10.06.2021	---
5.	09.06.2021	---	05.07.2021	10.06.2021	---

Tab. 7-1: Anzahl und Daten der Interviews pro Stakeholdergruppe

Die Interviews wurden von mindestens zwei Personen aus dem Projektteam geführt. Die Interviewpartner und Interviewpartnerinnen aus der Stakeholdergruppe der LDL stammen aus mittelständischen Logistikdienstleistungsunternehmen und aus einem Logistikverband. Ein Interview wurde mit einem LDL und einer angestellten berufskraftfahrenden Person aus dem Unternehmen geführt. Die HMI-Experten und -Expertinnen gehören Forschungseinrichtungen an. Bei der Verkehrssicherheit setzte sich die Gruppe aus Fachkundigen der Versicherungsbranche und einem Verband zusammen. Bei einem Interview waren zwei weitere Fachkundige und bei einem weiteren Interview drei Fachkundige aus der Stakeholdergruppe anwesend. Für die Erfassung der Perspektive der OEM wurden drei OEMs

befragt. Bei einem OEM wurde das Interview mit zwei Personen aus dem Unternehmen geführt. Zu den interviewten Fahrern und Fahrerinnen gehörte auch ein Fuhrunternehmer, der auch Fahrer ist, sowie ein Fernbusfahrer. Die aus dem Ausland stammenden Fachkundigen, wurden auf Englisch interviewt. Aufgrund der Corona-Pandemie wurden die Interviews telefonisch durchgeführt. Eine Ausnahme bilden die Fahrer und Fahrerinnen, bei denen Face-to-Face Interviews an Raststätten der A24 stattfanden.

7.2 Kombination aus explorativen und theoriegenerierenden Interviewmethoden

Als Methode wurde eine Kombination aus explorativen und theoriegenerierenden Interviews gewählt. Das explorative Experteninterview dient einer (ersten) Informationsgewinnung zu aktuellen und bisher wenig erforschten Fragestellungen in einem thematisch neuen Feld (KAISER 2014: 29). Das theoriegenerierende Experteninterview zielt im Wesentlichen auf die Vergleichbarkeit der Daten durch die kommunikative Erschließung und analytische Rekonstruktion der subjektiven Dimension des Expertenwissens ab. Der Fokus der theoriegenerierenden Experteninterviews liegt in der Aufzeichnung von subjektiven Erfahrungen, Handlungsorientierungen und Deutungen, die als Grundlage für die Bildung von Theorien dienen und die Ergebnisse der explorativen Herangehensweise ergänzen können (BOGNER et al. 2002: 38).

Die Kombination der Interviewtechniken erhöht die Flexibilität der Vorgehensweise, sodass

- a) gemeinsame Kernfragen je Interview beantwortet werden,
- b) neue Fragen in der Gesprächsführung entstehen und
- c) bestimmte Aspekte durch die Befragten tiefergehend ausgeführt werden.

7.3 Ziele der Interviews und methodisches Vorgehen

Für die Befragungen wurden stakeholderspezifische Leitfäden entwickelt. Der Leitfaden orientiert sich an drei zentralen Zuständen beim automatisierten Fahren:

1. der Fahrer oder die Fahrerin fährt und die Fahraufgabe könnte übergeben werden,
2. der automatisierte Lkw fährt und der Fahrer oder die Fahrerin könnte FFT durchführen und
3. das System fährt und es soll eine Übergabe an den Fahrer oder die Fahrerin erfolgen.

Zusätzlich wurde die Interaktion zwischen den Fahrern und Fahrerinnen und dem System sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Zustände thematisiert.

Als inhaltliche Basis für die Interviewleitfäden diente die Literaturanalyse (vgl. Kapitel 2 bis Kapitel 6.1). Darauf aufbauend wurden für die einzelnen Stakeholdergruppen die nachfolgenden Interviewleitfäden entwickelt, die sich im Anhang (Anhang 1 – Anhang 5) finden:

- Bei den Fachkundigen aus der Spedition und Logistikdienstleistungswirtschaft fokussiert der Interviewleitfaden die Arten potenzieller FFT sowie deren Wirtschaftlichkeit, notwendige Qualifikation und Durchführbarkeit während einer automatisierten Fahrt.
- Im Interviewleitfaden für HMI werden die Ansprache von Sinnesmodalitäten, die psychischen Prozesse bei der Abgabe sowie Übernahme der Fahraufgabe und die Inter-

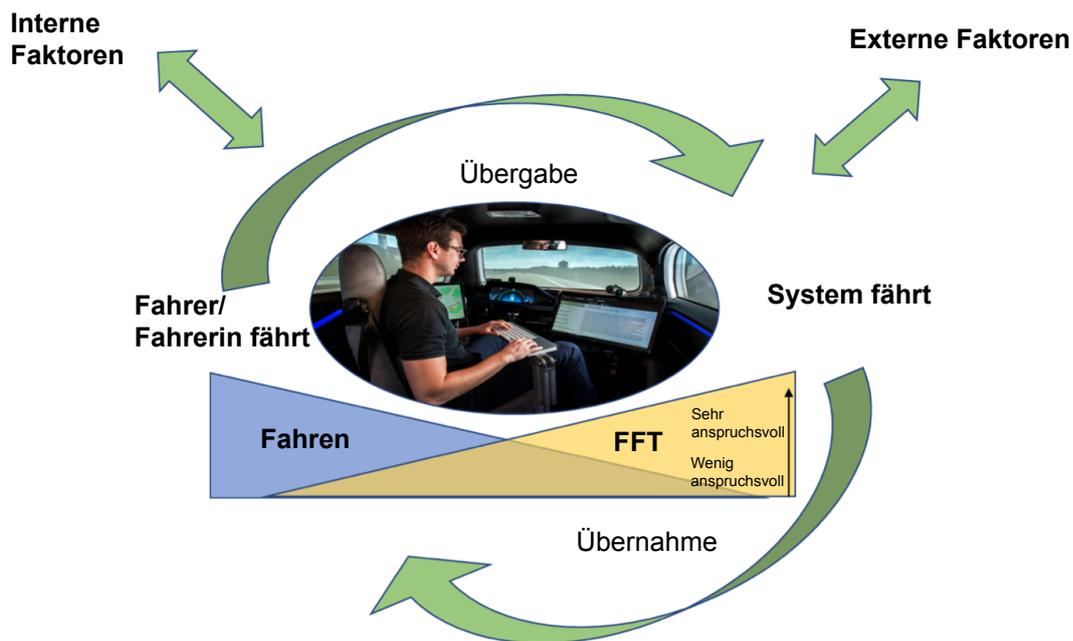


Bild 7-1: Prozesse für das Fahren mit potenziellen FFT (eigene Darstellung, Bildquelle DLR 2020)

aktion zwischen Fahrern und Fahrerinnen und automatisierten Fahrzeugen in verschiedenen Fahrsituationen adressiert.

- Im Interviewleitfaden für Verkehrssicherheit steht die Zulassung von spezifischen FFT sowie der Einfluss von FFT auf die Übernahmefähigkeit der Fahraufgabe im Fokus.
- Der Interviewleitfaden für die OEM ist eine Kombination aus jenen für HMI und Verkehrssicherheit, da beide Aspekte bei der Entwicklung von Fahrzeugen von Bedeutung sind.
- Der Interviewleitfaden für die Fahrer und Fahrerinnen ermittelt die heutigen Fahr- und Arbeitssituationen, deren Veränderung bei der Umstellung auf automatisierte Fahrten sowie Anreize zur Durchführung von FFT.

Die Interviewführung erfolgte leitfadengestützt. Dabei diente der Leitfaden als eine Orientierungs- und Steuerungshilfe für die Interviewsituationen, mit dem Ziel, ein themenfokussiertes Gespräch zu führen. Somit konnten die besondere Expertise sowie der Fokus der Befragten im Gespräch aufgenommen werden und Raum für weitere Fragen geschaffen werden.

Die aufgenommenen Interviews⁴ wurden im Nachgang transkribiert. Das Material wurde anschließend mit Hilfe des Software-gestützten Auswertungsprogramm MAXQDA (siehe www.maxqda.de) strukturiert. Hierbei wurden – im Sinne der Grounded Theory⁵ – aus dem empirischen Material heraus Kategorien und Unterkategorien entwickelt. Im gesamten Forschungs- und Auswertungsverlauf der Fachkundigenbefragungen galt das Prinzip der Zirkularität, so wurden die Kategorien und Unterkategorien kontinuierlich ergänzt, zusammengeführt und ausdifferenziert. Die Auswertung der Interviews erfolgte in einem Dreier-team, sodass die Inhalte stets diskutiert und reflektiert wurden.

⁴ Die Aufzeichnungen dienen ausschließlich der anonymisierten Auswertung und werden nach der Codierung in MAXQDA gelöscht und nicht weitergegeben oder veröffentlicht.

⁵ Methode, in der die gewonnenen Daten kodiert, permanent verglichen und zu Kategorien verknüpft werden.

7.4 Ergebnisse der Fachkundigenbefragung

Im Folgenden werden die Ergebnisse, die sich aus Befragungen mit den Fachkundigen ergeben haben, vorgestellt. Ziel war es, mittels Interviews, die Positionen und die individuellen Einschätzungen der verschiedenen Akteure und Akteurinnen hinsichtlich FFT in automatisierten Fahrzeugen zusammenzutragen und zu bewerten. Im Rahmen der Auswertungen der Fachkundigenbefragungen entstanden Abbildungen mit Meinungen je Themenkomplex, welche mit Zitaten der Befragten aus den Interviews untermauert wurden. Ein dicker Pfeil in einer Abbildung weist darauf hin, dass die Aussage/das Gesagte durch mehrere Interviewte konstituiert wurde. Die Themenkomplexe ergaben sich teilweise durch die Leitfäden und teilweise durch die Aussagen in den Interviews. Die verschiedenen Aussagen der Experten und Expertinnen können sich dabei innerhalb und zwischen den Stakeholdergruppen widersprechen. Diese Widersprüche können einen wichtigen Input für den Fachkundigenworkshop darstellen. Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich allein auf die Antworten der befragten Stakeholder und sind aufgrund der limitierten Anzahl nicht repräsentativ für die gesamte Branche der OEM, Logistikunternehmen und forschenden Experten und Expertinnen in dem Bereich, sowie für die Lkw-Fahrgemeinschaft.

7.4.1 Ergebnisse der Interviews mit Experten der Stakeholdergruppe OEM

Die Interviewteilnehmer und Interviewteilnehmerinnen aus der Stakeholdergruppe OEM erwarten durch die Fahrzeugautomatisierung mehrere Vorteile, wobei diese für die SAE Level 3 und Level 4 unterschiedlich eingeschätzt werden. In Bild 7-2 sind die Einschätzungen für SAE Level 3 und Level 4 getrennt dargestellt.

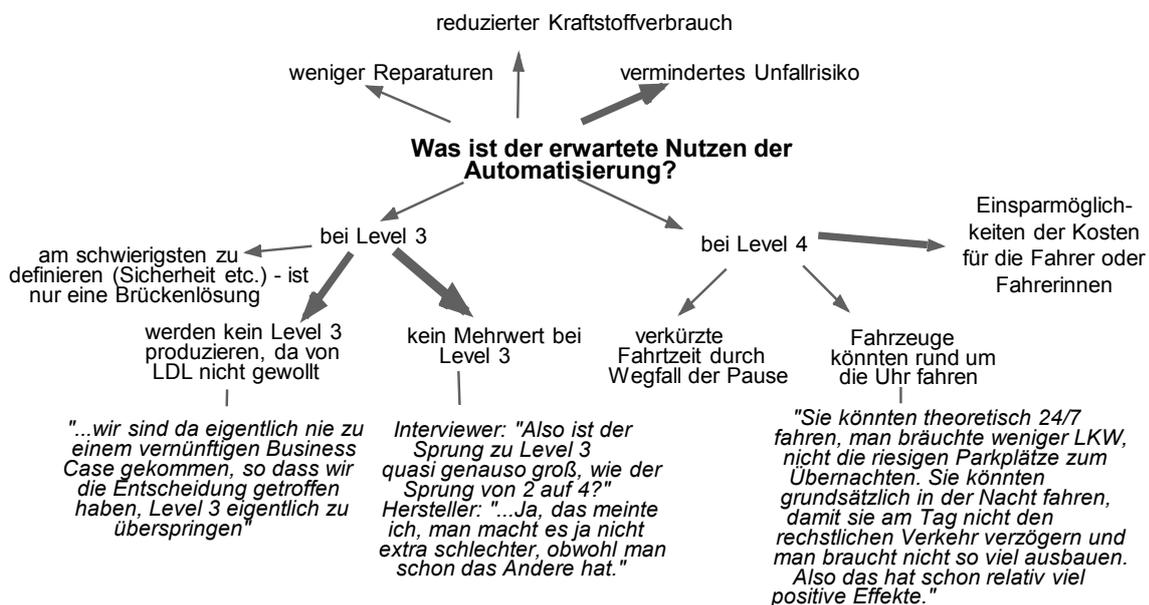


Bild 7-2: Erwarteter Nutzen der Automatisierung für die LDL aus Sicht der OEM

OEM gehen davon aus, dass Fahrzeuge auf SAE Level 3 mit wenigen Vorteilen für ihre Kunden und Kundinnen, die Fahrzeugkäufer und Fahrzeugkäuferinnen, verbunden sind und daher keine oder nur eine geringe Nachfrage nach derartigen Fahrzeugen besteht. Die bleibenden Personalkosten und erhöhten Fahrzeugkosten bieten keine ausreichende Refinanzierungsmöglichkeit. Zudem wurde thematisiert, dass die höhere Automatisierung damit zu Monotonieerleben und psychischer Ermüdung führen könnte. Daher ist die SAE Level 3-Automatisierung nach Meinung einiger OEM für schwere Nutzfahrzeuge nur eine Brückentechnologie hin zu SAE Level 4 und letztendlich zum vollautonomen Fahrzeug (SAE

Level 5). Das eigentliche Entwicklungsziel wird im Sprung von SAE Level 2 (Fahrerassistenz) auf SAE Level 4 gesehen, da die bei SAE Level 3 verbauten Sicherheitssysteme bereits dem Niveau von SAE Level 4 nahekommen und SAE Level 4 Potenzial für Produktivitätssteigerungen durch mögliche FFT bietet. Ein Use Case für Fahrzeuge mit SAE Level 3 ist aus Sicht der Fachkundigengruppe der OEM nicht vorhanden.

Bei SAE Level 3 ist weiterhin ein Fahrer oder eine Fahrerin vorgesehen; bei SAE Level 4 wäre auch ein teleoperiertes Fahren ohne Fahrer oder Fahrerin möglich. Wichtig ist hierbei die Erklärung, dass dies tendenziell nicht zur Arbeitslosigkeit von heutigen Fahrern und Fahrerinnen führt, sondern dass die Technik zunächst neue berufliche Chancen ermöglicht, indem bei entsprechenden rechtlichen Regelungen FFT mit einem wirtschaftlichen Nutzen ausgeübt werden können und somit der Fahrerberuf erhalten bleibt.

Telefonate, die auch heute schon mittels einer Freisprecheinrichtung durchgeführt werden, gelten als eine potenziell mögliche FFT, die bspw. dem Kontakt mit Kunden und Kundinnen mit Bezug zur Lieferung/Abholung, zur Tourenorganisation und zur Abstimmung von Aufgaben zwischen den Fahrern und Fahrerinnen dient. Andere genannte FFT sind das Ausruhen und ein Minijob des Fahrers oder der Fahrerin, mit dem Hinweis, dass diese FFT einer Spedition jedoch keinen Mehrwert bringt (siehe Bild 7-3). Als unwahrscheinlich ist die potenzielle „Verlagerung des Büros am Logistikstandort in die Fahrerkabine“, also die Übernahme von Aufgaben aus der Disposition und Administration, eingeschätzt worden. Eine Weiterbildung, so die Einschätzung der OEM, würden auch nur wenige Fahrer und Fahrerinnen in Anspruch nehmen.

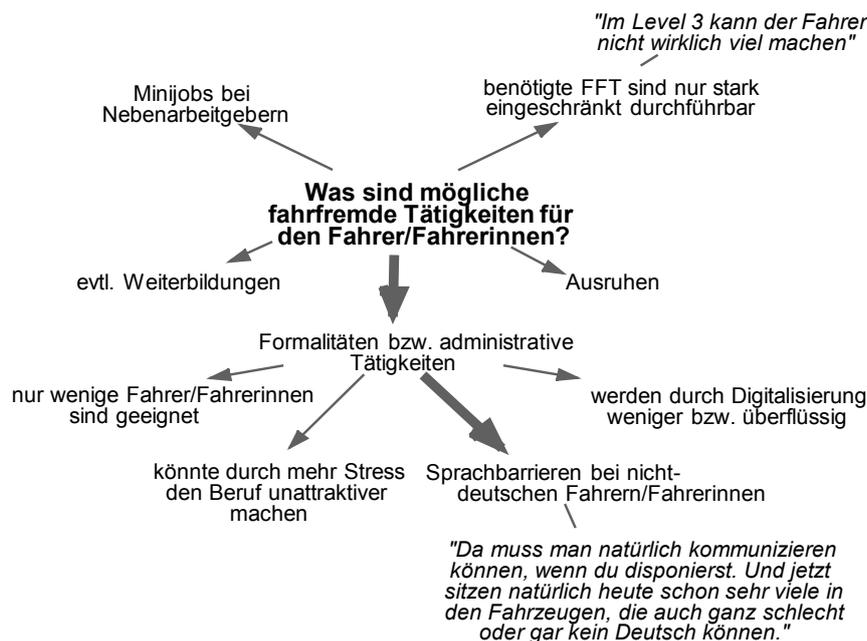


Bild 7-3: Mögliche FFT aus Sicht der OEM

Vor dem Hintergrund der präferierten Level 4-Automatisierung werden FFT auf SAE Level 3 von den OEM als hypothetisch möglich eingeschätzt. Die Randbedingungen für die Ausübung von FFT seien, dass sie nur eine geringe Komplexität aufweisen und mit Hilfsmitteln auszuführen sind, die sofort verstaut werden könnten. Außerdem wird das Spektrum möglicher FFT durch die zeitgleiche Digitalisierung und Automatisierung der Logistikprozesse zur Automatisierung des Fahrens zusätzlich eingeschränkt. Zudem war die Einschätzung, dass nicht alle Fahrer und Fahrerinnen, bspw. aufgrund von Sprachbarrieren, geeignet seien, ein breites Spektrum an FFT durchzuführen.

Die Interaktion zwischen Fahrzeug (System) und Fahrern und Fahrerinnen war ein wichtiges Thema für die Befragten (siehe Bild 7-4). Es gab hier mitunter ein uneinheitliches Meinungsspektrum: Einerseits wurde genannt, dass das System anzeigen müsse, was im Verkehrsumfeld erkannt wird und wie das Fahrzeug darauf reagieren wird. Andererseits gab es die Meinung, dass derartige Anzeigen den Fahrer oder die Fahrerinnen eher belasten würden und daher nicht sinnvoll seien. Bekannte Aktionspunkte, wie Baustellen oder Staus, könnten allerdings vom Fahrzeug angezeigt werden. Wenn das Fahrzeug eine geordnete Übergabe anfragt (nicht bei Not-Manövern), müsse eine wiederholte multimodale Anfrage/Aufforderung erfolgen, also die gleichzeitige Ansprache mehrerer Sinne, bspw. durch akustische, optische und haptische Signale. Die Eindeutigkeit der Anzeigen bzw. der Signale ist dabei ein wichtiges Thema. Eindeutig müsse auch sein, wer gerade die Verantwortung für die Fahraufgabe hat. Es gab die Meinung, dass es zwischen dem Fahrer bzw. der Fahrerinnen und dem System nur einen vollständigen Wechsel der Verantwortung geben darf. Zwischenstufen der Automatisierung bergen die Gefahr der Fehlinterpretation der Verantwortlichkeit für die Fahrzeugsteuerung (Mode-Confusion) seitens der Fahrzeuglenkenden. Die Übergabe müsse jeweils bestätigt werden.

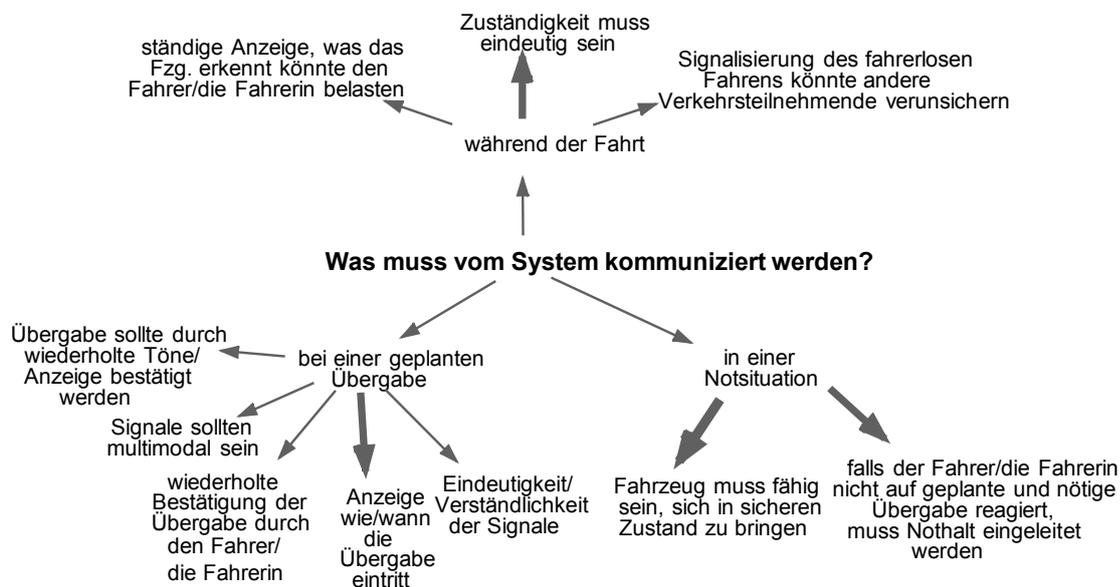


Bild 7-4: Kommunikation zwischen System und Fahrzeug aus Sicht der OEM

Zum Thema, wie die Übergabe der Fahraufgabe zwischen dem Fahrzeug und dem Fahrer oder der Fahrerinnen gestaltet werden kann, wurde die Meinung geäußert, dass faktisch nur zwei Möglichkeiten bestehen: entweder wird sie durch eine Notsituation, in der das Fahrzeug ein Manöver selbstständig einleitet und durchführt, erzwungen oder es findet eine geordnete Übergabe statt, wenn z. B. Baustellen bekannt sind. Dass das Fahrzeug z. B. die Komplexität einer Aufgabe mit in den Zeitbedarf zur sicheren Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer oder die Fahrerinnen einbezieht, wurde als unpraktikabel eingeschätzt. Eine Verkehrssituation kann derzeit nicht beliebig lang im Voraus prognostiziert werden. Faktisch hört die Validität der Verkehrsprognose, mit bleibender Restunsicherheit, bereits nach wenigen Sekunden auf.

Es wird davon ausgegangen, dass das Fahrzeug normalerweise automatisiert fährt, sofern die Straßengegebenheiten es zulassen. Externe Einflüsse, wie bspw. die Witterungsverhältnisse, ungeeignete Strecken, Infrastrukturen und fehlende Grenzmarkierungen sowie Spurführung oder Baustellen können den manuellen Fahrbetrieb oder Teleoperating notwendig machen. Auch Systemausfälle der Sensorik sind möglich. Die Fahrer und Fahrerinnen

müssten somit jederzeit übernehmen können bzw. zur Übernahme fähig sein. In diesem Zusammenhang ist das Monitoring der Fahrer und Fahrerinnen als eine wichtige Funktion bei der Automatisierung genannt worden. Das Spektrum an Ideen für das Fahrermonitoring ist an den Pkw-Bereich und an aktuelle Forschungsprojekte angelehnt. Genannt wurde das Monitoring der Sitzbelegung, die Lenkradsensorik oder die Erfassung des Zustands der Fahrer und Fahrerinnen durch Augen-Tracking und Vitalwerte (siehe Bild 7-5). In diesem Zusammenhang wurde die Bedeutung des Datenschutzes betont.

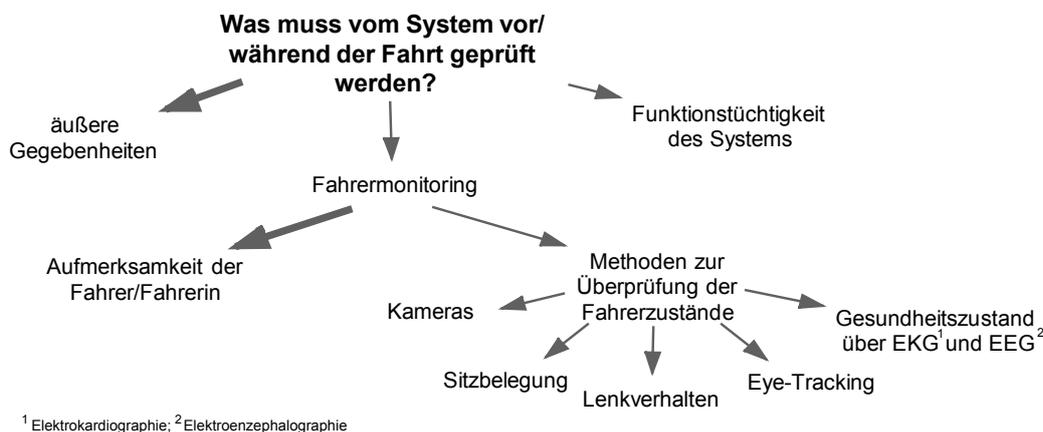


Bild 7-5: Aspekte der Prüfschleife im System aus Sicht der OEM

Mögliche FFT könnten an den Zustand von Fahrern und Fahrerinnen angepasst werden. Zukünftig sollten die Fahrzeuge mit ihrer Umgebung bzw. ihrem Verkehrsumfeld kommunizieren, um die Sicherheit auf der Straße zu erhöhen. Dennoch wäre eine Anzeige, die darauf hinweist, dass das Fahrzeug automatisiert fährt, ungeeignet, da sie andere Verkehrsteilnehmende verunsichern könnte.

Schließlich wurde noch die Ausbildung zum Erlangen der Fahrerlaubnis thematisiert. Die Befragten sehen keinen Änderungsbedarf in der Berufsausbildung zum Kraftfahrer oder der Kraftfahrerin, da diese bei Bedarf, bspw. außerhalb von ODD, weiterhin das Fahrzeug sicher durch den Verkehr zu führen haben. Allerdings müsse der Fokus verstärkt auf kritische Situationen gelegt werden, damit die Fahrer und Fahrerinnen in der Lage sind, ähnlich wie Piloten und Pilotinnen, adäquat zu agieren und rechtzeitig einzuschreiten. Im Falle des Teleoperating von Fahrzeugen wäre eine zusätzliche oder ganz neue Ausbildung erforderlich.

7.4.2 Ergebnisse der Interviews mit HMI-Experten und Expertinnen

Aus Sicht der Fachkundigen aus der HMI-Forschung müssen bei SAE Level 3 und 4 vor der Übergabe der Fahraufgabe an das System verschiedene Faktoren, die einen Überblick über die aktuelle Fahrsituation und zukünftige Strecke geben, geprüft werden. Im engeren Sinne bedeutet dies, dass das System kontinuierlich Informationen erfragt und selbstständig die Funktionsfähigkeit des Systems überprüft. Als typische Systemgrenzen nennen die Befragten die technische Funktionsfähigkeit (z. B. der Kamera- und LiDAR-Sensoren oder Spurhalteassistenten), sowie äußere Faktoren wie unterschiedliche Umwelt- und Verkehrsbedingungen etwa Starkregen, Nebel, die Positionierung des Fahrzeugs (Lokalisierung), Verkehrsteilnehmende, Verkehrsdichte und -lage und die Wahrnehmung (Umfelderfassung) aller anderen relevanten Objekte, baulicher Besonderheiten und Sondersituationen wie Baustellen, Umfahrungen und unerwartete Ereignisse. Die Befragten setzen für die Übergabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug voraus, dass das System alle Sensoren, die es

benötigt, hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit geprüft hat. Andernfalls verbliebe die Fahraufgabe bei dem Fahrer oder der Fahrerin (siehe Bild 7-6).

"Also man könnte noch mehr basic sagen, das System müsste checken, ob alle Sensoren, die es braucht, zur Verfügung stehen."

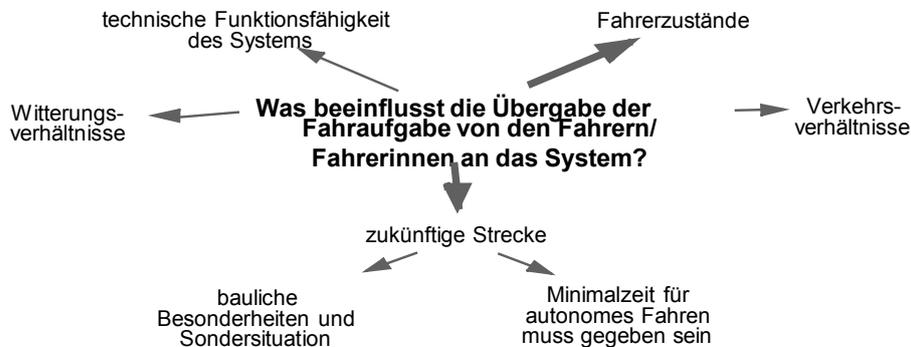


Bild 7-6: Einflussfaktoren auf die Übergabe aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen

Bevor der Fahrer oder die Fahrerin die Fahraufgabe abgibt oder annimmt, muss laut der Fachkundigen zunächst der Fahrerzustand geprüft werden (Bild 7-7). Hierzu muss neben physischen Faktoren wie „sind die Hände am Lenkrad, die Füße auf dem Pedal, die Augen auf der Straße?“ auch die Leistungsfähigkeit des Fahrers oder der Fahrerin, wie etwa das Situationsbewusstsein und die Vigilanz oder eine mögliche Intoxikation, überprüft werden.

Zusätzlich wurde der Aspekt der Emotionalität genannt. So kann sich bspw. ein Telefonat oder eine stressige Verkehrssituation auf die Emotionalität des Fahrers oder der Fahrerin auswirken und damit die Übernahme negativ beeinträchtigen.

"Das System erkennt selbst: guckt er auf die Straße, hat die Hände am Lenkrad, arbeitet er an der Tastatur und arbeitet er hektisch an der Tastatur, ist er vielleicht gestresst. Das erkennt das System selbstständig. Also das ist heutzutage möglich..."

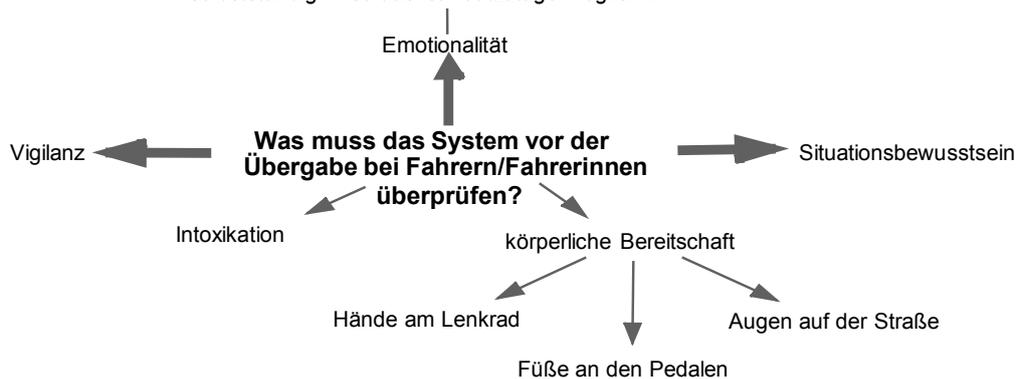


Bild 7-7: Faktoren zur Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen

Je nach Automatisierungsgrad des Fahrzeugs und der Beanspruchung des Fahrers oder der Fahrerin kann deren physische Verfassung variieren. Darüber hinaus ist das Situationsbewusstsein für eine Übernahme der Fahraufgabe durch den Fahrer oder die Fahrerin maßgebend. Für eine Übernahmzeit bis zur Erreichung einer Systemgrenze werden unter den Fachkundigen Zeiten von 10 bis 30 Sekunden diskutiert. Noch existiert jedoch gesetzlich keine genaue Angabe über eine angemessene Übergabezeit. Wenn die Fahrer und Fahrerinnen aus einer sehr hohen Automatisierungsstufe oder einer FFT mit hoher Komplexität zurückgeholt werden müssen, gehen einige der HMI-Fachkundigen zudem von einer län-

geren Rückholzeit aus. Hinsichtlich der Erkennung von Müdigkeit bei Fahrern und Fahrerinnen, empfehlen die HMI-Fachkundigen bspw. alle fünf Minuten die mentale Anwesenheit des Fahrers oder der Fahrerinnen durch Drücken eines Knopfs zu prüfen oder ihn oder sie alle 30 Minuten die Fahraufgabe übernehmen zu lassen. Es müsste aber auch im System möglich sein, dass Fahrer und Fahrerinnen eine Übernahme selbständig einleiten können.

In SAE Level 3 kann das System lediglich in sicheren Standardsituationen automatisiert fahren. Unvorhergesehene, kritische und Notsituationen müssen vom System bewältigt werden können, da in der kurzen Übernahmezeit Fahrer und Fahrerinnen diese womöglich nicht auflösen könnten. In diesen Situationen sollte das System das Fahrzeug in den risikominimalen Zustand an den Fahrbahnrand bringen, so die HMI-Fachkundigen. In allen anderen Fällen, etwa beim Stauassistenten auf der Autobahn, liegt die Entscheidungshoheit bei dem Fahrer oder der Fahrerinnen (Bild 7-8).

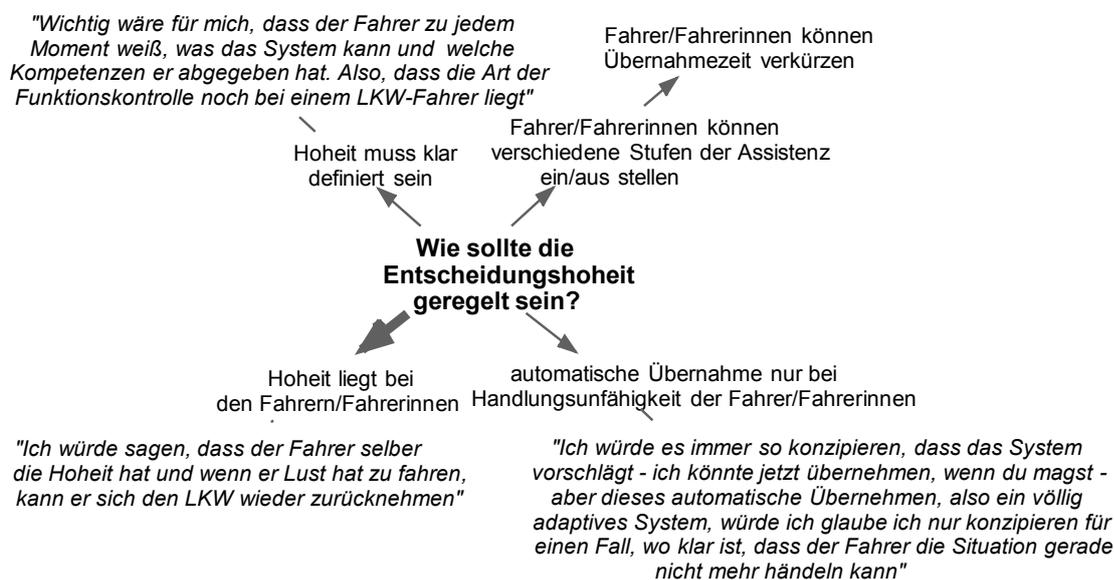


Bild 7-8: Aspekte der Entscheidungshoheit der Fahrzeugautomatisierung aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen

Hinsichtlich der Signalgebung während einer Fahrt, wurde die Meinung geäußert, dass die Vertrauensbildung zwischen dem Fahrer oder der Fahrerinnen und dem System entscheidend dafür ist, ob der Fahrer oder die Fahrerinnen sich weiter der FFT widmet oder sich mental für die Fahrzeugführung verantwortlich fühlt (siehe Bild 7-9). Um die Fahrer und Fahrerinnen rechtzeitig auf eine Übernahme vorzubereiten, stellen sich auch die HMI-Experten und -Expertinnen eine multimodale rezeptive Signalgebung mit akustischem und visuellem Reiz vor. Wichtig sei dabei, dass Fahrer und Fahrerinnen die Zusammenhänge der Signalisierung verstehen, diese nicht zu viele Informationen erhält und vertrauensbildend sei. Laut der HMI-Fachkundigen ist die Information, dass alle Sensoren zuverlässig arbeiten, für die Fahrer und Fahrerinnen bedeutend. Über ein Display der eine Rot-Orange-Grün-Ampel zur Visualisierung nutzt, könnten die Geschwindigkeits- und Abstandsparameter, relevante und kritische Objekte, zukünftige Aktionen, Systemgrenzen und Sicherheitswarnungen dargestellt werden. Grün würde bedeuten, dass alle Parameter in Ordnung sind. Orange wäre als eine Zwischenstufe zu deuten, in der „[...] irgendetwas Unvorhergesehenes passiert oder der Entfernungssensor etwas nicht erfassen kann“. Rot würde Fahrern und Fahrerinnen signalisieren, dass diese sich bald auf eine Übernahme vorbereiten müssen. Je höher die Automatisierungsstufe, desto weniger Informationen würden Fahrer und Fahrerinnen benötigen, da sie immer weniger Verantwortung tragen und sie perspektivisch ein Vertrauen

zur Technik entwickeln, so die HMI-Fachkundigen. Die Menge an notwendigen Informationen für die Automatisierungsstufen und die individuellen Bedürfnisse von Fahrern und Fahrerinnen bilden ein noch offenes Untersuchungsfeld.

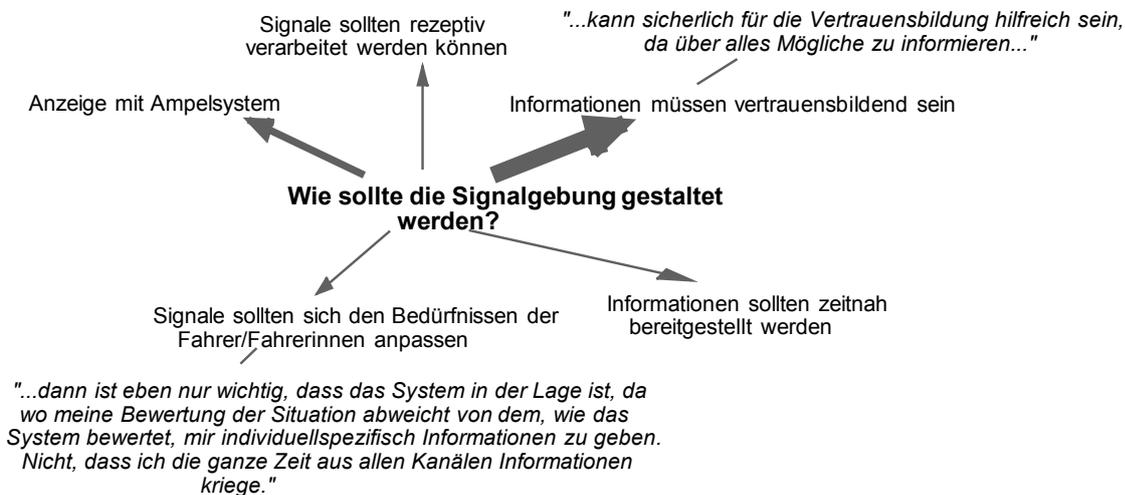


Bild 7-9: Aspekte der Signalgebung an den Fahrer aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen

Hinsichtlich der Anforderungen an FFT gab es divergierende Einschätzungen durch die HMI-Fachkundigen. Prinzipiell sollten FFT nicht zu komplex sein, so ein Experte. Vor dem Hintergrund, dass die Fahrer und Fahrerinnen bei geringen Automatisierungsstufen immer zur Fahraufgabe zurückgeholt werden müssen, wurde in diesem Zuge auch der Aspekt der Unterbrechbarkeit von FFT diskutiert. Eine abrupte Variante, bei der das System die Geräte herunterfährt und die weitere Ausübung einer FFT blockieren würde, sei denkbar. Es müsse aber auch die Komplexität der FFT berücksichtigt werden, die möglicherweise einen Einfluss auf die geistige Beanspruchung von Fahrern und Fahrerinnen und damit auf die Rückholzeit hat. Schwieriger gestalten würde sich auch die Rückholung bei FFT, die nicht an das Fahrzeug gekoppelt sind. Wenn etwa der Fahrer oder die Fahrerin etwas händisch ausfüllen oder ein Buch lesen würde, kann das System nicht eingreifen, da der Stift oder das Buch nicht vom System kontrollierbar sind. Eine zu den anderen HMI-Fachkundigen divergierende Einschätzung eines Fachkundigen war, dass die Art der FFT keine Einschränkung darstelle und somit bei SAE Level 3 und Level 4 theoretisch alle FFT möglich seien. FFT sollten aber immer unterbrechbar sein und nicht alle Sinne gleichzeitig beanspruchen. Prinzipiell müsse ein einheitliches Verständnis geschaffen werden, welche FFT bei welchen Automatisierungsgraden erlaubt werden (siehe Bild 7-10).

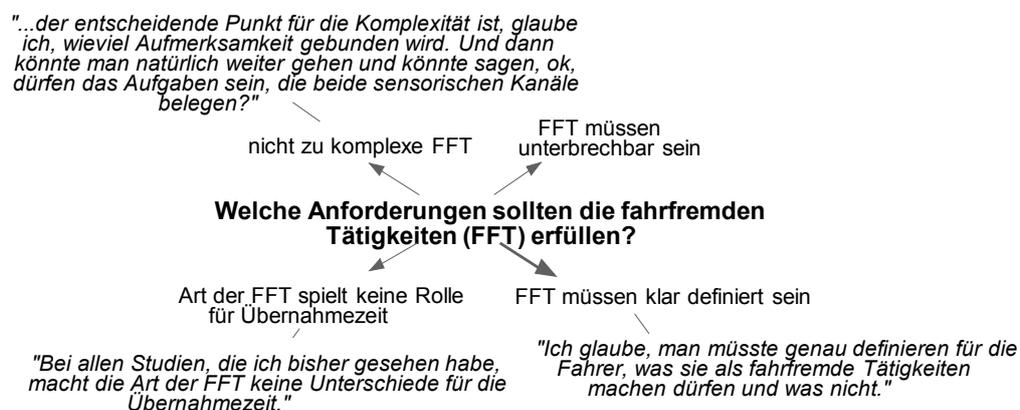


Bild 7-10: Anforderungen an die FFT aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen

7.4.3 Ergebnisse der Interviews mit Experten und Expertinnen der Verkehrssicherheit

Bevor eine Übernahme durch das Fahrzeug erfolgen kann, müssen, laut der befragten Fachkundigen aus der Verkehrssicherheitsforschung, die Parameter der Verkehrssituation und Verkehrsinfrastruktur, des Verkehrsflusses sowie der Straßen- und Witterungsverhältnisse überprüft werden (siehe Bild 7-11). Für eine Übergabe der Fahraufgabe an das Fahr-

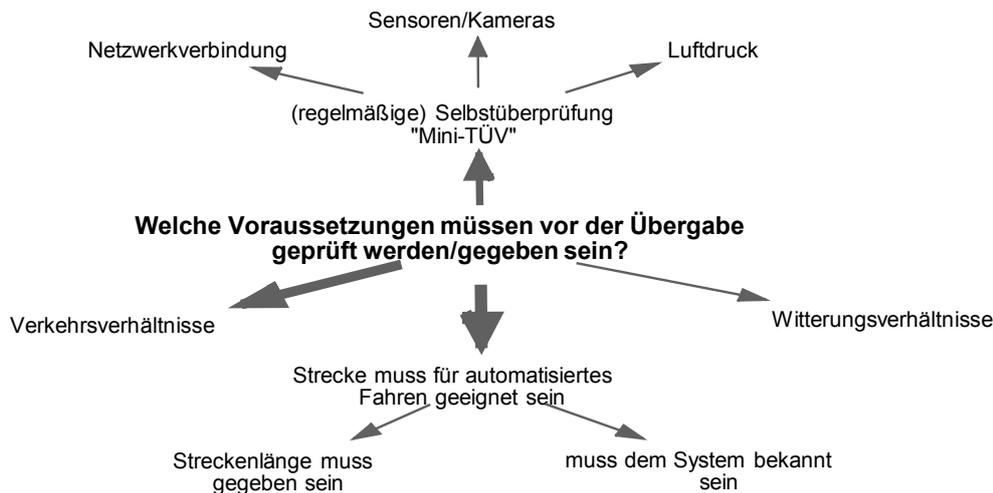


Bild 7-11: Voraussetzungen für die Übergabe aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit

zeug sei eine Kontrollphase erforderlich, in der berechnet wird, ob das Fahrzeug übernehmen könnte, während der Fahrer oder die Fahrerin zunächst in der Verantwortung bleiben würde. Dafür müsse ein Selbsttest („Mini-TÜV⁶“), bei dem laufend alle Sensoren und Daten geprüft werden und der garantiert, dass das Fahrzeug automatisiert fahren kann, durchgeführt werden. Das Fahrzeug könnte nach erfolgreicher Prüfung aller Sensoren und Daten dem Fahrer oder der Fahrerin die Übernahme der Fahrzeugsteuerung anbieten. Dafür bedarf es nach Aussage der Verkehrssicherheitsexperten und -expertinnen im besten Fall bestimmter, festgelegter Strecken, die für autonome Fahrzeuge ausgelegt bzw. freigegeben sind (ODD).

Die Fachkundigen der Verkehrssicherheit sehen keine Notwendigkeit, dass während einer Übernahme bzw. Übergabe zwischen System und Fahrer bzw. Fahrerin weitere Prüf- bzw. Annahmeschritte erfolgen, als jene die bereits laufend vom System während einer Fahrt geprüft werden. Eine Teilübergabe ist ausgeschlossen, da klar definiert sein müsse, wer fährt bzw. wer die Verantwortung hat. Es herrschte Konsens darüber, dass die Rückübernahmefähigkeit durch den Fahrer oder die Fahrerin immer bestehen müsste.

Für die Übernahmezeit in SAE Level 3 und Level 4 schätzen die Fachkundigen der Verkehrssicherheit eine Vorlaufphase von mindestens zehn Sekunden für den Fahrer oder die Fahrerin ein. Diese Zeit sei notwendig, um die gesamte Verkehrssituation adäquat zu bewerten und um die Fahraufgabe gewissenhaft übernehmen zu können. Um die Übergabe der Fahraufgabe an Fahrer und Fahrerin anzumelden, stellen sich die Befragten, ähnlich wie die HMI-Fachkundigen, eine Signalgebung vor, die mindestens zwei Kanäle von Sinnesmodalitäten anspricht. Die Vorstellung, wie diese gestaltet werden könnte, variiert unter den Befragten. Ein Teil der Befragten bevorzugt eine einfache visuelle Anzeige in den klassischen „Ampelfarben“ über ein Display. Ein anderer Vorschlag sieht vor, dass die Fahrer und Fahrerinnen über ein Kontrolldisplay die geprüften Parameter angezeigt bekommen, um

⁶ Technischer Überwachungsverein

auf dieser Basis mit dem System zu kommunizieren. Zusätzlich würde sich ein akustisches Signal als geeignet erweisen, das so konzipiert wäre, dass sich die Frequenz und Lautstärke des Signals anhebt, je näher der Zeitpunkt der Übergabe rückt.

Die Fachkundigen der Verkehrssicherheit schlagen außerdem eine Kontrollschleife vor, die, ähnlich wie im Bahnverkehr, einerseits das Situationsbewusstsein und andererseits die Vigilanz prüfen soll. Um jedoch zu vermeiden, dass Kontrollabfragen unbewusst und reflexartig bestätigt werden, müsse der Fahrer oder die Fahrerin nach einem Zufallsprinzip ggf. einen anderen Taster, wie bspw. das Pedal oder die Hupe, das Lenkrad oder den Blinker betätigen. „Denkbar wäre auch eine Überwachung der Fahrer und Fahrerinnen etwa via Kamera, um zu prüfen, ob der Fahrer oder die Fahrerin die Augen auf die Straße gerichtet hat oder um die Müdigkeit des Fahrers oder der Fahrerin zu erkennen, aber auch um zu kontrollieren, ob die Fahrer oder die Fahrerin Nomadic devices, wie bspw. Handys oder portable Navigationsgeräte, während der Fahrt nutzt.“ Allerdings werden solche Maßnahmen zur Aufmerksamkeit des Fahrers oder der Fahrerin aus datenschutzrechtlichen Gründen nur schwer umsetzbar.

In Notsituationen halten die Fachkundigen der Verkehrssicherheit eine Rückholung der Fahrer und Fahrerinnen für ausgeschlossen, da nicht ausreichend Zeit für eine Übernahme der Fahraufgabe besteht. Sie erwägen ein Notmanöver, indem das Fahrzeug selbstständig in kritischen Situationen die Geschwindigkeit drosselt und/oder eine Notbremsung bzw. ein Ausweichen auf den Seitenstreifen einleitet.

Erstrebenswert wäre zukünftig auch eine durchgehende Vernetzung der Fahrzeuge untereinander. Je mehr Fahrzeuge miteinander vernetzt sind, desto früher kann auf kritische Verkehrssituationen und auf Störungen im Verkehr reagiert werden. Auch mit dem Konzept des Truck Platooning, bei welchem mehrere elektronisch gekoppelte Lkw im Konvoi fahren, gehen die Fachkundigen der Verkehrssicherheit von einer Optimierung des Verkehrsgeschehens und einer Erhöhung der Verkehrssicherheit aus.

Damit der Fahrer oder die Fahrerin die Fahraufgabe dem System überlässt und sich FFT widmen kann, muss zunächst ein Vertrauen in die Technik aufgebaut werden, so die Fachkundigen der Verkehrssicherheit. „Ohne Vertrauen würden sich die Fahrer und Fahrerinnen nicht vollständig einer FFT widmen können.“ Auch hierbei unterstützt die oben angesprochene Kontrollschleife den Systemzustand und somit das Vertrauen der Fahrer bzw. der Fahrerin in das System. Dabei müsse allerdings berücksichtigt werden, dass sich Vertrauen erst im Zeitverlauf aufbaut und einer Reihe von interindividuellen und externen Einflüssen unterliegt. Welche Informationen zum Systemzustand vertrauensbildend sind und wie diese kommuniziert werden, ist Gegenstand der aktuellen Forschung zur Automatisierung.

Unter den Fachkundigen der Verkehrssicherheit herrscht eine geteilte Meinung hinsichtlich der Art der durchführbaren FFT während SAE Level 3 und Level 4 (siehe Bild 7-12). Aus verkehrssicherheitstechnischer Sicht würden bei SAE Level 3 kaum FFT möglich sein, so die Einschätzung in den Interviews, da eine ständige Bereitschaft durch den Fahrer oder die Fahrerin zur Übernahme des Fahrzeugs gegeben sein muss. Selbst FFT mit einem mittleren Anforderungsniveau, wie das Telefonieren, das heute weit verbreitet ist, werde als problematisch angesehen. Der Grund hierfür ist, dass sich ein vermeintlich einfacher Anruf während des Gesprächsverlaufs in ein komplexes Telefonat wandeln kann, das bspw. die volle Konzentration auf sich zieht oder sich auf die emotionale Verfassung der Fahrer und Fahrerinnen auswirken kann, so ein Fachkundiger. In den Interviews kam die Frage wie mit einem veränderlichen Grad der Komplexität von FFT bei der Bestimmung sicherer Übergabezeiten umgegangen werden sollte. Die Fachkundigen der Verkehrssicherheit gehen davon aus, dass sich je nach Komplexität und Beanspruchung der FFT, die Rückholzeit von

Fahrern und Fahrerinnen individuell verlängern kann. Bei häufiger Unterbrechung der FFT leide zudem die Qualität der Ausführung der FFT, was wiederum dafürsprechen würde, dass maximal kleinere Aufgaben durchgeführt werden könnten.

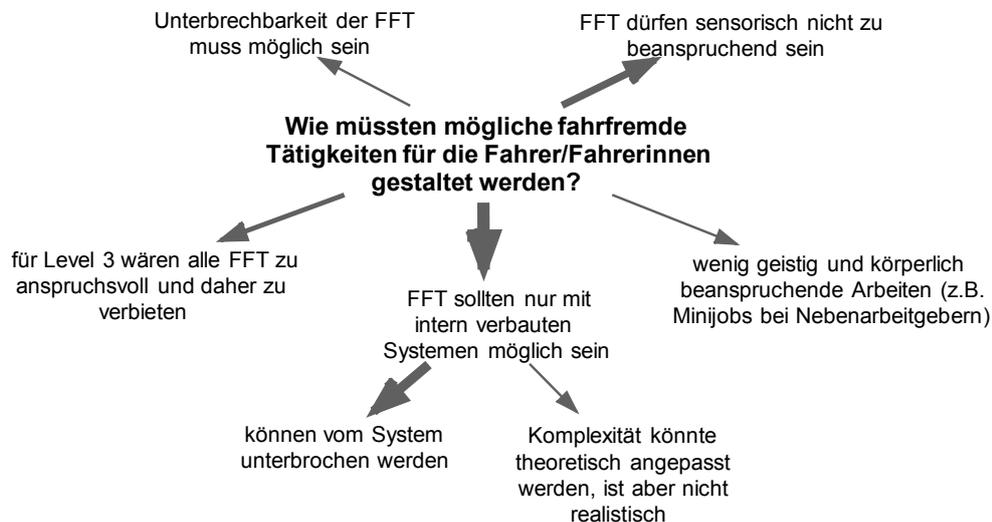
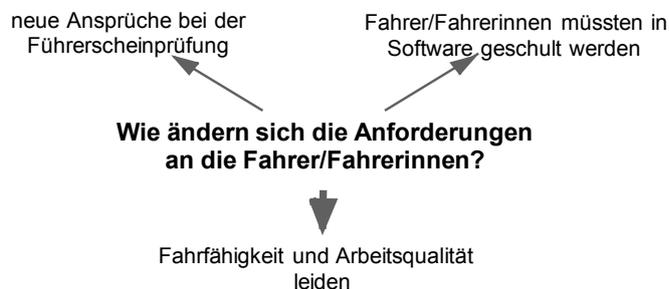


Bild 7-12: Gestaltung der FFT aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit

Problematisch wird auch die Verbreitung von Nomadic devices (Handy, Tablet etc.) und deren Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit gesehen, da diese Geräte bei einer Rückholung nicht durch das System, bspw. durch das Abschalten des Geräts, kontrolliert werden können. Sie sind faktisch nicht zu verhindern, stellen jedoch gleichzeitig eine große Unsicherheit für eine geordnete Übernahme der Fahrzeugsteuerung durch den Fahrer oder die Fahrerin dar. Die Fachkundigen der Verkehrssicherheit kamen zu dem Schluss, dass ein umfangreiches Monitoring von Fahrern und Fahrerinnen nötig würde.

Zukünftig würde der Fahrer oder die Fahrerin vorrangig bei der Übernahme der Fahraufgabe in Ausnahmesituationen eine Rolle spielen, etwa, wenn Baustellen durchfahren werden müssen. Insgesamt würden sich die Anforderungen an die Fahrer und Fahrerinnen verändern. Dabei wurde die Gefahr gesehen, dass die Fahrer oder Fahrerinnen zukünftig dann „weder gut fahren, noch gut Tätigkeiten neben der Fahrt machen können“. Außerdem müsste der Fahrer oder die Fahrerin auch für die Ausübung bestimmter FFT bestimmte Qualifikationen vorweisen können und ggf. in der Softwarenutzung ausgebildet werden (siehe Bild 7-13).



"...die Gefahr besteht, dass man sie jetzt im Prinzip zwei Tätigkeiten machen lässt und sie beide nicht mehr gut können. Sie sind nicht so gut wie ein Disponent, weil sie eben nicht in Ruhe im Büro sitzen und das alles koordinieren können, und sie sind auch nicht mehr so gut wie als Lkw-Fahrer, weil man gibt ihnen nicht mehr die Möglichkeit zum Erfahrungsaufbau..."

Bild 7-13: Geänderte Anforderungen an den Fahrer und die Fahrerin aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit

7.4.4 Ergebnisse der Interviews mit den Logistikdienstleistern

Die Automatisierung des Fahrens bzw. der Fahrzeuge ist für die Befragten aus der Logistikdienstleistungswirtschaft ein wichtiges Thema bei der Gestaltung ihrer Logistikprozesse und hinsichtlich ihrer Kosten (siehe Bild 7-14). Als Voraussetzung für den Einsatz der Fahrzeuge mit SAE Level 3 und Level 4 gilt eine robuste und sichere Technik, die fehlerfrei das operative Fahren übernimmt. Obwohl bei SAE Level 3 ein geringer wirtschaftlicher Nutzen durch die Fachkundigen der LDL vermutet wird, können die Interviewten sich FFT vorstellen. Als FFT während einer Fahrt wurden bspw. das sendungsbezogene Kundenmanagement, die Abstimmung unter den Fahrern und Fahrerinnen bei Problemen, einfache administrative Aufgaben, Spesenabrechnung, Lieferscheine oder die Bearbeitung von Belegen genannt. Gleichzeitig wird allerdings angemerkt, dass derartige Tätigkeiten zunehmend digitalisiert werden, wodurch perspektivisch der wirtschaftliche Nutzen von FFT gemindert wird.

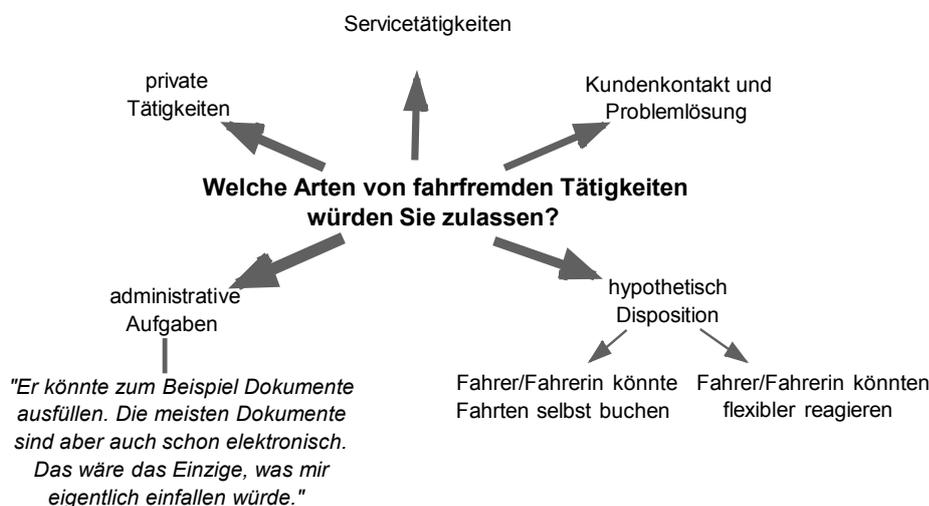


Bild 7-14: Potenzielle FFT aus Sicht der interviewten LDL

Dispositive Tätigkeiten könnten hypothetisch von Fahrern und Fahrerinnen durchgeführt werden, wurden aber mehrheitlich und weitestgehend ausgeschlossen, weil a) die Qualifikation und das Qualifikationspotenzial des Fahrers oder der Fahrerinnen meist beschränkt ist, b) gleichzeitig kaum Originaldaten und -dokumente dezentral in den Fahrzeughäusern denkbar sind und c) derzeit wenige Disponenten und Disponentinnen mit umfangreicher Erfahrung viele Fahrer und Fahrerinnen und Fahrzeuge koordinieren. In einem Interview wurde erwähnt, dass Fahrer und Fahrerinnen sich selbst koordinieren könnten, was die Selbstbestimmtheit und damit die Attraktivität des Berufs in der Fahrerkabine erhöhen würde. Allerdings ist zu dieser Idee auch angemerkt worden, dass zu prüfen wäre, ob sich Fahrer und Fahrerinnen selbst ausreichend auslasten und die Disposition optimal verlaufen würde. In solchen Fällen müsste zudem auch die bei den LDL benutzte Software dezentral im Fahrzeug verfügbar sein. Insgesamt entstünde kaum ein Mehrwert auf Seiten der LDL.

Insgesamt dürften die Aufgaben nur eine geringe Komplexität und Verantwortung aufweisen, was das Feld möglicher FFT deutlich einschränkt (siehe Bild 7-15). Dazu begrenzen Notwendigkeiten, wie die ständige Unterbrechbarkeit der FFT (bei SAE Level 3), gute Sprachkenntnisse und die Einhaltung von Standards bei Fahrern und Fahrerinnen (gerade aus Drittstaaten der Europäischen Union (EU)) das Spektrum möglicher FFT. Zusätzlich eingeschränkt werden sie durch Digitalisierungsprozesse (potenzielle FFT werden automatisiert), der Tatsache, dass eine Fahrerkabine auch nicht ohne Weiteres zum vollwertigen Büroarbeitsplatz werden könne und rechtlichen Rahmenbedingungen. Damit ist aus

heutiger Sicht bei SAE Level 3 und Level 4 aus der Sicht der LDL eine Verlagerung des Büros in die Fahrerkabine nicht sinnvoll oder absehbar.



Bild 7-15: Limitierungen für FFT aus Sicht der interviewten LDL

Mit der Automatisierung des Fahrens und bei gleichzeitiger Ausübung von FFT wurde überwiegend eine Möglichkeit zur Steigerung der Attraktivität des Berufs von Kraftfahrern und Kraftfahrerinnen gesehen (siehe Bild 7-16). Anreize hierfür können die Technik selbst sein (Technikaffinität von Fahrern und Fahrerinnen), neue Karrieremöglichkeiten, mehr Gehalt und Urlaub aufgrund einer höheren Qualifikation, mehr Selbstbestimmtheit aber auch private FFT der Fahrer und Fahrerinnen.

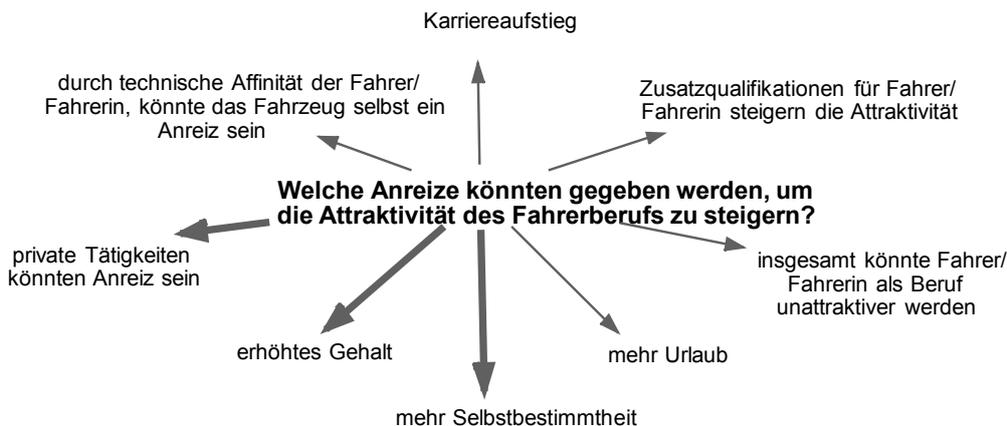


Bild 7-16: Anreize zur Attraktivitätssteigerung des Fahrerberufs aus Sicht der interviewten LDL

Die Möglichkeit der Ausübung von FFT während SAE Level 3 und Level 4 sei nach Meinung der LDL an bestimmte Systemvoraussetzungen geknüpft. Genannt wurden Umgestaltung der Fahrerkabine, 5G-Netz, Drucker, mobile Endgeräte und On-Board-Systeme. Rechtliche Fragen zu den Verantwortlichkeiten zwischen Fahrer und Fahrerinnen und automatisiertem Fahrzeug, den Regulierungen von Tätigkeiten, Lenk- und Ruhezeiten und weitere Aspekte des Arbeitsrechtes müssten in Zukunft geklärt werden.

7.4.5 Ergebnisse der Interviews mit Fahrern und Fahrerinnen

Ein Interview erfolgte mit einem selbstständigen Fuhrunternehmer mit 15 Angestellten, der auch gelegentlich selbst Touren fährt. Seiner Einschätzung nach stellt der Bildungsgrad der Fahrer und der Fahrerinnen das größte Hindernis dar, um zukünftig unternehmerischen FFT nachzugehen. Auch die anzunehmende geringe Weiterbildungsbereitschaft könnte ein hemmender Faktor sein. Über das Geld, „[...]“, denn darauf läuft es hinaus“, kann jedoch ein Anreiz für den Beruf des Kraftfahrers und der Kraftfahrerinnen.

Grundsätzlich stellen sich Fragen nach dem Vertrauen in die Technik. Um das Vertrauen zu stärken, muss laut der befragten Fahrer und Fahrerinnen ein Sicherheitsgefühl aufgebaut werden, indem eine Mensch-Maschine-Schnittstelle in der Fahrerkabine dem Fahrer oder der Fahrerin kommuniziert, dass alle Systeme geprüft sind und die Verkehrssituation sicheres automatisiertes Fahren zulässt. Zwei der Befragten würden dennoch stets die Straße bzw. den Straßenverlauf weiter beobachten und übersteuerungsbereit bleiben wollen. Was das Spektrum an FFT wiederum ausschließen würde. Ein Rest Skepsis hinsichtlich der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge wurde geäußert und kann wohl erst durch ausreichend Erfahrung gemindert werden.

In den Interviews wurden immer wieder die Bedenken hinsichtlich fahrfremder Tätigkeiten und den möglichen Vorteilen für Fahrer und Fahrerinnen geäußert. Es werden schon heute FFT durchgeführt, und zwar jene, die mit den eigenen mobilen Geräten durchgeführt werden können (Navigation, Nachrichten schreiben, Filme schauen, telefonieren usw.). Diese könnte man auch heute nicht effektiv verhindern. Es wurde von den Entwicklungen der letzten Jahre in der Fahrzeugtechnik und bei Sicherheitsassistenten berichtet, die bereits heute FFT ermöglichen. Die Befragten konnten sich keine anderen Tätigkeiten als jene, die ohnehin heute schon während einer Fahrt gemacht werden, vorstellen (siehe Bild 7-17). Mehrere Fahrer und Fahrerinnen deuteten in diesem Zusammenhang auf deren Headset im Ohr und meinten, damit bereits eine ausreichende technische Unterstützung für ihre derzeitigen FFT zu besitzen.

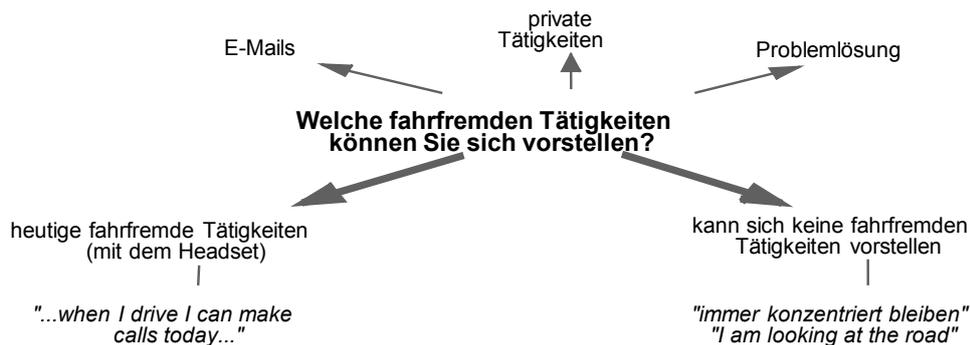


Bild 7-17: Vorstellbare FFT aus Sicht der interviewten Fahrer und Fahrerinnen

7.5 Übergeordnete Erkenntnisse aus den Interviewergebnissen

Aus den einzelnen Interviewergebnissen können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden. Dabei wurde berücksichtigt, ob bestimmte Einschätzungen häufig oder sogar einstimmig getätigt wurden und ob sie bestimmte Grundsätze des Katalogentwurfs ansprechen. In diesem Sinne sind die folgenden Aspekte übergeordnete Erkenntnisse und stellen keine direkten Interviewaussagen dar.

Automatisierungs-Level 3 ist eine Übergangsphase zum fahrerlosen Fahren

Aus der Sicht der befragten OEM und der LDL ist das eigentliche Ziel der Entwicklung das fahrerlose Fahren, denn dann können Fahrpersonalkosten eingespart und gleichzeitig dem Fahrpersonalmangel entgegengewirkt und neue Einsatzprofile von Lkw operationalisiert werden. Für SAE Level 3 sei zunächst weiterhin ein Fahrer oder eine Fahrerin an Bord eines Lkw erforderlich und auch bei SAE Level 4 sei dies gegebenenfalls noch nötig. Die physi-

sche Anwesenheit des Fahrers oder der Fahrerin stellt somit eine Übergangsphase dar und soll in dieser Phase vorrangig zum sicheren Fahren in bestimmten Fahrabschnitten außerhalb von ODD dienen. FFT sind vor diesem Hintergrund ebenso Teil einer Übergangsphase hin zum fahrerlosen Fahren.

FFT als Mittel der Sinnstiftung

Nur für punktuelle Aktivierungssituationen können die Fahrer und Fahrerinnen nicht dauerhaft hochkonzentriert und mental in der Verantwortung für die Fahrzeugsteuerung sein, während sie gleichzeitig aber der Technik vertrauen sollen. Für die beschriebene Phase der Technikeinführung ist den Interviews zu entnehmen, dass Fahrer und Fahrerinnen einen Sinn für ihre Anwesenheit im Fahrzeug brauchen. Es ist psychologisch wichtig, dass Fahrer und Fahrerinnen verstehen, warum sie (noch) an Bord sind. Die Ausübung von FFT könnte sinnstiftend sein.

Fahrer und Fahrerinnen müssen nach wie vor fahren können

Bei automatisierten Fahrten entsteht die Gefahr, dass Fahrer und Fahrerinnen verlernen mit Standardsituationen umzugehen bzw., dass die nachfolgende Generation von Fahrern und Fahrerinnen dies gar nicht mehr erlernen, weil die erforderlichen Kenntnisse von der Automatisierungstechnik abgedeckt werden. Bei Level 3 müssen Fahrer und Fahrerinnen weiterhin als Rückfallebene zur Verfügung stehen, bei Level 4 ist eine Rückholung der Fahrer und Fahrerinnen innerhalb von ODDs gar nicht mehr vorgesehen. Diesem Konflikt ist mit speziellen Trainings und einer angepassten Ausbildung vorzubeugen, z. B. ähnlich der Ausbildung von Piloten- und Pilotinnen. Faktisch bedeutet dies aber auch, dass zukünftige Fahrfähigkeiten in die Untersuchung einer sicheren automatisierten Fahrt mit FFT eingehen müssten.

Die Möglichkeit, FFT im Fahrzeug durchzuführen wird von den Fachkundigen kontrovers diskutiert. Durch die Notwendigkeit der ständigen Unterbrechbarkeit und dynamischen Komplexität von Aufgaben, werden FFT in der Fahrerkabine als kritisch betrachtet. Deshalb ist es wichtig, die Möglichkeit zur Unterbrechung einer FFT als Kriterium zur Eignungsbeurteilung in den Katalog aufzunehmen. Insgesamt muss für die sichere Übergabe der Fahraufgabe an das System untersucht werden, unter welchen Randbedingungen welche FFT die Fahrfähigkeit beeinflussen.

Mit den vorangegangenen Argumenten hinsichtlich der Fahrfähigkeit des Fahrers oder der Fahrerin, einer sicheren Übergabezeit der Fahraufgabe und den spezifischen Rahmenbedingungen, ist es eine große Herausforderung bestimmte FFT eindeutig zu beurteilen. Dies wäre bspw. mit aufwendigen psychologischen Untersuchungen und einem entsprechenden Monitoring von Fahrern und Fahrerinnen möglich (z. B. durch die Erfassung von Vitalwerten und Augenbewegungen). Alternativ dazu wurden noch festzulegende pauschale Übergabezeiten in den Interviews vorgeschlagen, wobei Zeitspannen von 10-30 Sekunden benannt wurden. Voraussetzung wäre, dass es sich um FFT handelt, die mit dem System gekoppelt wären. Schwierig wird es jedoch bei Nomadic devices, die nicht vom Fahrzeug kontrolliert werden können (z. B. Eingreifen beim Buch lesen durch System nicht möglich).

Das Spektrum möglicher FFT ist eingeschränkt

Hürden für die Durchführung wirtschaftlicher FFT stellen u. a. die Qualifikation und die sprachlichen Barrieren der Fahrer und Fahrerinnen dar. Daher könnte der Qualifikationsanspruch, der mit der Durchführung einer FFT verbunden ist, auch für die Beurteilung der FFT herangezogen werden: FFT mit Qualifikationsansprüchen, die über dem heutigen

Qualifikationsniveau der Berufsgruppe liegen, wären damit nur bedingt möglich. Eine weitere Ausdifferenzierung der Beurteilung wäre z. B. über eine Einschätzung des Umfangs der notwendigen Qualifizierung mit Bezug auf das heutige Qualifikationsniveau der Berufsgruppe möglich. Das Büro perspektivisch in die Fahrerkabine zu verlegen ist weitestgehend ausgeschlossen worden. Als mögliche FFT sehen die Fachkundigen der LDL und OEM vor allem Aufgaben, die bei Bedarf direkt unterbrechbar sind und eine geringe Komplexität aufweisen, sodass eine breite Masse der Fahrer und Fahrerinnen diese bewältigen kann. Genannt wurden Aufgaben, die etwa administrativer Art sind, wie Telefonate mit Bezug zur Lieferung/Abholung oder zur Tourenorganisation führen, Abrechnungen erstellen, die Route justieren, Spesenrechnungen oder Lieferscheine bearbeiten, oder Telefonate unter den Fahrern und Fahrerinnen bei Problemen. Bereits heute sind einige dieser möglichen FFT automatisiert. Bei anderen weniger komplexen Aufgaben wird die Digitalisierung erwartet, sodass diese in Zukunft automatisiert ausgeführt werden. Das Spektrum an FFT wird dadurch weiter eingeschränkt. Auch die Fahrer und Fahrerinnen schätzen das Potenzial neuer FFT eher gering ein, was unter anderem mit einem geringen Vertrauen in die Technik der Fahrzeugautomatisierung begründet werden kann.

Fahrerlose Fahrzeuge führen zu einem neuen Fahrerprofil

Langfristig sind fahrerlose Fahrzeuge in ODD im Einsatz, wodurch sich eine Transformation des Berufs des Kraftfahrzeugfahrers und der Kraftfahrzeugfahrerin ableiten lässt. In den Interviews wurde das Szenario beschrieben, dass der Kern des neuen Berufs des Kraftfahrzeugfahrers und der Kraftfahrzeugfahrerin nicht mehr die Langstrecke, sondern die Überführung von Fahrzeugen außerhalb von ODD sein kann. Ein Beispiel ist der Einsatz im Pendelverkehr zwischen Autobahn und Logistikstandort. Dies würde den Beruf des Kraftfahrzeugfahrers und der Kraftfahrzeugfahrerin auf einen regionalen Einsatz beschränken und damit familienfreundlicher machen.

Notwendigkeit einer klaren Kommunikation zwischen System und Fahrern bzw. Fahrerinnen

Aus der Perspektive der HMI-Forschung und der Verkehrssicherheit können sich die Fachkundigen einen klaren Signalgebungsprozess im Sinne eines Ampelsystems vorstellen. Die Ampel soll die Fahrer und Fahrerinnen farblich auf die verschiedenen Situationen vorbereiten. In den Interviews mit den OEM, HMI-Forscher und -Forscherinnen und Verkehrssicherheitsexperten und -expertinnen wurde eine multimodale rezeptive Signalgebung genannt, die Fahrer und Fahrerinnen über mehrere Kanäle anspricht und auf eine Übernahmeaufforderung oder eine Warnung vorbereitet. Dies könnte auch über das Medium geschehen, das gerade durch eine FFT belegt ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass Informationen vertrauensbildend sind und die Anzahl an Informationen für die Fahrer und Fahrerinnen nicht überfordernd sein darf.

8 Fachkundigenworkshop zur Katalogoptimierung

Im Projekt SYMtastik dienten Workshops mit Fachkundigen dazu, den Nutzen der Kataloginhalte und die Anwendbarkeit des Katalogs für verschiedene Stakeholdergruppen zu erfassen. Teilnehmende Experten und Expertinnen waren Akteure aus den Bereichen Verkehrssicherheit und HMI-Forschung sowie LDL und OEM. Im Workshop wurde der entworfene Katalog mit Usability-Tests evaluiert sowie in Kleingruppen und in einer Abschlussrunde diskutiert. Insbesondere folgende Fragen standen im Fokus des Workshops:

- Hinsichtlich welcher Aspekte kann der Katalog optimiert werden?
- Wie kann der Katalog (ausgefüllt oder nicht ausgefüllt) von den Stakeholdern genutzt werden?
- Welche Rückschlüsse können aus dem ausgefüllten Katalog gezogen werden?
- Stellt der Katalog ein angemessenes Tool zur Eignungsbeurteilung von FFT auf SAE Level 3 und Level 4 dar?

8.1 Überblick über die durchgeführten Workshops

Aus terminlichen Gründen wurden zwei Workshops durchgeführt (Tabelle 8-1). An den Workshops nahmen zwei Fachkundige aus dem Bereich Logistik und jeweils ein Fachkundiger aus den Bereichen HMI, Verkehrssicherheit und OEM teil.

Workshoptag	Stakeholdergruppe			
	LDL	HMI	VS	OEM
25.11.2021	2 FK	1 FK	1FK	---
20.01.2022	---	---	---	1 (+1) FK
Anmerkungen: LDL = Logistikdienstleistungsunternehmen, HMI = Human-Machine Interaction, VS = Verkehrssicherheit; OEM = Original Equipment Manufacturer; FK = Fachkundiger/Fachkundige				

Tab. 8-1: Anzahl der Teilnehmenden und Daten der Fachkundigen in den Workshops

8.2 Ziele der Workshops und methodisches Vorgehen

Ziel der Workshops mit Fachkundigen war die Bewertung des Katalogs hinsichtlich

- des Einstiegs in den Katalog,
- der Praxistauglichkeit und Handhabung des Katalogs,
- der Verständlichkeit und Vollständigkeit des Katalogs,
- dem Nutzen und der Wirtschaftlichkeit von FFT.

Die inhaltliche Vorbereitung des Fachkundigenworkshops erfolgte auf der Grundlage der umfangreichen Literaturanalysen (Kapitel 2 bis Kapitel 6.1), der Erkenntnisse aus den leitfadengestützten Interviews (Kapitel 7) sowie des entwickelten ersten Katalogentwurfs.

Zu Beginn des Workshops wurden das Projekt und die Ziele des Workshops kurz vorgestellt. Am Anfang hatten die Fachkundigen Zeit, die Anwendung im Rahmen eines Usability-Tests mit einem Mitglied des Projektteams selbst zu testen und ihre Gedanken zum

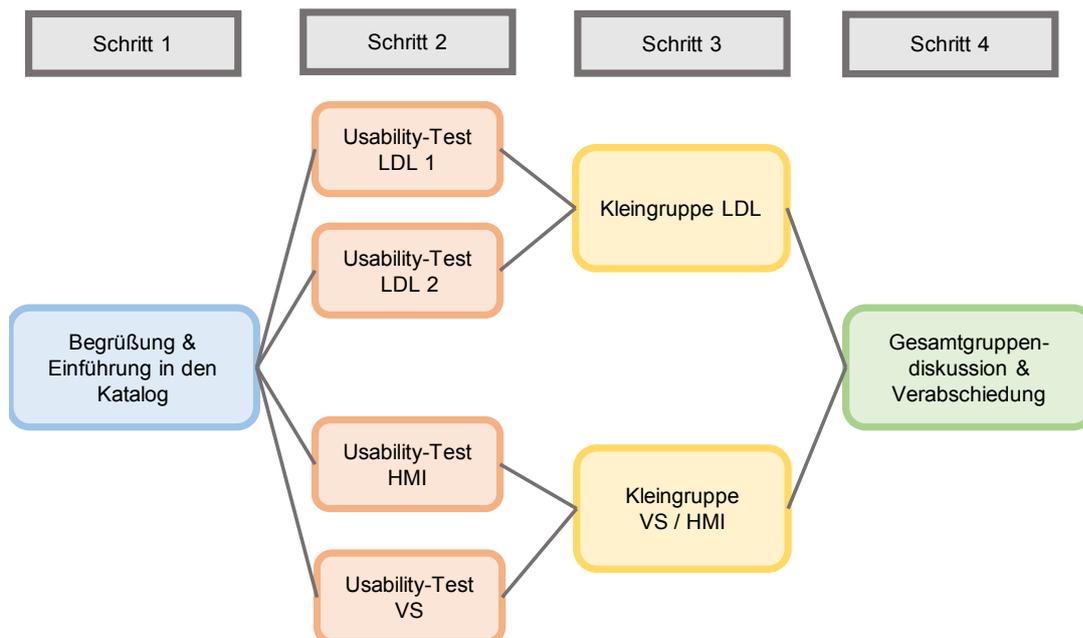
Katalog mitzuteilen. Hierfür wurden einige konkrete Aufgaben zur Eignungsbeurteilung verschiedener FFT gestellt. Anschließend sollten die Fachkundigen den Katalog hinsichtlich der Handhabung, des Aufbaus und des Umgangs bewerten. Die Fachkundigen sollten z. B. äußern, wie ihnen der Einstieg in den Katalog gelang, welche Informationen ihnen fehlten, welche Begrifflichkeiten unklar waren oder, ob das Bewertungsschema nachvollziehbar sei. In Kleingruppen wurden anschließend die Erkenntnisse und Eindrücke aus den Usability-Gruppen diskutiert. Abschließend wurden in einer Abschlussrunde einige offene Fragen zum Katalog im Allgemeinen und zum Workshopablauf formuliert, um die Meinung der Fachkundigen zu erfragen, z. B. ob sie weitere Verbesserungsvorschläge für den Katalog haben und wie ihnen der Workshop gefiel. Die konkrete Aufgabenstellung, die Anschlussfragen sowie die Fragen der Klein- und Gesamtgruppendifkussion befinden sich im Anhang (Anhang 6 – Anhang 8).

Das Projektteam übernahm die Moderation, die Protokollierung und die technische Durchführung des Workshops. Zusätzlich nahmen an den Workshops weitere Personen aus dem Projektteam und dem Begleitkreis als externe Beobachter teil.

Zur Weiterverarbeitung der Erkenntnisse wurden diese während der Workshops stichpunktartig auf einem Miroboard protokolliert. Darüber hinaus wurden Transkripte aus den Tonaufzeichnungen angefertigt. Auf diesen Grundlagen erfolgte ein Vergleich der Einschätzungen zur Eignungsbeurteilung der Fachkundigen aus den Bereichen HMI, Verkehrssicherheit und OEM sowie die Ableitung von Empfehlungen für die Revision des Katalogs. Diese wurden nach Themenbereichen gegliedert zusammengefasst und werden in Kapitel 8.4 vorgestellt und diskutiert.

8.3 Ablauf der Workshops

Der Ablauf des ersten Workshops ist in Bild 8-1 dargestellt. Für den zweiten Workshop wurde der Ablauf geringfügig angepasst. Der gesamte Workshop fand digital als Videokonferenz statt. Mit dem Einverständnis der Teilnehmenden wurde der Workshop in Bild und



Anmerkungen: LDL = Logistikdienstleistungsunternehmen, HMI = Human-Machine Interaction, VS = Verkehrssicherheit

Bild 8-1: Ablauf des ersten Workshops mit Fachkundigen am 25.11.2021

Ton aufgezeichnet. Nach einer kurzen Begrüßung und Vorstellung des Projekts und des Projektteams hatten die Teilnehmenden des Konsortiums und die Fachkundigen Gelegenheit sich selbst vorzustellen. Im ersten Schritt erfolgte eine kurze Einführung in den Katalog, in welcher über den Zweck, die Inhalte und den Umgang mit dem Katalog berichtet wurde. Im zweiten Schritt begab sich jeder und jede Fachkundige in einen separaten Videokonferenz-Raum, um den Usability-Test durchzuführen. Um die Anwendung des Katalogs zu erproben, füllten die Teilnehmenden denjenigen Katalogbereich, der sich auf ihr jeweiliges Fachgebiet bezieht anhand einer beispielhaften FFT aus. Im Anschluss an den Usability-Test folgte in beiden Workshops ein kurzer Fragenblock zu den ersten Eindrücken des Katalogs. Im dritten Schritt begaben sich die Teilnehmenden in einen weiteren virtuellen Raum. Hier kamen die beiden Fachkundigen aus dem Bereich Logistik sowie die beiden Fachkundigen aus den Bereichen Human-Machine Interaction und Verkehrssicherheit jeweils in einer Kleingruppendiskussion zusammen. In dieser Phase des Workshops wurden die mit dem Katalog gesammelten Erfahrungen ausgetauscht und diskutiert. In einer abschließenden Gesamtgruppendiskussion im Schritt 4 wurden den Teilnehmenden kurz die Ergebnisse der Usability-Tests sowie der Kleingruppendiskussionen vorgestellt und es wurden gemeinsam weitere generelle Fragestellungen zu FFT und der Nutzung des Katalogs diskutiert. Nach einigen resümierenden Sätzen seitens der Moderation wurde der Workshop beendet.

8.4 Diskussion und Ableitung der Optimierungsempfehlungen für den Eignungskatalog

Im Rahmen der Workshops ergaben sich einerseits grundsätzliche Anregungen zum Prozess der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge, zur Rolle des Fahrers bzw. der Fahrerin sowie andererseits zur Optimierung des Katalogs. Nachfolgend sind die Ableitungen der Optimierungsempfehlungen für den Eignungskatalog beschrieben. Die ausführlichen Ergebnisse der Workshops finden sich im Anhang 9.

Nutzende und ihre Anforderungen in den Mittelpunkt der Entwicklung stellen

Die erhofften Möglichkeiten während einer Fahrt in einem Güterkraftfahrzeug FFT nachzugehen, die einen rein wirtschaftlichen Nutzen verfolgen, wird von den Workshopteilnehmenden eher kritisch eingeschätzt. Als Gründe werden u. a. die fehlende Qualifikation oder die mangelnde Bereitschaft seitens der Fahrer und Fahrerinnen genannt. Hier wurde von den Fachkundigen jedoch nicht explizit zwischen Level 3 oder Level 4 differenziert.

Um die Motivation der Fahrer und Fahrerinnen aufrechtzuerhalten und die Müdigkeit bei längeren Fahrten auf Autobahnen zu reduzieren, sollten Fahrer und Fahrerinnen kurzen, fordernden FFT (max. 25 Minuten) nachgehen, die Spaß bereiten, motivierend wirken und nah an der Fahraufgabe sind, da das automatisierte Fahren durch die Abwesenheit aktivierender Tätigkeiten bzw. dem Ausführen unterfordernder Tätigkeiten den Zustand passiver Müdigkeit hervorrufen kann.

Denkbar wären insbesondere private FFT, die bereits heute von den Fahrern und Fahrerinnen durchgeführt werden, wie z. B. das Nutzen von Handys und Apps, essen und trinken. Vorstellbar wären auch Videos zur Weiterbildung oder Qualifizierung, bspw. in den Bereichen Gesundheitsmanagement, Umwelt, Arbeitssicherheit oder auch Sprachkurse, die zusätzlich belohnt oder vergütet werden könnten. Wichtig sei jedoch, die Bedürfnisse und Interessen der Berufskraftfahrer und Berufskraftfahrerinnen in den Mittelpunkt des Systemdesigns und die Ausgestaltung der Fahrerkabine zu stellen.

Um die Akzeptanz zur Ausübung von FFT in automatisierten Fahrzeugen zu erhöhen, müssen Fahrer und Fahrerinnen in den Entwicklungsprozess eingebunden werden. Hier nehmen Berufskraftfahrer und Berufskraftfahrerinnen eine entscheidende Rolle ein.

Es wird vermutet, dass nur wenige FFT bei SAE Level 3 möglich sein werden. Grundsätzlich sollte berücksichtigt werden, dass es sich um ansprechende oder aktivierende FFT mit geringer mentaler Beanspruchung handelt, um stets eine sichere Übernahme durch den Fahrer oder die Fahrerin zu gewährleisten. FFT sind gleichermaßen sinnvoll, um den Fahrern und Fahrerinnen eine Beschäftigung zu bieten und sie wach zu halten.

Kaufmännische Angestellte mit Bereitschaft das Fahrzeug zu führen

Dass Fahrer und Fahrerinnen Aufgaben aus der Disposition übernehmen, wurde im Kreis der befragten Fachkundigen für eher unwahrscheinlich gehalten. Dagegen sprechen das bereits mehrfach genannte geringe Qualifikationsniveau, die mangelnde Bereitschaft unter den Fahrern und Fahrerinnen wirtschaftlichen FFT nachzugehen sowie die sprachlichen Barrieren des heutigen Fahrer- und Fahrerinnenstamms.

Der Beruf des Lastkraftfahrers und der Lastkraftfahrerin müsse neu gedacht werden. Ohnehin sei der klassische Berufskraftfahrer und die Berufskraftfahrerin „ein Auslaufmodell“, so die Einschätzung eines Fachkundigen. Eine denkbare Vorstellung wäre, dem Fachpersonal das im Büro der Logistikunternehmen sitzt, die Fahraufgabe zu übertragen. Dies würde eine Vielzahl an Vorteilen für Logistikdienstleistungsunternehmen bedeuten. Einerseits könnten Unternehmen ihr Personal und somit die Personalkosten reduzieren. Andererseits könnten die Kosten für die Büroräumlichkeiten eingespart werden.

Folgende Einschätzungen und Empfehlungen für die Optimierung des Katalogs können abgeleitet werden:

Separate Spalten für jede Stakeholdergruppe

Als wichtiger Aspekt wurde hervorgehoben, dass der Katalog von verschiedenen Akteursgruppen ausgefüllt werden sollte, wie bspw. von den LDL, der Politik, der Verkehrssicherheit und den Fahrern und Fahrerinnen, bevor ihn abschließend die OEM erhalten. Die OEM können den größten Nutzen für die Fahrzeuggestaltung aus einem befüllten Katalog ziehen, wenn sie die Bedürfnisse, Anforderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen der einzelnen Akteursgruppen im Vorhinein kennen.

Separate Spalte für notwendige Zusatzqualifikationen und Wirtschaftlichkeit

- Bei der Vergabe von FFT sollten die vorhandenen Qualifikationen des Fahrers oder der Fahrerin berücksichtigt werden. Daher wäre eine Spalte für die LDL förderlich, die die Zusatzqualifikationen der Fahrer und Fahrerinnen enthält, um deutlich zu machen, wo ggf. Qualifizierungsbedarf der Berufskraftfahrer oder der Berufskraftfahrerin besteht und welche FFT direkt übernommen werden könnten.
- Auch die Wirtschaftlichkeit von FFT sollte durch die LDL abgefragt werden.

Excelbasierter Katalog handhabbar

- Das integrierte Glossar mit seiner erklärenden Funktion der Fachtermini wurde als sehr hilfreich empfunden.
- Die Filterfunktionen wurden als wertvoll bewertet.

- Der Katalog ist nach Meinung der Fachkundigen in seiner jetzigen Form und Größe primär für die Anwendung am Computer geeignet. Für die zukünftige Anwendung auf mobilen Endgeräten (z. B. Tablet oder Smartphone) wurde die Entwicklung einer eigenen Applikation diskutiert.

Für die Art und den Umfang der Kriterien wurden folgende Anregungen gegeben:

- Das Kriterium „Verfügbarkeit“ sollte in „Verfügbarkeit des Fahrers/der Fahrerin“ umbenannt werden.
- Es wurde noch die Aufnahme des Kriteriums der „Aufgabendauer“ diskutiert, welches angibt, wie kurz oder lang eine FFT dauert. Konkret wurde vorgeschlagen FFT unter 20 Minuten als kurz und FFT über 20 Minuten als lang einzustufen.
- Unter „Systemintegration Medium“ ist nicht eindeutig zu verstehen, ob es sich dabei um ein System/Gerät handelt, dass verbunden und verbaut ist oder erst gekoppelt werden muss.
- Aus Sicht der OEM könnte das Kriterium „analog/digital“ in Bezug auf das verwendete Medium eingebaut werden.
- Aus Sicht der OEM könnte ein Kriterium ergänzt werden, welches näher beschreibt, ob es sich (vor allem bei wirtschaftlichen FFT) um eine standardisierte Tätigkeit handelt.

Feinere Beurteilungsskalen der Kriterien

- Aus der Perspektive der HMI-Forschung und der Verkehrssicherheit würden die Fachkundigen eine feinere Abstufung hinsichtlich der Skalenausprägung im Bereich der Aufgaben bevorzugen.

8.5 Fazit der Fachkundigenworkshops

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Aussagen der Fachkundigen teilweise sehr heterogen sind und sich einander widersprechen. Problematisch ist auch, dass bei vielen eingebrachten Aspekten, von den Workshopeteilnehmenden nicht klar differenziert wird, von welchem Automatisierungsgrad (Level 3 oder Level 4) der Fahrzeuge dabei ausgegangen wurde.

Dennoch kann aus den Kommentaren der Teilnehmenden geschlossen werden, dass sich der Katalog insgesamt als ein geeignetes, strukturiertes und praktikables Instrument erwiesen hat, um eine graduelle Beurteilung von FFT hinsichtlich ihrer Eignung für das Fahren bei SAE Level 3 und Level 4 in schweren Güterkraftfahrzeugen durchzuführen. Unsicherheiten bei den Teilnehmenden bestanden häufig hinsichtlich der Frage, welche Akteursgruppen (vor allem Fahrer und Fahrerinnen, OEM, LDL) im Katalog welche Informationen beisteuern (müssen). Trotzdem sahen die Fachkundigen in dem Katalog ein nützliches Tool für ihre eigene Berufspraxis. Vorstellungen in der Anwendung reichten dabei von der Nutzung zur standardisierten Planung wissenschaftlicher Experimente zum Thema FFT, bis hin zur Erfassung der Wünsche der Nutzenden in Bezug auf FFT zur nutzerfreundlichen Ausgestaltung der Fahrerkabine im Lkw. Auf die möglichen Anwendungsbereiche des Katalogs wird in Kapitel 11.2 nochmals vertieft eingegangen.

9 Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4

Der Aufbau des im Projekt SYMtastik entwickelten Katalogs zur Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und Level 4 soll es ermöglichen, das im Rahmen des Projekts zusammengetragene Wissen strukturiert abzubilden und einen schnellen und gezielten Zugriff auf relevante Informationen zu erlauben. Genau diesen Anspruch erfüllt der von ROTH (2001) entwickelte Konstruktionskatalog. Demnach ist ein Konstruktionskatalog ein Wissensspeicher, der meistens in Tabellenform vorliegt. Die dort enthaltenen Informationen können entweder grafisch oder in Stichworten dargestellt werden und sind in einer zweidimensionalen Matrix abgespeichert (HEINEVETTER 1999).

Im Folgenden wird der entwickelte Katalog vorgestellt. Dieser folgt dem in Kapitel 9.1 beschriebenen Aufbau nach ROTH (2001) und besteht aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil sowie einem Anhang, in welchem eigene Anmerkungen durch die Katalognutzenden, bspw. für eine interne Priorisierung der FFT für die Fahrzeugentwicklung notiert werden können. Darüber hinaus finden sich hier die Kurzbelege der Quellen der gesammelten FFT. Die einzelnen Teile und Inhalte des Katalogs werden in den Kapiteln 9.1 bis 9.5 näher erläutert. Die Kurzdefinitionen und Beschreibungen der Kategorien und Kriterien des Katalogs sind in Anhang 10 aufgeführt.

9.1 Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001)

Das von ROTH (2001) entwickelte methodische Vorgehen für die Erstellung eines Konstruktionskatalogs zielt darauf ab, innerhalb eines vorgegebenen Rahmens möglichst vollständig sowie systematisch gegliedert einen gezielten Zugriff auf seinen Inhalt zu ermöglichen. Nach ROTH (2001) besteht ein Konstruktionskatalog aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil sowie einem Anhang (siehe Bild 9-1).

Gliederungsteil			Hauptteil			Zugriffsteil					Anhang		
1	2	3	1	2	Nr.	1	2	3	4	5	1	2	3
					1								
					2								
					3								
					4								
					5								
					6								
					7								

Bild 9-1: Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001) in Anlehnung an (FELDHUSEN & GROTE 2013: 379)

Der Gliederungsteil des Konstruktionskatalogs dient der Kategorisierung der Kataloginhalte und bestimmt mit Hilfe von ordnenden Gesichtspunkten den systematischen Aufbau des Katalogs (FELDHUSEN & GROTE 2013: 377). Neben der systematischen Ordnung des Inhalts bestimmt der Gliederungsteil auch die Vollständigkeit des Katalogs und sollte bei der

Katalogerstellung nach Möglichkeit endgültig sein, dabei jedoch auch Raum für theoretisch mögliche, aber zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht bekannte, Inhalte lassen (ROTH 2001: 415). Der Gliederungsteil enthält ausschließlich Gliederungsmerkmale. Gliederungsmerkmale sind „Oberbegriffe, die den Inhalt des Hauptteils eines Konstruktionskatalogs eindeutig, weitgehend vollständig und widerspruchsfrei unterteilen“ (ROTH 2001: 415).

Der Hauptteil des Katalogs umfasst die eigentlichen Inhalte, wobei dieser in unterschiedlichen Formen wie Sätzen, Begriffen, Symbolen, Zeichnungen oder ähnlichem dargestellt werden kann. Der Hauptteil muss bei der Erstellung nicht vollständig sein und kann nachträglich erweitert werden (ROTH 2001: 416).

Im Zugriffsteil werden die Eigenschaften der Kataloginhalte gesammelt, anhand derer geeignete Objekte und Lösungsvarianten ausgewählt werden können. Diese Kategorien sind meist nicht im Gliederungsteil vorhanden (HEINEVETTER 1999; FELDHUSEN & GROTE 2013: 380). Der Zugriffsteil ist den Bedürfnissen des oder der Katalognutzenden angepasst und kann auch ohne Anpassung des Gliederungs- oder Hauptteils beliebig erweitert werden (ROTH 2001: 443). Die dort enthaltenen Kategorien sind bewertbare Kennzeichen von Merkmalen, und gelten somit als Kriterien, die mit Hilfe von Skalen bewertet werden können. Die Bewertung selbst besteht aus der „Zuordnung von Zahlenbereichen zu Merkmalseigenschaften von Objekten“ (ROTH 2001: 405), um die Eignung für bestimmte Verwendungen festzustellen. Auf dieser Grundlage kann anschließend die Objektauswahl erfolgen (ROTH 2001: 405ff.).

Im Anhang können ergänzende Anmerkungen erfolgen. Auch die Quellen für die im Katalog enthaltenen Informationen sind dort aufzulisten (FELDHUSEN & GROTE 2013: 380).

9.2 Aufbau des Katalogs zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4

Der entwickelte Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4 wurde in Excel implementiert. Die Inhalte und der Aufbau des Katalogs werden ebenfalls in der Handreichung erläutert.

Das Excel-Dokument enthält sechs Tabellenblätter.

Auf dem Tabellenblatt „Read_Me“ finden die Katalognutzenden eine Kurzbeschreibung der enthaltenen Tabellenblätter sowie eine Beschreibung der Katalogteile, der unterstützten Features im Eignungskatalog und die verwendeten Farbschemata.

Das Tabellenblatt „Eignungskatalog FFT“ enthält den entwickelten Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 und Level 4. Die einzelnen Katalogteile und deren Inhalte werden im Detail in den Kapiteln 9.3 - 9.5 vorgestellt. Im Eignungskatalog erleichtern drei Farbschemata die Zuordnung der einzelnen Spalten zu den drei Katalogteilen Gliederungsteil (grün), Hauptteil (gelb) und Zugriffsteil (blau). Zur Vereinfachung der Nutzung des Katalogs wurden unterschiedliche Hilfestellungen implementiert. Im Gliederungs- sowie im Zugriffsteil sind für eine eventuell notwendige Zuordnung der FFT zu den Kategorien Dropdown-Menüs der einzelnen Ausprägungen hinterlegt. Im Zugriffsteil können mithilfe der hinterlegten Dropdown-Menüs die Aufgabenmerkmale einer FFT sowie die Beurteilungen gefüllt werden. Grau eingefärbte Zellen werden durch hinterlegte Rechenoperationen automatisch auf Grundlage der zuvor angegebenen Zelleninhalte ausgefüllt. Um Inhalte einfacher auffinden zu können, wurde im Katalog in Zeile 4 eine Filterfunktion eingefügt, über die die Inhalte des Katalogs entsprechend der ge-

wünschten Filter eingegrenzt werden. Darüber hinaus lässt sich mit Hilfe der Filterfunktion auch nach Inhalten suchen. In den Spaltenköpfen des Eignungskatalogs wurden kurze Erläuterungen der Kategorien und Kriterien hinterlegt, die durch ein Anklicken des jeweiligen Spaltenkopfes angezeigt werden.

Zur genaueren Beschreibung der im Eignungskatalog enthaltenen Kriterien und Kategorien ist in der Excel-Datei das Tabellenblatt „Glossar“ zu nutzen. Im Glossar findet sich neben einer ausführlicheren Definition der Kriterien und Kategorien auch eine Skalierungshilfe.

Die im Katalog hinterlegten Kombinationen für die grau eingefärbten Zellen sind dem Tabellenblatt „Hinterlegte Kombinationen“ zu entnehmen, die Quellen der aufgeführten FFT dem Tabellenblatt „Quellen“. Die technische Hilfeanleitung ist ebenfalls im Katalog unter dem Tabellenblatt „Technische Hilfeanleitung“ zu finden.

9.3 Gliederungsteil: Kategorisierung möglicher FFT

Der Gliederungsteil dient der Kategorisierung der im Katalog enthaltenen FFT. Eine Kategorie wird für das Ordnen von Erkenntnisinhalten gebildet und ermöglicht die einfachere Erfassung des inhaltlichen Zusammenhangs und stellt in einem Ordnungssystem eine einzelne Klasse dar (FAHRENBERG 2021). Der in Grün in der Tabelle 9-1 dargestellte Gliederungsteil gibt den Katalognutzenden also einen ersten Überblick über potenzielle Kategorien von FFT und ermöglicht einen Einstieg in den Katalog über die zwei Kategorien:

- Zweck der FFT und
- Bereich der FFT.

Ein Dropdown-Menü unterstützt die Katalognutzenden bei der Zuordnung der Gliederungsmerkmale zu den FFT. Die Inhalte jeder Kategorie können entsprechend den Anforderungen jedes und jeder Katalognutzenden gefiltert oder durchsucht werden.

Gliederungsteil	
Zweck der FFT	Bereich der FFT
wirtschaftlich	Kaufmännische Steuerung und Kontrolle
wirtschaftlich/privat	Organisatorisches
privat	Entspannung

Tab. 9-1: Beispielhafter Auszug aus dem Gliederungsteil des Katalogs

Die Kategorie „Zweck der FFT“ clustert die im Eignungskatalog enthaltenen FFT hinsichtlich des mit der Ausübung der FFT verfolgten Zwecks. Ein Zweck stellt einen in einem Vorgang, Sachverhalt o. Ä. verborgenen und erkennbaren Sinn dar (Bibliographisches Institut GmbH 2022c). Die Kategorie enthält drei Ausprägungen, die an CACILO et al. (2015), Fraunhofer IAO & Horváth & Partners (2016) und PAGENKOPF et al. (2018) angelehnt sind:

- wirtschaftlich,
- wirtschaftlich/privat und
- privat.

Unter wirtschaftlichen Tätigkeiten werden all jene FFT verstanden, die dem Zweck des Unternehmens dienen. Juristisch umfasst dies alle versicherten (Berufs-)Tätigkeiten nach § 2, 3, 6 und 8 des 7. Sozialgesetzbuch (BRD 1996a, 1996b, 1996c, 1996d) wie bspw. die

Erstellung von Transportdokumenten. Private FFT sind entsprechend als Tätigkeiten definiert, welche in eigener Sache ausgeführt werden, also nicht dem Unternehmenszweck dienen, bspw. Musik hören. Als „wirtschaftlich/privat“ sind FFT eingestuft, wenn diese nicht ohne nähere Spezifizierung ihrer genauen Aufgabeninhalte dem privaten oder dem unternehmerischen Zweck zugeordnet werden können, wie bspw. telefonieren. Telefonieren hat einen wirtschaftlichen Zweck, wenn der Fahrer oder die Fahrerin mit einem Kunden oder einer Kundin telefoniert; im Gegensatz zu einem Telefonat mit einem Familienmitglied, welches einem rein privaten Zweck dient.

Die zweite Kategorie clustert die FFT hinsichtlich ihres Bereichs. Dabei werden den wirtschaftlichen und den wirtschaftlich/privaten sowie privaten FFT unterschiedliche Ausprägungen zugeordnet. Bei wirtschaftlichen FFT wurden die Bereiche der FFT unterschiedlichen logistiknahen Ausbildungsverordnungen entlehnt. Diese wurden gewählt, da der Fokus des Projekts auf dem Einsatz von schweren Güterkraftfahrzeugen im Logistikumfeld liegt. Die in den Ausbildungsverordnungen Groß- und Außenhandelsmanagement (2020: 716), Industriekaufmann/frau (2002: 2764), Schifffahrtskaufmann/frau (2004: 1874) und Spedition und Logistkdienstleistung (2004: 1902) aufgeführten Fertigkeiten und Kenntnissen wurden zu acht möglichen Aufgabenbereichen zusammengefasst. Die wirtschaftlichen FFT können damit den folgenden Bereichen zugeordnet werden:

- Gefahrgut, Schutz und Sicherheit,
- Leistungsabrechnung,
- Leistungserstellung,
- Marketing,
- Personal,
- Verträge, Haftung und Versicherung,
- wirtschaftliche Kommunikation und
- sonstige wirtschaftliche FFT.

Um die Vollständigkeit des Gliederungsteils zu gewährleisten, sind weitere wirtschaftliche FFT, welche sich keinem der aufgeführten Bereiche zuordnen lassen, als sonstige wirtschaftliche FFT klassifiziert.

Die wirtschaftlich/privaten sowie privaten FFT sind in den Ausbildungsverordnungen nicht verankert. Für diese FFT erfolgt die Klassifizierung in Anlehnung an die in KIM et al. (2022: 93) vorgestellten Cluster FFT, sodass folgende Bereiche zur Verfügung stehen:

- Unterhaltung (z. B. Filme, Spiele),
- körperliche Grundbedürfnisse (z. B. Essen, Trinken, Körperpflege, Kleidung),
- Entspannung (z. B. Musik, Schlafen, Nichtstun, aus dem Fenster sehen) sowie
- verbale Konversation (z. B. Telefonieren)

Darüber hinaus wurde der Bereich:

- Organisatorisches (z. B. Online-Banking nutzen, Steuererklärung erstellen) aufgenommen.

Um die Vollständigkeit auch bei der Clusterung der wirtschaftlich/privaten als auch privaten FFT zu gewährleisten, wurden die Ausprägungen

- sonstige wirtschaftlich/private FFT und
- sonstige private FFT

eingeführt.

9.4 Hauptteil: Sammlung potenzieller FFT

Der Hauptteil, der nach ROTH (2001) die eigentlichen Inhalte des Katalogs enthält, umfasst mögliche FFT, wobei der Schwerpunkt auf wirtschaftlichen Tätigkeiten auf FFT liegt, die für das Anwendungsfeld Logistik und schwere Güterkraftfahrzeuge relevant sind. Mit FFT ist in diesem Bericht die Tätigkeit des Menschen gemeint. Werden Aufgaben durch Technik erbracht, wird deren Anstoß durch den Fahrer oder die Fahrerin als FFT bezeichnet, nicht aber die anschließende Ausführung der FFT durch die Technik.

Die Inhalte des Hauptteils können entsprechend den Anforderungen jedes und jeder Katalognutzenden gefiltert oder durchsucht werden. Der Hauptteil ist gelb dargestellt (Tabelle 9-2).

Der Hauptteil des Katalogs listet und beschreibt FFT in drei Spalten:

- FFT-Hauptprozess,
- FFT und
- FFT-Beschreibung.

Hauptteil		
FFT-Hauptprozess	FFT	FFT-Beschreibung
Ladungsbezogene Dokumente bearbeiten	Begleitpapiere und Dokumente beschaffen	Beschaffung aller notwendiger Dokumente und Begleitpapiere der Ladung, bspw. aus einem Dateiordner.
	Begleitpapiere und Dokumente überprüfen	Überprüfung aller notwendiger Dokumente und Begleitpapiere der Ladung auf Richtigkeit und Vollständigkeit.
	Begleitpapiere und Dokumente erstellen	Eingabe der notwendigen Daten für Papiere, bspw. mit Laptop.
	Begleitpapiere und Dokumente vervollständigen	Ergänzung von Angaben in unvollständig ausgefüllten Papieren.

Tab. 9-2: Auszug aus dem Hauptteil des Katalogs

Das Kriterium „FFT-Hauptprozess“ dient einer verbesserten Übersichtlichkeit und unterstützt den Einstieg in den Katalog, da die Hauptprozesse von den Katalognutzenden einfacher auffindbar sind als eine ausdifferenzierte Auflistung der FFT. Ein Prozess ist hierbei eine „inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objektes notwendig sind“ (BECKER 2005: 6). Die Kategorie FFT-Hauptprozess enthält 57 FFT-Hauptprozesse. Sie stellt die Verbindung zwischen dem Gliederungsteil und der Auflistung der FFT dar und bildet die betriebswirtschaftliche Perspektive mithilfe der Unternehmensprozesse ab. Analog zu den Unternehmensprozessen wurden auch wirtschaftlich/private und private FFT zu Hauptprozessen wie Ausruhen verdichtet.

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist ein Hauptprozess eine zweckmäßige Verknüpfung von Teilprozessen, die zur Erfüllung einer zielorientierten Aufgabe notwendig sind, zu einem Gesamtprozess (JUNG 2006: 156). Da die differenzierte Auflistung der FFT ein Hauptziel des Forschungsprojekts darstellt, wurde anstelle des Begriffs der Teilprozesse der Begriff „FFT“ für die Benennung der Spalte im Hauptteil gewählt. Eine FFT ist dabei durch definierte In- und Outputwerte abgrenzbar und ist gleichzeitig auch ein Signal für die Unterbrechbarkeit der Tätigkeit, wie es aus der betrieblichen Prozessanalyse bzw. Prozesskostenrechnung bekannt ist. Um die vielfältigen betrieblichen Ausgestaltungsmöglichkeiten der FFT zu berücksichtigen, lehnen sich die FFT an den unterschiedlichen betrieblichen Hauptprozessen an. Die FFT sind der Literatur entnommen (siehe Kapitel 2 und 0) und beinhalten nach dem Ausschlussprinzip „Tätigkeiten, die nichts mit der Fahrzeugsteuerung durch die Fahrzeugführenden zu tun haben, insbesondere nicht mit der Längs- und Querverführung, der Fahrwegplanung, der Überwachung der Umgebung und der Reaktion darauf sowie dem Kommunizieren mit der Umwelt“ (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2018). Insgesamt enthält der Eignungskatalog eine Auflistung von 234 aus der Literatur und den Interviews identifizierten FFT.

Die FFT-Beschreibung konkretisiert das Verständnis für die aufgeführte FFT und bildet gemeinsam mit den Aufgabenmerkmalen die Grundlage für die Bewertung der FFT. Gemäß REFA Consulting AG (2021) sollen Aufgabenbeschreibungen „eindeutig, zutreffend, sachlich, verständlich, fehlerfrei sowie im Unternehmen einheitlich gestaltet und abgefasst sein, sodass z. B. Verwechslungen ausgeschlossen sind.“ Da sich der Ablauf einer FFT je nach Unternehmen bzw. des die FFT ausübenden Individuums sehr stark unterscheidet, wurde im Katalog nur eine sehr allgemeine Beschreibung der FFT hinterlegt. Die genauere Spezifizierung und Abbildung der individuellen Prozesse erfolgt mithilfe der Aufgabenmerkmale, die in Kapitel 9.5.1 näher vorgestellt werden, und die von den Katalognutzenden ausgefüllt werden können. Bei der Beschreibung kann ebenfalls angegeben werden, falls die Augen des Fahrers oder der Fahrerin während der Ausübung der FFT geschlossen sind (Augen geschlossen).

9.5 Zugriffsteil: Beurteilung der FFT

Der in Blau dargestellte Zugriffsteil des Katalogs ist in vier Teile untergliedert und umfasst 28 Spalten für die Kriterien sowie Spalten für die Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und Level 4 sowie die Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials. Neben den sieben allgemeinen Aufgabenmerkmalen der FFT, welche die Art der Ausführung spezifizieren (z. B. aktiv/passiv, genutztes Medium), sind die identifizierten 15 Bewertungskriterien der Aufgabeneigenschaften der FFT aufgeführt. Diese werden in einer gemeinsamen Betrachtung zur Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und Level 4 zusammengeführt. Darüber hinaus umfasst der Zugriffsteil die Möglichkeit, das wirtschaftliche Nutzenpotenzial einer FFT abzuschätzen.

Das Ampelsystem mit den drei Farbcodes rot, gelb und grün dient der Visualisierung der numerischen Bewertung, um die Ausprägung des spezifischen Kriteriums hinsichtlich der abschließenden Eignungsbeurteilung visuell zu verdeutlichen. Die Ampelcodierung basiert auf den aus dem Straßenverkehr bekannten Farbabstufungen, welche als kritisch (rot), bedenklich (gelb) und unbedenklich (grün) interpretiert werden können. Nicht alle Bewertungskriterien weisen neben ihren Zahlenwerten auch einen Farbcodes auf, da einige Kriterien nicht unmittelbar in die abschließende Bewertung einfließen, sondern vorerst untereinander verrechnet werden. Bewertungskriterien, welche eine Ampelcodierung aufweisen, sind sogenannte Schlüsselkriterien, die direkt in die Eignungsbeurteilung

einfließen. Die Kriterien der Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch und Monotonie werden dabei zunächst in der mentalen Gesamtbeanspruchung/psychischen Ermüdung verdichtet, bevor anschließend der Farbcode dieses Kriteriums gemeinsam mit den Farbcodes der sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen betrachtet und hinsichtlich der Überschreitung definierter Schwellenwerte geprüft wird. Die den Bewertungen zugrundeliegenden Skalen werden bei der Erläuterung der einzelnen Kriterien näher beschrieben.

Im Zugriffsteil werden die Katalognutzenden durch ein Dropdown-Menü bei der Auswahl der Bewertung unterstützt. Ebenso können die Inhalte jeder Spalte entsprechend der Anforderungen jedes Katalognutzenden gefiltert oder durchsucht werden. Die exemplarische Bewertung erfolgt durch Fachkundige.

Die im Zugriffsteil grau eingefärbten Spalten sind aggregierte Kriterien, welche sich anhand hinterlegter Regeln automatisch ergeben. Die Spaltenabhängigkeiten und die der Berechnung zugrundeliegende Kombinatorik wird in den jeweiligen Abschnitten zu den Bewertungskriterien näher erläutert. Aufgrund einer fehlenden empirischen Basis wurde im vorliegenden Katalog von einer Gewichtung der betrachteten Kriterien abgesehen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der Zugriffsteil für den vorliegenden Bericht in fünf Abbildungen aufgeteilt. Tabelle 9-3 zeigt die sieben Aufgabenmerkmale, Tabelle 9-4, Tabelle 9-5 und Tabelle 9-6 enthalten die 15 Bewertungskriterien der Aufgabeneigenschaften. In Tabelle 9-6 sind ebenfalls die Spalten der Eignungsbeurteilung bei SAE Level 3 und Level 4 enthalten. Tabelle 9-7 enthält die Kriterien für eine Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials.

Zugriffsteil						
Aufgabenmerkmale						
Aktiv/ Passiv	Verwendetes Medium	Medium handgehalten	Systemintegration Medium	Lokalität der FFT	Interaktion mit Anderen	Bearbeitungs- zeit
aktiv passiv	<i>Dropdown- Liste in jewei- liger Zelle</i>	ja nein	in Fahrzeug integriert mit Fahrzeug verbunden nicht mit Fahrzeug verbunden	nah (am Fahrersitz) fern (nicht am Fahrersitz)	ja nein	< 10 Sekunden oder in Minuten

Tab. 9-3: Zugriffsteil Aufgabenmerkmale

Zugriffsteil						
Aufgabeneigenschaften (FFT)						
Aufgaben- komplexität	zu behaltende Informations- menge	Unter- brechungs- schwierigkeit	Beanspru- chung Arbeits- gedächtnis	Raumbezo- gene Denk- prozesse	Mathemati- sche Denk- prozesse	Sprachbezo- gene Denk- prozesse
1 = sehr gering	1 = sehr gering	1 = sehr gering	1 = sehr gering	1 = sehr gering	1 = sehr gering	1 = sehr gering
2 = eher gering	2 = eher gering	2 = eher gering	2 = eher gering	2 = eher gering	2 = eher gering	2 = eher gering
3 = mittel	3 = mittel	3 = mittel	3 = mittel	3 = mittel	3 = mittel	3 = mittel
4 = eher hoch	4 = eher hoch	4 = eher hoch	4 = eher hoch	4 = eher hoch	4 = eher hoch	4 = eher hoch
5 = sehr hoch	5 = sehr hoch	5 = sehr hoch	5 = sehr hoch	5 = sehr hoch	5 = sehr hoch	5 = sehr hoch

Tab. 9-4: Zugriffsteil Bewertung der Aufgabeneigenschaften Teil 1

Zugriffsteil						
Aufgabeneigenschaften (FFT)						
Qualifikationsanspruch	Summe Denkprozesse TECH	Summe Denkprozesse KAUF	Qualifikationsempfehlung	Zusätzlicher Qualifikationsbedarf	Aufgabendauer	Monotonie
3-5 = niedrig/nicht 6,7 = mittel 8-15 = hoch	<i>ausgeblendet</i>	<i>ausgeblendet</i>	K = KAUF T = TECH K/T = Kauf ODER Tech KT = Kauf UND Tech	kein moderat hoch	1 = kurz 2 = lang	1 = sehr gering 2 = eher gering 3 = mittel 4 = eher hoch 5 = sehr hoch

Tab. 9-5: Zugriffsteil Bewertung der Aufgabeneigenschaften Teil 2

Zugriffsteil				
Aufgabeneigenschaften (FFT)			GESAMT	
Mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung	sensorisch-visuelle Einschränkung	motorische Einschränkung	Eignungsbeurteilung SAE Level 3 (Driver Availability)	Eignungsbeurteilung SAE Level L4 (Driver Availability)
1 = sehr gering 2 = eher gering 3 = mittel 4 = eher hoch 5 = sehr hoch	1 = sehr gering 2 = eher gering 3 = mittel 4 = eher hoch 5 = sehr hoch	1 = sehr gering 2 = eher gering 3 = mittel 4 = eher hoch 5 = sehr hoch	0 = geeignet 1 = bedingt geeignet 2 = nicht geeignet	0 = geeignet 1 = bedingt geeignet 2 = nicht geeignet

Tab. 9-6: Zugriffsteil Bewertung Aufgabeneigenschaften Teil 3 und Eignungsbeurteilungen der FFT

Zugriffsteil			
Wirtschaftlichkeit			
Potenzielle Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer und Fahrerinnen	Potenzielle Reduzierung der Personalkosten an anderer Stelle	Potenzielle Reduzierung der Fahrzeugkosten	Wirtschaftliches Nutzenpotenzial
0 = ja 1 = nein	0 = ja 1 = nein	0 = ja 1 = nein	0 = hoch 1 = mittel 2 = gering nicht vorhanden

Tab. 9-7: Zugriffsteil Abschätzung Wirtschaftlichkeit

9.5.1 Aufgabenmerkmale der FFT

Im nachfolgenden Kapitel werden die für eine einheitliche Charakterisierung der FFT notwendigen Dimensionen der Aufgabenmerkmale beschrieben. Die Aufgabenmerkmale können durch die Katalognutzenden angegeben werden, um die Heterogenität bei der Ausübung von FFT abbilden zu können. Gemeinsam mit der Kurzbeschreibung aus dem Hauptteil dienen die Aufgabenmerkmale einer Spezifizierung der FFT und bilden die Grundlage für die Fachkundigenbewertung der Aufgabeneigenschaften FFT im Zugriffsteil.

Das Aufgabenmerkmal ist eine „kennzeichnende Eigenschaft von Gegenständen, Vorgängen oder Individuen“ (LÜER 2021) bezeichnet den besonderen „Inhalt eines Begriffes, durch den sich dieser von anderen Begriffen unterscheidet [...]“ (LÜER 2021).

Im Rahmen des Projekts wurden die folgenden sieben Aufgabenmerkmale als für die Eignungsbeurteilung relevant identifiziert:

- Aktiv/Passiv
- Verwendetes Medium
- Medium Handgehalten
- Systemintegration Medium
- Lokalität der FFT
- Interaktion mit Anderen
- Bearbeitungszeit

Das Aufgabenmerkmal aktiv/passiv charakterisiert die FFT nach dem erforderlichen Interaktionsgrad des oder der Bearbeitenden mit der Aufgabe (SPIESSL & HUSSMANN 2011). So erfordert eine aktive FFT, dass der Fahrer oder die Fahrerin sich aktiv engagiert, um die Aufgabe zu bearbeiten. Jegliche Tätigkeiten, bei denen etwas erarbeitet, bearbeitet oder überarbeitet wird, weisen einen aktiven Charakter auf. Aktive FFT gehen stets mit motorischer Beteiligung einher, bspw. die Bedienung eines Mediums oder körperliche Betätigungen. Passive FFT zeichnen sich durch einen konsumierenden Charakter aus (SPIESSL & HUSSMANN 2011). Die Durchführung einer passiven FFT erfordert keinerlei (motorische) Aktivität durch den Fahrer oder die Fahrerin. Der Inhalt der Tätigkeit wird im Rahmen der Durchführung lediglich aufgenommen, wie bspw. die Inhalte eines Films, die visuell und auditiv konsumiert werden, oder die Inhalte eines Podcast, welche rein auditiv aufgenommen werden.

Da sich der Interaktionsgrad einer FFT mit dem oder der Bearbeitenden direkt auf den sensorisch-visuellen und motorischen Zustand auswirkt, besteht im vorliegenden Katalog eine Spaltenabhängigkeit zwischen dem Aufgabenmerkmal „aktiv/passiv“ und den sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen, welche sich durch Angaben im Bereich der Aufgabenmerkmale automatisch im hinteren Zugriffsteil ergeben. Aktive FFT wirken sich durch die aktive Beteiligung des Fahrers oder der Fahrerin in den meisten Fällen sensorisch und motorisch einschränkend aus. So sind die Augen bspw. für die Bearbeitung der Aufgabe auf einen Bildschirm fokussiert und die motorische Position der Hände und/oder Füße kann im Fall der Verwendung eines Mediums, was bei einer aktiven Tätigkeit überwiegend erforderlich ist, ungünstig ausgerichtet sein. Diese Art der sensorisch-visuellen und motorischen Okkupierung wirkt sich einschränkend auf die sensorisch-visuelle und motorische Verfügbarkeit (sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung im Katalog) des Fahrers oder der Fahrerin aus. Zudem geht mit einer sensorisch-visuellen Okkupierung des Fahrers oder der Fahrerin durch die Aufgabe oft eine kognitive Involviertheit einher. Das aktive Engagement und die damit einhergehende Zuwendung zu der FFT führt zu der Abwendung des Fahrers oder der Fahrerin von dem Fahrgeschehen. Kommt es zu einem Take Over Request, so ist für die manuelle Fahrzeugübernahme eine zeitbeanspruchende Reorganisation der kognitiven, sensorischen und motorischen Ressourcen erforderlich. Aus den theoretischen Konzepten zum Arbeitsgedächtnis kann abgeleitet werden, dass aktive FFT sich aufgrund einer stärkeren Beteiligung der verschiedenen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses bei der Beurteilung der sensorisch-visuellen Aspekte nachteiliger auf die abschließende Eignungsbeurteilung auswirken als passive FFT (vgl. Kapitel 6.3.4). Zusätzlich führen aktive FFT aufgrund körperlicher Betätigungen voraussichtlich eher zu motorischen Einschränkungen hinsichtlich der Übernahmefähigkeit als passive FFT.

Das Aufgabenmerkmal „verwendetes Medium“ gibt an, welches Medium bzw. Objekt für die Ausübung der FFT verwendet wird. Ein Medium ist dabei ein „[Hilfs]mittel, das der Vermittlung von Information und Bildung dient“ (Bibliographisches Institut GmbH 2022a).

Im Katalog werden sowohl digitale wie bspw. Mobiltelefon oder Laptop als auch analoge Medien wie bspw. ein Buch oder Nahrungsmittel berücksichtigt. Das für die Ausübung der FFT verwendete Medium hat Auswirkungen auf die sensorisch-visuelle und motorische Verfügbarkeit und fließt daher in die Beurteilung der sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen ein. Jedes Medium wirkt sich unterschiedlich auf die sensorisch-visuelle und motorische Verfügbarkeit aus, indem die Verwendung des Mediums bspw. mehr oder weniger handlich ist, die Aufmerksamkeit des oder der Nutzenden unterschiedlich stark bindet oder den Nutzer oder die Nutzerin unterschiedlich stark in seiner oder ihrer Motorik beansprucht (die Verwendung eines Kugelschreibers wirkt sich sensorisch-visuell und motorisch anders auf den Fahrer oder die Fahrerin aus, als die Verwendung eines Laptops oder einer Smartwatch (Wearable)). Die Relevanz des verwendeten Mediums bei der Ausübung von FFT wird bspw. auch bei (HUEMER & VOLLRATH 2012: 52ff; FELDHÜTTER et al. 2018a; MÜLLER 2020) berücksichtigt. Die im Katalog hinterlegte Liste der Medien umfasst aktuell 38 Medien. Fehlende Medien können durch die Katalognutzenden ergänzt werden, wobei das Ergänzen von Medien eine eigene Einschätzung der sensorisch-visuellen sowie motorischen Einschränkungen notwendig macht.

Das Aufgabenmerkmal Medium handgehalten charakterisiert die FFT hinsichtlich der Verwendungsart des genutzten Mediums. Das Merkmal gibt Auskunft darüber, ob die Durchführung der FFT mittels eines von dem Fahrer oder der Fahrerin in der Hand gehaltenen Mediums (handgehalten ja) oder mittels eines Mediums, welches entweder fest in der Fahrerkabine verbaut ist, sich auf einem Ablageort in der Fahrerkabine befindet oder am Körper oder in der Hand getragen wird, (handgehalten nein) geschieht. Die Ausprägung dieses Aufgabenmerkmals ist wie das zuvor beschriebene Aufgabenmerkmal aktiv/passiv ebenfalls direkt mit den sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen im hinteren Zugriffsteil verknüpft. Eine FFT, welche mittels eines handgehaltenen Mediums bearbeitet wird, beeinträchtigt den Fahrer oder die Fahrerin motorisch stärker als die Verwendung eines fest verbauten Mediums. Somit wirkt sich die Verwendung eines handgehaltenen Mediums nachteiliger als die Verwendung eines verbauten Mediums auf die endgültige Eignungsbeurteilung einer FFT aus. Die Nutzung eines handgehaltenen Mediums beeinträchtigt den Fahrer oder die Fahrerin dahingehend, dass er oder sie im Zuge einer sensorischen und motorischen Reorganisation für die manuelle Fahrzeugübernahme das verwendete Medium vorerst bei Seite stellen oder legen und sichern muss. Dieser Prozess kann wertvolle Sekunden der Übernahmezeit beanspruchen und die Übernahmequalität maßgeblich beeinträchtigen (NAUJOKS et al. 2015).

Mithilfe des Aufgabenmerkmals Systemintegration Medium kann im Katalog angegeben werden, ob das für die Ausübung der FFT verwendete Medium im Fahrzeug integriert ist (z. B. Bedieneinheit in der Mittelkonsole), mit dem Fahrzeugsystem verbunden (z. B. Mobiltelefon, das per Bluetooth mit dem Fahrzeugsystem gekoppelt wurde) oder nicht mit dem Fahrzeugsystem verbunden (z. B. Buch) ist. Nomadic Devices, die nicht vom Fahrzeugsystem unterbrochen werden können, führen unter Umständen zu einer Verlängerung der Übernahmezeit (CACILO et al. 2015; KINNEAR & STEVENS 2017: 134; WANDTNER et al. 2018: 877f.). Hingegen könnten in das Fahrzeug integrierte Mediensysteme oder auch externe Medien, die mit dem Fahrzeugsystem verbunden sind, sowohl dafür verwendet werden, die FFT freizuschalten als auch in kritischen Situationen systemseitig abzuschalten (Lockout), wodurch sich die Fahrer und Fahrerinnen voraussichtlich schneller sensorisch-visuell vom Medium abwenden würden (WINTERSBERGER et al. 2018). Erhebungen zeigen, dass Fahrer und Fahrerinnen, die per Lockout an der weiteren Ausübung der FFT gehindert werden, tendenziell die Hände schneller am Lenkrad haben als Fahrer und Fahrerinnen, deren FFT nicht vom System beendet wird (WANDTNER et al. 2018: 877f.).

Dieses Aufgabenmerkmal ist relevant, da FFT ohne Abbruch durch das System von Fahrern oder Fahrerinnen häufig auch nach der Übernahme der Fahrzeugsteuerung weiter ausgeübt werden. Somit wirkt sich ein in das Fahrzeug integriertes oder auch mit dem Fahrzeug verbundenes Medium weniger sensorisch-visuell und motorisch einschränkend auf die Verfügbarkeiten des Fahrers oder der Fahrerinnen aus als die Verwendung von Nomadic Devices. Die Möglichkeit eines automatischen Lockouts durch das System ermöglicht dem Fahrer oder der Fahrerinnen sich sensorisch-visuell und motorisch schneller auf das Verkehrsgeschehen zu reorganisieren, weshalb ein nicht integriertes oder verbundenes Medium im Katalog die Verfügbarkeiten stärker einschränkt. Hinzu kommt der Aspekt der passiven Sicherheit, welcher berücksichtigt, dass externe Objekte häufig nicht mit fahrzeugseitig vorhergesehenen Halterungen oder Sicherungsvorrichtungen verbunden werden können. Bei einer abrupten Bremsung oder anderen Fahrzeugbewegung besteht daher die Gefahr von umherfliegenden Gegenständen. Aus diesem Grund wirken sich nicht mit dem Fahrzeug verbundene Objekte im Katalog stärker auf die visuell-sensorischen und motorischen Einschränkungen aus.

Die Lokalität der FFT stellt ein weiteres wichtiges Aufgabenmerkmal dar und gibt Informationen darüber, an welchem Ort in der Fahrerkabine die FFT ausgeübt wird. Die Lokalität wird in zwei Zustände unterschieden. Zum einen kann die FFT am Fahrersitz (nah) ausgeführt werden, zum anderen könnte eine FFT auch nicht am Fahrersitz (fern), also bspw. an einem Schreibtisch in der Fahrerkabine, ausgeübt werden. NAUJOKS et al. (2016b) führen als Lokalität der FFT z. B. den Schoß, Mitteltunnel, Beifahrersitz oder Rücksitz an. Sie verweisen dabei unter anderem auf die Ergebnisse einer Fahrsimulationsstudie von WITTMANN et al. (2006), die mit zunehmendem Abstand des fahrzeuginternen Displays von der äußeren Sichtlinie eine negativere Fahrleistung sowie eine subjektiv höher bewertete mentale Arbeitsbelastung verknüpfen. Hier scheint der Grad der räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung ein entscheidender Aspekt zu sein. Daneben hat die Lokalität der FFT einen Einfluss auf die motorische Verfügbarkeit des Fahrers oder der Fahrerinnen, da Tätigkeiten, die nicht am Fahrersitz ausgeübt werden, im Fall eines TOR eine umfassende visuell-sensorische und insbesondere motorische Reorganisation erfordern, bevor der Fahrer oder die Fahrerinnen die manuelle Steuerung übernehmen kann.

Das Aufgabenmerkmal Interaktion mit Anderen gibt an, ob die Ausübung der FFT eine direkte verbale Kommunikation (z. B. per Telefon, Video) oder verbal-motorische Interaktion mit anderen Personen erfordert. Ist eine solche Interaktion erforderlich, so ist der Ablauf der Tätigkeit nicht eindeutig vorhersehbar, was einer potenziell dynamischen Entwicklung der Aufgabenkomplexität entspricht (KAUFFELD et al. 2016). Eine FFT, die eine Interaktion mit Anderen erfordert, kann tendenziell weniger gut unterbrochen werden. Darüber hinaus wird dadurch die Vorhersage der Aufgabenkomplexität erschwert, da sich die Aufgabe im Verlauf eines Gesprächs bei einer Veränderung der Gesprächsinhalte sehr dynamisch verändern kann. Eine eigentlich als gering komplex bewertete FFT (bspw. ein einfaches Gespräch führen) kann in deren Verlauf durch externe Einflüsse zu einer komplexen FFT werden (bspw. Krisengespräch). Das Aufgabenmerkmal ist ein binäres Merkmal und unterscheidet zwischen einer Interaktion mit Anderen (ja) sowie keiner Interaktion mit Anderen (nein). Gemeinsam mit der zu behaltenden Informationsmenge und der Unterbrechungsschwierigkeit fließt die Interaktion mit Anderen in die Summenberechnung für die Beurteilung der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses ein. Die dichotome Unterscheidung der Interaktionsmodi wird aus kombinatorischen Gründen mit dem Wert 3 (Interaktion mit Anderen) oder mit dem Wert von 1 (keine Interaktion mit Anderen) in die Berechnung aufgenommen.

Das Aufgabenmerkmal Bearbeitungszeit bildet die voraussichtlich notwendige Zeit zum Durchführen und Abschließen der FFT ab. Die Dauer der Bearbeitung wird durch die Katalognutzenden in Minuten angegeben. Im Projekt wird als Bearbeitungszeit die Zeitspanne ab der Vorbereitung der FFT (meistens durch das Holen des verwendeten Mediums) bis zum Abschluss der FFT (meistens durch das Weglegen des Mediums) definiert. Das Aufgabenmerkmal Bearbeitungszeit bildet die Datengrundlage für das Beurteilungskriterium der Aufgabendauer hinsichtlich Vigilanzabfall. Eine Bearbeitungszeit von unter 15 Minuten führt zur Klassifizierung der Aufgabendauer als kurz, eine Bearbeitungszeit von 15 Minuten oder mehr führt zur Klassifizierung der FFT als lange Aufgabe (WARM et al. 2008). Einzige Ausnahme bilden FFT, die eine voraussichtliche Bearbeitungszeit von weniger als 10 Sekunden haben. Die Bearbeitungszeit dieser FFT wird im Katalog mit < 10 Sekunden angegeben und führt zu einer Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und Level 4 als geeignet.

9.5.2 Aufgabeneigenschaften der FFT

Die Aufgabeneigenschaften enthalten die Bewertungskriterien der FFT, die direkt in die Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und Level 4 einfließen. Eine Eigenschaft ist dabei ein „zum Wesen einer Person oder Sache gehörendes Merkmal; charakteristische [Teil]beschaffenheit oder [persönliche, charakterliche] Eigentümlichkeit“ (Bibliographisches Institut GmbH 2021). „Ein entscheidendes Merkmal, mit dem andere Merkmale verglichen werden“ (MIKULA 2021) wird als (Beurteilungs-)Kriterium bezeichnet.

Einige Spalten im Katalogabschnitt der Aufgabeneigenschaften sind neben einer zahlenmäßigen Bewertung auch mit einer Ampel hinterlegt. Dadurch wird ein schnellerer Überblick über die Schlüsselkriterien hinsichtlich der Eignungsbeurteilung der FFT ermöglicht. Die Werte der Bewertungskriterien fließen alle in die beiden Gesamtbeurteilungen der Eignung von FFT für SAE Level 3 und Level 4 ein.

Die nachfolgend erläuterten Kriterien des Katalogs, die zur Beurteilung unterschiedlicher FFT als geeignet identifiziert wurden, basieren auf dem Fahrerverfügbarkeitsmodell von MARBERGER et al. (2017). Dieses wurde bereits im Kapitel 6.2.6 der Literaturrecherche näher erläutert. Im Rahmen von SYMtastik wurden diese Kriterien für eine Eignungsbeurteilung operationalisiert.

Im Folgenden werden die für die Charakterisierung der Fahrerverfügbarkeit ausgewählten Kriterien des Eignungskatalogs näher vorgestellt. Im Katalog wurden insbesondere Aufgabenmerkmale – und Eigenschaften, welche den sensorischen, motorischen und kognitiven Zustand des Fahrers bzw. der Fahrerin beeinflussen, berücksichtigt. Das im Modell von MARBERGER et al. (vgl. Bild 6-5) aufgeführte Erregungsniveau (Arousal Level) sowie die motivationalen Bedingungen (Motivational Conditions) wurden, wie bereits erläutert, aufgrund ihrer interindividuellen Variabilität vorerst ausgeschlossen. Zu den im Katalog berücksichtigten Kriterien zählen zum einen Aufgabeneigenschaften, wie die Aufgabekomplexität, die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses (resultierend aus der Interaktion mit Anderen, der zu behaltenden Informationsmenge sowie der Unterbrechungsschwierigkeit) sowie die durch die FFT geforderten raumbezogenen, mathematischen und sprachbezogenen Denkprozesse. Aus diesen Denkprozessen ergibt sich der Qualifikationsanspruch und die in Abhängigkeit der erforderlichen Denkprozesse ausgesprochene Qualifikationsempfehlung. Letztere wurde im Rahmen der Aufgabeneigenschaften berücksichtigt, da aus dem Abgleich der objektiv bewertbaren Denkprozesse mit dem durchschnittlichen Fahrerprofil ein für die spezifische FFT erforderlicher Qualifikationsbedarf hervorgehen kann. Weitere Aufgabeneigenschaften sind die Aufgabendauer, die Monotonie sowie die mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung. Aus den medienbezogenen Angaben bei

den Aufgabenmerkmalen ergeben sich die durch die Bearbeitung der FFT resultierenden sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen des Fahrers bzw. der Fahrerin. Abschließend werden die Bewertungskriterien der sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen sowie die mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung zur Eignungsbeurteilung für SAE Level 3 und Level 4 zusammengefasst. Dafür wurden Schwellenwerte definiert, anhand welcher die endgültige Eignung der Tätigkeiten als FFT geprüft und in geeignet, bedingt geeignet und ungeeignet differenziert werden kann.

Die Quantifizierung der genannten Aufgabencharakteristika wird im Katalog anhand einer von MENOLD & BOGNER (2015) vorgestellten Skalierung vorgenommen, welche sich in ihrem Artikel zu der Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen für die Verwendung von verbalen Labels und die Einführung einer mittleren Kategorie aussprechen. Die graduierte Bewertung erfolgt in fünf Abstufungen analog zu Skalierungsvorschlägen des sog. semantischen Differentials (OSGOOD et al. 1957) (1 – sehr gering, 2 – eher gering, 3 - mittel, 4 – eher hoch, 5 - sehr hoch), welche bei den Schlüsselkriterien (Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch, Monotonie, mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung) von einer dreifarbigem Ampel (grün, gelb, rot) grafisch unterstützt wird. Die Beurteilungswerte 1 und 2 führen zu einer grünen Ampel, der Wert 3 zu einer gelben Ampel und die Werte 4 und 5 werden durch eine rote Ampel markiert. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um nicht innerhalb des Katalogs den fünfstufigen Skalierungsmodus zu wechseln. Hohe Ausprägungen wirken sich nachteilig auf die endgültige Eignungsbeurteilung, welche alle vorangegangenen Bewertungskriterien berücksichtigt, aus. Für eine zukünftige eindeutige Angabe von Wertebereichen der Skalierung sind empirische Studien unabdingbar, im Falle des vorliegenden Katalogs wird die Skalierung jedoch bereits angewandt und durch Urteile von Experten und Expertinnen validiert. Hierzu wurde für die zu bewertenden FFT die Ausprägung jedes Aufgabenmerkmals und jeder Aufgabeneigenschaft individuell geprüft und ein numerischer Wert zwischen 1 und 5 vergeben. Die Vergabe des numerischen Wertes orientierte sich an den in der Beschreibung der FFT genannten Aufgabeninhalten. Anhand dieser Aufgabeninhalte konnte im Rahmen der exemplarischen Bewertung geprüft werden, in welchem Ausmaß die festgelegten Kernkriterien der Aufgabeneigenschaften ausgeprägt sind und eine entsprechende numerische Einschätzung vorgenommen werden.

Aufgabenkomplexität

Die Aufgabenkomplexität ist ein wesentliches psychologisches Kriterium, um die Schwierigkeit einer Aufgabe zu charakterisieren. Im Rahmen der Bewertung dieses Kriteriums im Katalog wird dieses facettenreiche Konstrukt auf die drei Kernkriterien erforderliche Anzahl von Bearbeitungsschritten (KLAUER et al. 2006), das Ausmaß der benötigten Konzentration (SCHÖMIG et al. 2020) sowie der im Zuge der Aufgabenbearbeitung erforderliche Rückgriff auf gespeichertes Vorwissen (RASMUSSEN 1983), reduziert. Diese drei Kernkriterien definieren in ihrer Gesamtheit die Komplexitätsbeurteilung der FFT im Katalog (siehe zur Ableitung auch die Ausführungen unter Kapitel 6.2.7). Dies erfordert vom Nutzer bzw. der Nutzerin des Katalogs diese Kriterien zu integrieren und zu einem Globalurteil zusammenzuführen.

Die Bewertung der Aufgabenkomplexität einer FFT folgt der zuvor vorgestellten Skalierung mit den Abstufungen 1= sehr gering, 2 = eher gering, 3 = mittel, 4 = eher hoch und 5 = sehr hoch. Zudem ist die Skalierung dieses Kriteriums mit einem Ampelsystem hinterlegt. Eine grüne Ampel ergibt sich durch die numerischen Werte einer 1 oder 2, eine gelbe Ampel ergibt sich bei einer Komplexitätsbewertung von 3 und eine rote Ampel resultiert dementsprechend aus den Zahlenwerten 4 oder 5. Die Ampelfarbe der Aufgabenkomplexität fließt

additiv in die Berechnung des Zwischenstands der mentalen Gesamtbeanspruchung und dadurch auch in die Berechnung der psychischen Ermüdung ein. Auf die genauen Berechnungsschritte wird in Kapitel 9.4.2 zur psychischen Ermüdung/mentalen Gesamtbeanspruchung eingegangen. Diese ist maßgeblich für die abschließende Eignungsbeurteilung der FFT für SAE Level 3 und 4.

Beanspruchung Arbeitsgedächtnis

Wie zuvor im Rahmen der Aufgabenkomplexität beschrieben, fließt auch der Wert der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses über die Ampelfarbe additiv in die Berechnung des Zwischenstands der mentalen Gesamtbeanspruchung und damit auch in die Berechnung der psychischen Ermüdung ein.

Im Rahmen des Katalogs resultiert das Kriterium Beanspruchung Arbeitsgedächtnis aus einer Verrechnung der Bewertungen in den Spalten Interaktion mit Anderen, zu behaltende Informationsmenge und Unterbrechungsschwierigkeit (siehe zur Ableitung auch die Ausführungen unter 6.3.4 für nähere Ausführungen bzgl. Des Arbeitsgedächtnisses). Das Aufgabenmerkmal Interaktion mit Anderen beeinflusst die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses, indem durch eine verbale Interaktion die phonologische Schleife des Arbeitsgedächtnisses vermehrt Informationen zwischenspeichern muss, um Gesagtes zu verarbeiten und adäquat auf die aufgenommenen Inhalte reagieren. Zudem ist die Entwicklung der Situation durch den Einfluss einer oder mehrerer Personen weniger vorhersehbar, was sich ebenfalls beanspruchend auf das Arbeitsgedächtnis auswirkt. Ein Telefonat mit Kunden oder Kundinnen kann sich, in Abhängigkeit des Themas und der Emotionalität des Gesprächs, dynamisch entwickeln und in seiner Beanspruchung für das Arbeitsgedächtnis variieren. Das Bewertungskriterium zu behaltende Informationsmenge berücksichtigt die begrenzte kognitive Kapazität des Menschen, indem mit steigender Informationsmenge die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses sukzessive ansteigt (COWAN 2010; REDICK et al. 2012). Je größer die Informationsmenge, desto mehr Speicheraufwand muss betrieben werden. So ist es bspw. deutlich anspruchsvoller, sich eine aus mehreren Komponenten bestehende Zahlenreihe zu merken, als eine zweistellige Zahlenkombination zu behalten.

Zudem spielt die Unterbrechungsschwierigkeit in Bezug auf die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses eine Rolle, da eine schwierig zu unterbrechende FFT zumeist mit einer hohen kognitiven Involviertheit des Fahrers oder der Fahrerin einhergeht (siehe zur Ableitung auch die Ausführungen unter Kapitel 6.2.8). Ist der Fahrer oder die Fahrerin kognitiv stark in eine FFT involviert und wird durch einen Take Over Request (TOR) in der Durchführung der Tätigkeit gestört, so ist das Arbeitsgedächtnis bei einer schwer zu unterbrechenden Aufgabe im Hinblick auf deren spätere Wiederaufnahme stark gefordert. Eine potenzielle Weiterführung der Aufgabe trotz Übernahmeaufforderung oder die Notwendigkeit eines unvorhergesehenen Abbruchs der Zwischenspeicherung, erhöhen die Schwierigkeit der sensorischen, motorischen und kognitiven Reorganisation. Untersuchungen von NAUJOKS et al. (2017) haben gezeigt, dass eine schwierig zu unterbrechende FFT zu einer beeinträchtigten Reaktionsfähigkeit auf die Übernahmeaufforderung führen kann. Wird der Prozess der temporären Konsolidierung von Gedächtnisinhalten durch ein TOR unterbrochen, so kann die Funktion des Arbeitsgedächtnisses als Zwischenspeicher nicht vollständig realisiert werden und in der Folge können für die Wiederaufnahme der Tätigkeit relevante Aspekte nicht vollständig abgerufen werden (LI et al. 2008). Um die FFT dennoch weiterzuführen, wäre ein Wiedereinstieg und eine damit verbundene Neueinspeisung der verlorengegangenen Informationen in das Arbeitsgedächtnis notwendig, was mit mentalem Aufwand verbunden ist (NAUJOKS et al. 2017, vgl. Kapitel 6.3.5 zu Beanspruchungsmessung des Arbeitsgedächtnisses). In dem Bewertungskriterium der

Unterbrechungsschwierigkeit kann auch das situationspezifische Aufgabenmerkmal „Aufgabendruck“ oder „Zeitkritikalität“ aufgegriffen werden. Das Bearbeiten von Aufgaben unter hohem Zeitdruck sieht keine Zeitverluste in Form von Unterbrechungen vor. Soll eine FFT unter Zeitdruck bearbeitet werden, was unter Umständen auf jegliche FFT zutreffen kann, so ist es möglich, dies bei der Bewertung der Unterbrechungsschwierigkeit, mit der Vergabe eines „sehr hohen“ Werts (Wert = 5), mit zu berücksichtigen. Eine sehr hohe Unterbrechungsschwierigkeit wirkt sich sehr beanspruchend auf das Arbeitsgedächtnis aus (rote Ampel). In die Berechnung der endgültigen Eignungsbeurteilung wird somit mindestens eine rote Ampel (Beanspruchung Arbeitsgedächtnis) einfließen, was die Aufgabe unter Zeitdruck als eine „bedingt geeignete“ oder „nicht geeignete“ (in Abhängigkeit der anderen Ampelkombinationen) FFT einstuft.

Da die Bearbeitungszeit einer FFT jedoch grundsätzlich sehr unterschiedlich sein kann und die Unterbrechungsschwierigkeit sich nicht eindeutig mit dieser verknüpfen lässt, wird von einer generellen Abhängigkeit der beiden Kriterien im Katalog abgesehen.

Die Skalierungen der Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses sowie der beiden Unterkriterien erfolgen ebenfalls fünfstufig. Zudem ist das Kriterium der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses mit dem vorgestellten Ampelsystem hinterlegt. Die resultierende Farbe dieser Ampel folgt einer hinterlegten Schwellenwertlogik, welche aus der Berechnung der Summe der beiden Spalten zu behaltende Informationsmenge und Unterbrechungsschwierigkeit resultiert. Summenwerte von 2 bis 4 ergeben eine grüne Ampel, eine gelbe Ampel entsteht bei Summenwerten von 5 oder 6. Entsteht durch die Addition der Werte eine Summe von 7 oder höher, so resultiert eine rote Ampel für die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses.

Denkprozesse

Neben der Aufgabenkomplexität und der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses sind die Inhalte der kognitiven Prozesse, die zur Bearbeitung der FFT notwendig sind, genauer zu spezifizieren. Bereits im Abschnitt der Literaturrecherche wurde auf das diagnostische Instrumentarium zur Charakterisierung von Qualifikationsanforderungen in kaufmännischen und technischen Berufsfeldern (AZUBI-TH und AZUBI-BK) verwiesen (vgl. Kapitel 6.4.3). So haben sich, wie angeführt, für den büro-kaufmännischen Bereich die Dimensionen sprachlicher und rechnerischer Fähigkeiten, für den technisch-handwerklichen Bereich das räumliche Vorstellungsvermögen als relevant herausgestellt (vgl. SCHULER & GÖRLICH 2005; GÖRLICH & SCHULER 2007). Diese inhaltsbezogenen mentalen Denkprozesse werden im Rahmen des Katalogs als relevante Dimensionen zur Eignungsbeurteilung der FFT aufgegriffen. Die genannten Dimensionen finden sich teilweise auch in der Theorie der multiplen Ressourcen von WICKENS (2002). Dort wird ebenfalls zwischen sprachlicher und visuell-räumlicher Verarbeitung auf verschiedenen Ebenen unterschieden. Da ein Großteil der wertschöpfenden FFT im kaufmännischen Bereich zu verorten sind, ist davon auszugehen, dass zusätzlich mathematische Denkprozesse für die FFT-Eignungsbeurteilung eine wesentliche Rolle spielen.

In dem vorliegenden Katalog werden die im Rahmen der Bearbeitung der FFT geforderten kognitiven Prozesse daher hinsichtlich der drei Dimensionen raumbezogene Denkprozesse, mathematische Denkprozesse und sprachbezogene Denkprozesse unterschieden. Diese inhaltlichen Dimensionen zielen auf spezifische grundlegende Kompetenzen, die im Rahmen einer Aufgabenbearbeitung notwendig sind. Die numerischen Einschätzungen dieser Kriterien werden anschließend zu dem übergeordneten Kriterium Qualifikationsanspruch zusammengefasst. Die Addition der Zahlenwerte der vorangegangenen drei Dimensionen

resultiert in keinem, einem moderaten oder einem hohen Qualifikationsanspruch, welcher mit den Ampelfarben grün, gelb oder rot gekennzeichnet wird. Die Ausprägung der Ampelfarbe folgt ebenfalls einer hinterlegten Schwellenwertlogik. Erreichen die Bewertungen einen numerischen Summenwert zwischen 3 und 5, so ergibt sich für die Bearbeitung der FFT kein Qualifikationsanspruch. Ergibt die Addition der Denkprozesse einen Wert von 6 oder 7, so resultiert eine gelbe Ampel, die FFT stellt also einen moderaten Qualifikationsanspruch an den oder die Bearbeitende. Eine Gesamtsumme von 8 oder höher indiziert, dass mit der Bearbeitung der FFT ein hoher Qualifikationsanspruch für den Bearbeiter oder die Bearbeiterin einhergeht. Die der Schwellenwertlogik folgenden Ampelfarben ergeben sich aus den in der BKrFQV hinterlegten Mindestanforderungen an die Berufsgruppe der Berufskraftfahrer und Berufskraftfahrerinnen. Übersteigenden die im Rahmen der FFT geforderten Ansprüche an die Denkprozesse diese Mindestanforderungen, so ergibt sich ein Qualifikationsanspruch (gelbe oder rote Ampel).

Der potenziell resultierende Qualifikationsanspruch wird in den darauffolgenden Kriterien näher spezifiziert: Die Werte der raumbezogenen und mathematischen Denkprozesse addieren sich automatisch zu einem Anforderungsausmaß an technischen Denkprozessen (Spalte Summe Denkprozesse TECH). Die Werte der erforderlichen mathematischen und sprachbezogenen Denkprozesse addieren sich automatisch zu den Anforderungsausprägungen an kaufmännische Denkprozesse (Spalte Summe Denkprozesse KAUF). Entsteht durch die Addition der erforderlichen Denkprozesse ein Qualifikationsanspruch in Form einer gelben oder roten Ampel, so entscheidet das Ausmaß der technischen bzw. kaufmännischen Denkanforderungen darüber, in welchem Bereich die Empfehlung einer Zusatzqualifikation ausgesprochen wird (Spalte Qualifikationsempfehlung). Die Ermittlung erfolgt auch hier automatisiert. Sind technische und kaufmännische Denkprozesse gleichermaßen in moderatem Ausmaß gefordert, so ist lediglich eine Qualifikation in einem der beiden Bereiche erforderlich (kaufmännisch oder technisch). Stellt die FFT hohe Ansprüche an die kognitiven Denkprozesse des Fahrers oder der Fahrerin insgesamt (Ampel Qualifikationsanspruch rot), so wird eine Qualifikationsempfehlung für beide Bereiche ausgesprochen (kaufmännisch und technisch).

Die sich anschließende Spalte zusätzlicher Qualifikationsbedarf wird ebenfalls automatisiert ermittelt und verbalisiert das Ausmaß des Qualifikationsanspruchs: grüne Ampel – kein zusätzlicher Qualifikationsbedarf, gelbe Ampel – moderater zusätzlicher Qualifikationsbedarf, rote Ampel – hoher zusätzlicher Qualifikationsbedarf.

Aufgabendauer

Bereits in den Spalten der Aufgabenmerkmale zu Beginn des Zugriffsteils wird die Aufgabendauer in Form einer Minutenangabe abgefragt. Durch die Angabe in dieser Spalte ergibt sich automatisch die dichotome Ausprägung der Spalte Aufgabendauer im Katalogabschnitt der Aufgabeneigenschaften.

Aus der Literatur zu den Auswirkungen der Bearbeitungszeit auf die Aufrechterhaltung der Daueraufmerksamkeit bzw. Vigilanz geht hervor, dass der größte Vigilanzabfall in der Regel innerhalb der ersten 15 Minuten der Aufgabenbearbeitung auftritt (WARM et al. 2008). Aus diesen Befunden leitet sich die dichotome Ausprägung der Aufgabenbearbeitungsdauer in kurzfristige (Aufgaben, deren Bearbeitung durchschnittlich in unter 15 Minuten erfolgen kann) und langfristige (Aufgaben, deren Bearbeitung im Schnitt 15 Minuten oder mehr erfordert) FFT ab. Der Wert dieser Spalte (1 – kurzfristig, 2 – langfristig) fließt multiplikativ in die Berechnung der psychischen Ermüdung/mentalene Gesamtbeanspruchung mit ein.

Sehr kurzfristige FFT mit einer Bearbeitungszeit von weniger als 10 Sekunden werden innerhalb des Katalogs nicht weiter berücksichtigt bzw. im Katalog unabhängig von den Aufgabenmerkmalen und Bewertungen der Aufgabeneigenschaften als unkritisch bewertet, da selbst bei nicht-automatisiertem Fahren im Rahmen von sekundären Fahraufgaben (z. B. Einstellung des Tempomats, Bedienung des Infotainments) entsprechende Zeiten auftreten. Insofern sind solche kurzen Zeitbereiche im Hinblick auf die Bewertung einer FFT auf Level 3 und 4 irrelevant.

Monotonie

Ein weiteres Bewertungskriterium des Katalogs berücksichtigt den Grad der Monotonie einer FFT. Dieser ist auf die Struktur der FFT sowie die Häufigkeit und Intensität der Bearbeitung zurückzuführen (NAUJOKS et al. 2016b). Die langfristige Bearbeitung von FFT mit einem hohen Monotoniegehalt kann durch resultierende Unterforderung einen Zustand starker psychischer Ermüdung hervorrufen. Das Kriterium der Monotonie deckt durch die Kerncharakteristiken einer geringen Anforderungsvielfalt, einer hohen Wiederholungsrate der Tätigkeitselemente sowie wenigen individuellen Entscheidungsmöglichkeiten in seiner Gegenausprägung auch den von der FFT ausgehenden Aufgabenanreiz ab. Somit wird durch dieses Bewertungskriterium der durch die Bearbeitung der FFT induzierte Aktivierungszustand ebenfalls teilweise berücksichtigt. Letzterer wurde nicht als eigenständiges Bewertungskriterium im Katalog aufgenommen, da der mit der FFT einhergehende Aktivierungszustand individuell stark variieren kann und von persönlichen Interessen und motivationalen Strukturen abhängt. In dem vorliegenden Katalog wird die Ausprägung der Monotonie einer langfristigen FFT mit der mentalen Gesamtbeanspruchung (Zwischenstand, s.u.) verrechnet, um auf das Ausmaß der psychischen Ermüdung schließen zu können. Bei langfristigen nicht-monotonen FFT mit einer geringen mentalen Gesamtbeanspruchung führt diese Art der Verrechnung zu einem geringen Müdigkeitswert. Im Gegensatz dazu erzeugt eine langfristige monotone FFT durch die entsprechende numerische Gewichtung (skalierte Beurteilung 1 bzw. 2) stets einen erhöhten Müdigkeitswert. Im Zusammenhang mit der abschließenden Eignungsbeurteilung einer FFT wirkt sich eine erhöhte psychische Ermüdung negativ auf das Zielkriterium der Driver Availability aus. Im Falle einer kurzfristigen FFT wird die Monotonie im Zusammenhang mit der psychischen Ermüdung nicht berücksichtigt, da bei einer kurzfristigen Aufgabendauer (<15 Minuten) noch kein weitreichendes Monotonieempfinden auftreten kann.

Die Bewertung der Monotonie einer FFT folgt ebenfalls der zuvor vorgestellten Skalierung mit den Abstufungen 1= sehr gering, 2 = eher gering, 3 = mittel, 4 = eher hoch und 5 = sehr hoch. Dieses Kriterium ist außerdem auch mit dem Ampelsystem hinterlegt. Die Abstufungen 1 und 2 ergeben eine grüne Ampel, eine 3 resultiert in einer gelben Ampel und die Werte 4 und 5 ergeben eine rote Ampel. Der Monotoniegehalt einer FFT wird, wie in den Ausführungen zur Aufgabendauer bereits erwähnt, bei langfristigen Tätigkeiten mit dem Zwischenstand der mentalen Gesamtbeanspruchung verrechnet (siehe hierzu das Kapitel 6.3) und beeinflusst damit das Ausmaß der psychischen Ermüdung.

Mentale Gesamtbeanspruchung (Zwischenstand)

Die Spalte mentale Gesamtbeanspruchung (Zwischenstand) ist im Katalog ausgeblendet, kann aber bei Bedarf von dem Nutzer oder der Nutzerin eingeblendet werden. In der Spalte dieses Bewertungskriteriums werden die Einschätzungen der vorherigen Schlüsselkriterien (Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch) additiv zusammengefasst und multiplikativ mit dem Wert der Aufgabendauer (1 bzw. 2) verrechnet. Der daraus resultierende Wert kann sich in einer Wertespanne von 0 – 12

bewegen und wird nach einer Schwellenwertlogik den Ampelfarben grün (0, 1, 2), gelb (3, 4, 5, 6) oder rot (8, 10, 12) zugeordnet. Der Wert in dieser Spalte ist ein Zwischenstand und ist im Falle einer kurzfristigen FFT identisch mit dem Wert der psychischen Ermüdung/ mentalen Gesamtbeanspruchung. Im Falle einer langfristigen FFT erfolgt eine Verrechnung dieses Zwischenstandes mit dem Monotoniegehalt der FFT, woraus sich der Wert der psychischen Ermüdung ergibt.

Mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung

Die Spalte mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung ist ein wesentliches Kernkriterium für die abschließende Eignungsbeurteilung der FFT. Der numerische Wert dieses Kriteriums gibt einen Überblick über das Ausmaß der psychischen Erschöpfung, welche aus der Bearbeitung der FFT hervorgeht, da in dieser Spalte der Zwischenstand der mentalen Gesamtbeanspruchung in Zusammenhang mit der Monotonie betrachtet wird. Dafür werden die Skalenwerte der Aufgabenkomplexität, der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses sowie des Qualifikationsanspruchs addiert und mit der dichotom skalierten Aufgabendauer multipliziert.

Bei kurzfristigen FFT wird die Monotonie im Zusammenhang mit der psychischen Ermüdung nicht berücksichtigt. Im Falle einer langfristigen FFT ergibt sich der Wert in dieser Spalte aus einer Verrechnung des Zwischenstandes der mentalen Gesamtbeanspruchung mit der Monotonie. Hier wird das Ausmaß der Monotonie mit seiner dreistufigen Ampelskalierung multipliziert mit der dichotom skalierten Aufgabendauer und anschließend zu dem Zwischenstand der mentalen Gesamtbeanspruchung addiert. Langfristige FFT mit einem hohen Grad an Monotonie ergeben automatisch eine starke psychische Ermüdung. In diesem Fall kommt es daher nicht zu einer Verrechnung des Zwischenstandes der mentalen Gesamtbeanspruchung mit der Monotonie, sondern es ergibt sich automatisch eine rote Ampel in diesem Bewertungskriterium. So können sich für die Spalte der psychischen Ermüdung/mentalen Gesamtbeanspruchung Werte zwischen 0 und 14 ergeben. Die resultierenden Ampelfarben folgen, wie bei den zuvor vorgestellten Bewertungskriterien, einer Schwellenwertlogik, nach welcher Summenwerte von 0, 1 oder 2 eine grüne Ampel, Werte von 3 bis 6 eine gelbe Ampel und Summenwerte von 7 oder höher in einer roten Ampel resultieren.

Sensorisch-visuelle und motorische Einschränkungen

Wie im Rahmen des Konzepts der Fahrer Verfügbarkeit erwähnt, erfordert der Übergang von einer automatisierten Fahrt zu einer manuellen Steuerung des Fahrzeugs eine Rekonfiguration des sensorischen, motorischen und kognitiven Zustands von Fahrern und Fahrerinnen (MARBERGER et al. 2017).

Der von MARBERGER et al. (2017) genannte sensorische Zustand wird in dem vorliegenden Katalog ausschließlich auf das Ausmaß der mit der Bearbeitung der FFT einhergehenden sensorisch-visuellen Einschränkungen des Fahrers oder der Fahrerin bezogen. Neben motorisch beanspruchenden FFT, führen auch Tätigkeiten, welche visuelle Anforderungen an den Fahrer oder die Fahrerin stellen, zu einer verlängerten Übernahmzeit in der Übernahmephase (KIM et al. 2022). Zudem sind visuell okkupierende Aufgaben häufig auch kognitiv beanspruchend, sodass zwischen den beiden Anforderungsdimensionen ein positiver Zusammenhang besteht (KIM et al. 2022). Starke sensorisch-visuelle Einschränkungen, welche aus den Anforderungen der FFT resultieren, führen daher zu einer starken Reduktion der Fahrer Verfügbarkeit.

Der Skalierung der sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen liegt wie bei den zuvor vorgestellten Bewertungskriterien die fünfstufige Skala 1= sehr gering, 2 = eher gering, 3 = mittel, 4 = eher hoch und 5 = sehr hoch zugrunde. Bei beiden Kriterien ist ein Ampelsystem hinterlegt:

Das Bewertungskriterium motorische Einschränkung bezieht sich auf den motorischen Zustand des Fahrers oder der Fahrerin, da die Übernahme der manuellen Fahrzeugsteuerung untrennbar mit spezifischen motorischen Prozessen und Positionen des Fahrers oder der Fahrerin, die sich bspw. aus der HMI einer FFT ergibt, verbunden ist. Eine manuelle Steuerung des Fahrzeugs kann nur erfolgen, sofern sich die Hände des Fahrers oder der Fahrerin am Lenkrad befinden und die Füße an den Pedalen. Stellt eine FFT motorische Anforderungen an die Fahrer bzw. Fahrerinnen, hat dies Auswirkungen auf die Übernahmezeit in der Übernahmephase (KIM et al. 2022). So kann es bspw. dazu kommen, dass es durch eine motorisch beanspruchende FFT (bspw. die Bedienung einer Laptoptastatur) im Falle eines TOR zu einem erforderlichen Task-Switching kommt, welches eine Rekonfiguration der motorischen Prozesse erforderlich macht. Eine solche Situation führt zu einer verlängerten Übernahmezeit (KIM et al. 2022). In Abhängigkeit von der Komplexität einer Verkehrssituation kann sich dies u.U. sicherheitskritisch auswirken. Zudem steigen die mit einem TOR einhergehenden Anforderungen an die Fahrer und Fahrerinnen mit einer wachsenden Anzahl an geforderten motorischen Einzelreaktionen (ISO 2020b).

In dem vorliegenden Katalog ergeben sich die Zahlenwerte in diesen beiden Spalten automatisch aus den Angaben im vorderen Zugriffsteil zu den Aufgabenmerkmalen mit Medienbezug (verwendetes Medium, Medium handgehalten, Systemintegration, Lokalität der FFT). Das Ausmaß an sensorisch-visuellen sowie motorischen Einschränkungen ist unter anderem abhängig von der Verwendungsart (bspw. Medium handgehalten oder nicht) des für die Bearbeitung der FFT ausgewählten Mediums (Smartphone, Tablet, Laptop etc.). Zudem spielt es eine Rolle, ob das Medium für die Bearbeitung der FFT von den Fahrern bzw. Fahrerinnen in der Hand gehalten wird oder ob es fest in der Kabine verbaut ist. Ein weiteres Kriterium ist die Kopplung des Mediums mit den Fahrzeugsystemen. Ist das Medium in die Technik der Fahrzeugsysteme integriert und kann durch diese in kritischen Situationen abgeschaltet werden, so ist dies ggf. verbunden mit geringeren sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen.

Im Katalog sind die sich durch die unterschiedlichen Verwendungsarten der Medien ergebenden visuellen und motorischen Einschränkungen im Tabellenblatt Einschränkungen_Medien hinterlegt. In einigen Sonderfällen sind spezielle Nutzungskombinationen eines Mediums nicht möglich und daher mit einem x in ihrer Auswirkung auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen markiert (bspw. die passive und/oder Nutzung eines fest-verbauten Handscanners). Wird bei dem verwendeten Medium unter der Kategorie Medium handgehalten nein ausgewählt, so wird davon ausgegangen, dass das Medium fest in der Fahrer- bzw. Fahrerinnenkabine verbaut ist. Sollte in der „FFT-Beschreibung“ der Zusatz „(Augen geschlossen)“ angegeben worden sein, so führt dies zu einer Bewertung der sensorisch-visuellen Einschränkung als sehr hoch.

Bei den Medien VR-Brille und Wearable ergibt sich nur eine Bewertung der Einschränkungen, wenn für das Aufgabenmerkmal „Medium handgehalten“ die Ausprägung „nein“ gewählt wird, da sich durch die Benutzung der Objekte keine motorische Einschränkung ergibt. „Handgehalten - Nein“ bedeutet in diesem Fall, dass die Brille auf der Nase (vor den Augen) getragen wird, während es bei dem Medium Wearable bedeutet, dass das Gerät am Körper getragen wird (Smart-Watch). Im Falle eines TORs wirken sich beide Medien nicht nachteilig auf die Übernahme aus, da die VR-Brille im Regelfall mit den Fahrzeugsys-

temen verbunden ist und durch diese automatisch abgeschaltet werden kann. Die Wearables werden nah am Körper getragen und schränken dabei weder die Bewegungsfreiheit noch die visuell-sensorische Verfügbarkeit ein. Die Einschätzungen sind als Richtwerte zu interpretieren, da die Art und Weise der Verbauung sowie auch die Kopplung mit den Fahrzeugsystemen stets von den Fahrzeugherstellenden abhängt. Zudem beruhen die Einschätzungen auf Experteneinschätzungen und sollten zukünftig im Rahmen empirischer Studien auf ihren mundanen Realismus überprüft werden.

9.5.3 Eignungsbeurteilung FFT bei SAE Level 3 und Level 4

Die beiden abschließenden Kategorien des Zugriffsteils des Katalogs bilden die beiden Spalten Eignungsbeurteilung SAE Level 3 (Driver Availability) und Eignungsbeurteilung SAE Level 4 (Driver Availability), in denen die Bewertungsergebnisse für jedes Level gebündelt werden. So kann durch die endgültige Eignungsbeurteilung auf einen Blick festgestellt werden, in welchem Ausmaß die spezifische FFT für eine automatisierte Fahrt auf dem entsprechenden SAE Level geeignet ist. Diese Gesamtbewertung ist somit ausschlaggebend für die Einschätzung der Eignung der spezifischen Aufgabe als FFT während der automatisierten Fahrt auf den SAE Level 3 bzw. Level 4. Die Schlüsselkriterien Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch sowie die Aufgabendauer fließen gemeinsam mit der Monotonie bereits, wie in 9.5.2 dokumentiert, in die Spalte mentale Gesamtbeanspruchung bzw. psychische Ermüdung ein. Für die Beurteilung der endgültigen Eignung wird demnach die Anzahl gelber und roter Ampeln über die verdichteten Kriterien mentale Gesamtbeanspruchung bzw. psychische Ermüdung sowie sensorisch-visuell und motorische Einschränkungen aufsummiert und anschließend geprüft, ob definierte Schwellenwerte überschritten wurden (siehe Anhang 11). Bei der Berechnung einzelner Schlüsselkriterien wie der Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses, des Qualifikationsanspruchs, der mentalen Gesamtbeanspruchung sowie der psychischen Ermüdung wurden die numerischen Beurteilungswerte der für die Schlüsselkriterien relevanten Einzelkriterien nicht gemittelt, sondern es wurde eine schwellenwertbezogene Auswertung eingeführt. Hierzu erfolgte zunächst eine Aufsummierung der Werte der Einzelkriterien, anschließend eine Definierung von Schwellenwerten, sowie ein Abgleich der Aufsummierung mit den durch Expertenurteile definierten Schwellen. Die Schwellenwerte charakterisieren jeweils unterschiedliche qualitative Niveaus der Schlüsselkriterien hinsichtlich ihres Einflusses auf das Zielkriterium der Driver Availability. Um die unterschiedlichen Einflüsse der einzelnen Niveaus auf das Zielkriterium visuell zu verdeutlichen, wurde jeweils die dreistufige Farbcodierung einer Ampel hinterlegt.

Bei der Eignungsbeurteilung der FFT für die Automatisierungsgrade der Stufen SAE Level 3 und 4 wurde zunächst die Verteilung der Ampelfarben über die drei verdichteten Schlüsselkriterien psychische Ermüdung, sensorisch-visuelle sowie motorische Einschränkung herangezogen. Auch hier wurde – in ähnlicher Weise wie bereits dargestellt – eine Schwellenwertlogik angewandt. So führen für das SAE Level 3 bspw. zwei bzw. drei rote Ampeln innerhalb der drei Schlüsselkriterien zu einem finalen Ergebnis von nicht geeignet (rote Ampel). Wurde innerhalb der Bewertungskriterien nur eine rote Ampel vergeben, so fällt die finale Eignungsbeurteilung mit bedingt geeignet (gelbe Ampel) aus. In anderen Fällen werden die Ampelkombinationen gemittelt, sodass bei einer FFT mit zwei gelben und einer grünen Ampel, die finale Eignungsbeurteilung bedingt geeignet (gelbe Ampel) ist, während eine FFT, welche mit zwei grünen und einer gelben Ampel bewertet wurde, eine finale Eignungsbeurteilung als geeignet (grüne Ampel) erhält.

Der Schwellenwert bei SAE Level 4 ist höher (mehr kritische Ampelkonstellationen werden akzeptiert), da in diesem Modus das Fahrzeugautomatisierungssystem für die Quer- und

Längsführung sowie die OEDR zuständig ist sowie in kritischen Situationen das Fahrzeug selbstständig in den risikominimalen Zustand versetzt. Bei einer Fahrt auf diesem Automatisierungslevel gilt eine FFT erst bei drei roten Ampeln innerhalb der Bewertungskriterien als nicht geeignet (rote Ampel). Eine oder zwei rote Ampeln innerhalb der Bewertungskriterien führen zu einer Eignungsbeurteilung von bedingt geeignet (gelbe Ampel). Sind die Ampelfarben der Gesamtbeanspruchung bzw. psychischen Ermüdung und der sensorisch-visuellen sowie der motorischen Einschränkung gelb, so ist die FFT ebenfalls nur bedingt geeignet (gelbe Ampel). Alle sonstigen Ampelkombinationen (zwei gelbe Ampeln und eine grüne Ampel oder zwei grüne Ampeln und eine gelbe Ampel) resultieren in einer grünen Ampel für die Eignungsbeurteilung, sodass die Tätigkeit als geeignete FFT eingestuft wird.

Im Rahmen der Eignungsbeurteilung wird auf Bewertungskriterien zurückgegriffen, welchen die Mindestanforderungen der BKRFQV zugrunde liegen. Wird eine FFT im Rahmen der finalen Eignungsbeurteilung als nicht geeignet eingestuft, so ist es möglich, dass diese Beurteilung durch eine überdurchschnittliche Qualifikation des Fahrers oder der Fahrerin kompensiert werden kann. Daher kann in individuellen Einzelfällen, in welchen der Fahrer oder die Fahrerin Kompetenzen aufweist, welche über diese Mindestanforderungen hinausgehen, eine im Rahmen des Katalogs als nicht geeignet eingeschätzte Tätigkeit dennoch individuell als (ggf.) geeignet oder sogar geeignet eingestuft werden.

9.5.4 Wirtschaftliches Nutzenpotenzial der FFT

Das Kriterium „wirtschaftliches Nutzenpotenzial“ einer FFT steht für ökonomische Kennzahlen, die sowohl direkten als auch indirekten monetären Nutzen berücksichtigen. Unter den direkten wirtschaftlichen Nutzen fallen bspw. die Einsparung von Büroarbeitsplätzen, von Personal oder eine höhere Produktivität. Beispiele für einen indirekten Nutzen durch die Möglichkeit der Ausübung einer FFT sind ein besseres Image des Unternehmens durch weniger Unfälle, höhere Mitarbeitermotivation durch Sport am Arbeitsplatz oder ein verbessertes Image bei potenziellem Personal. Die Einschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials der FFT ist im Katalog mit drei als wesentlich genannten Unterkriterien durch die Katalognutzenden möglich:

- Potenzielle Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer und Fahrerinnen
- Potenzielle Reduzierung der Personal- und Personalnebenkosten an anderer Stelle
- Potenzielle Reduzierung der Fahrzeugkosten

Das Beurteilungskriterium „Potenzielle Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer oder der Fahrerinnen“ wird binär angegeben (0 = ja, 1 = nein). Die Produktivität wird dabei gemessen als Verhältnis von Ausbringung zu Einsatz, z. B. Anzahl der erstellten Dokumente zu Anzahl der Arbeitsstunden als zusätzliche Arbeitsproduktivität (HEINRICH et al. 2004: 514). Das Kriterium gibt an, ob die Ausübung der FFT die Arbeitsproduktivität des Fahrers oder der Fahrerin durch die Reduzierung von unproduktiven Zeiten, die entweder für andere wirtschaftliche Tätigkeiten genutzt oder für Maßnahmen zur Gesunderhaltung ergriffen werden, erhöhen könnte. Eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität kann bspw. durch die zeitliche Parallelisierung des Fahrens mit Dokumentationspflichten oder auch durch eine höhere Motivation des Fahrers oder der Fahrerin erzielt werden.

Durch die Ausübung der FFT durch den Fahrer oder die Fahrerin könnten potenziell geringere Personalkosten an anderer Stelle durch bspw. geringere Personal- und Bürokosten in der Disposition entstehen. Zu den Personalkosten sowie Personalnebenkosten gehören bspw. Kosten wie Löhne, Gehälter, Sozialleistungen, Arbeitsplatzkosten sowie Schulungskosten (HEINRICH et al. 2004: 384). Das Beurteilungskriterium wird binär angegeben,

wobei der Wert 0 einer potenziellen Reduzierung der Personal- und Personalnebenkosten (ja) und der Wert 1 keiner potenziellen Reduzierung der Personal- und Personalnebenkosten (nein) entspricht.

Mithilfe des Beurteilungskriteriums „Potenzielle Reduzierung der Fahrzeugkosten“ wird angegeben, ob eine Reduzierung der Fahrzeugkosten (Total Cost of Ownership (TCO)) durch die Ausübung der FFT möglich ist. Die TCO eines Fahrzeugs umfassen dabei alle Kostenarten und deren Höhe für den Erwerb, die Nutzung, den Betrieb und die Entsorgung eines Produkts (KREYENBERG 2016: 68–69). Das Kriterium wird ebenfalls binär bewertet, der Wert 0 spricht für eine potenzielle Reduzierung der Fahrzeugkosten (ja), wohingegen der Wert 1 für keine potenzielle Reduzierung der Fahrzeugkosten spricht. Eine Reduzierung der Fahrzeugkosten kann bspw. daraus resultieren, dass das Fahrzeug während der Fahrt besser kontrolliert werden kann, es auch während der Fahrt gewartet und ggf. instandgesetzt werden kann oder auch durch eine Weiterbildung hinsichtlich der Fahrzeughandhabung.

Ein indirektes Nutzenpotenzial kann häufig nicht auf die Ausübung einer FFT zurückgeführt werden, sondern ist das Ergebnis einer Unternehmensentscheidung, FFT während der Fahrt zu erlauben. Bei der Einzelfallentscheidung, welche FFT das größte Nutzenpotenzial bietet, ist die Einschätzung des direkten wirtschaftlichen Nutzenpotenzials relevant. Nichtsdestotrotz sollte das indirekte Nutzenpotenzial bei der individuellen Bewertung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials berücksichtigt werden.

Die vorangestellten drei Unterkriterien dienen der Unterstützung der Katalognutzenden bei der Einschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials, welches durch die Katalognutzenden anzugeben ist. Das Kriterium gibt an, ob ein wirtschaftliches Nutzenpotenzial durch die Ausübung der FFT für ein Unternehmen möglich wäre. Diese Einschätzung ist dabei unabhängig von den unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen zu sehen. Der potenzielle wirtschaftliche Nutzen der Ausübung einer FFT bei einem Einzelunternehmer kann sich von dem potenziellen wirtschaftlichen Nutzen eines großen Transportunternehmens unterscheiden, weshalb im Rahmen des Katalogs nur Aussagen zu möglichen wirtschaftlichen Nutzenpotenzialen getroffen werden. Die Bewertungsskala der Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials umfasst die Zahlenwerte 0 bis 2. Die Zahl 0 bedeutet, dass ein hohes wirtschaftliches Nutzenpotenzial vorhanden ist, die Zahl 1, dass die FFT ein mittleres wirtschaftliches Nutzenpotenzial hat, die Zahl 2, dass die Ausübung der FFT nur ein geringes wirtschaftliches Nutzenpotenzial vermuten lässt. Sollte kein wirtschaftliches Nutzenpotenzial denkbar sein, so kann dies ebenfalls angegeben werden.

9.6 Kriterien, die nicht im Katalog berücksichtigt sind

Über die in Kapitel 9.5 aufgeführten Kriterien der Eignungsbeurteilung hinaus, konnten in der Literatur und im Rahmen der Interviews und Workshops weitere Kriterien identifiziert werden, denen ein Einfluss auf die Eignung einer FFT zugeschrieben wird. Häufig sind diese Kriterien abhängig von der Ausgestaltung der Fahrerkabine oder von der die FFT ausübenden Person und liegen damit außerhalb des definierten Betrachtungsrahmens im Projekt SYMtastik. Die diskutierten Kriterien sind der Vollständigkeit halber an dieser Stelle aufgeführt.

Die für die Ausübung der FFT verwendete Software kann Auswirkungen auf die Bewertung der Komplexität der Aufgabe haben. Die Gebrauchstauglichkeit (Usability) der verwendeten Hardware sowie Software könnte daher eine weitere Bewertungsdimension der FFT sein (SCHÖMIG et al. 2020: 29). Auf die Auflistung weitere Gegenstände (z. B. ein Tisch) wurde im Katalog verzichtet, da rein sachlogisch die Ermöglichung einer FFT durch eine

entsprechende Fahrzeuggestaltung erst im Anschluss an die Auswahl möglicher FFT erfolgt. Für eine Passung der Qualifikation des Fahrers oder der Fahrerin mit den Anforderungen der FFT müssten Angaben zur individuellen Qualifikation des Fahrers oder der Fahrerin vorliegen. Dieser Abgleich ist vor allem dann relevant, wenn es um die Verteilung von FFT an die Fahrer und Fahrerinnen geht. Dieser Aspekt gewinnt an Bedeutung, wenn Fahrzeuge im Realbetrieb mit SAE Level 3 oder Level 4 fahren. Da dies zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht absehbar ist wurde die generische Einbeziehung des Qualifikationsaspekts als ausreichend erachtet. Neben der Qualifikation werden häufig auch die individuellen Eigenschaften von Fahrer und Fahrerinnen wie das Alter, das Ausmaß an Systemvertrauen, die manuellen Fahrfähigkeiten, die intrinsische Aufgabenmotivation oder der emotionale Zustand als wichtige Aspekte bei der Beurteilung von FFT genannt. Alle Eigenschaften des Fahrers oder der Fahrerin sind personenabhängig sowie individuell variabel und daher nicht ohne weiteres beurteilbar, weshalb sie im Eignungskatalog nicht aufgeführt werden.

Bei der Beurteilung der Eignung könnte auch ein Kriterium zur geschätzten Dauer der Übernahme der Fahraufgabe berücksichtigt werden. Auf die Aufnahme dieses Kriteriums wurde im Eignungskatalog verzichtet, da diese Dauer von vielen externen Faktoren wie bspw. der Person, dem Fahrzeugsystem oder der Umwelt abhängig ist und daher nicht allgemeingültig angegeben werden kann. Da vor allem bei SAE Level 3 die Übernahmedauer recht kurz ist, wird eine grobe Schätzung der Übernahmedauer als nicht zielführend erachtet.

Die Unterscheidung einer FFT in analog und digital wurde im Katalog nicht aufgegriffen. Die Unterscheidung hängt vom gewählten Medium ab, welches individuell vom Katalognutzenden anzugeben ist. Je nach gewähltem Medium ist klar, ob die FFT analog oder digital ausgeübt wird, weshalb der Mehrwert eines solchen Aufgabenmerkmals kaum vorhanden ist. Bei einem vollständig gefüllten Katalog könnte das Aufgabenmerkmal als Gliederungskategorie dienen, allerdings würde dies zu einer Dopplung mit dem Aufgabenmerkmal Medium führen, das als Filter genutzt werden kann.

10 Exemplarische Anwendung des Katalogs

Im Folgenden wird exemplarisch die Anwendung des Katalogs anhand von drei beispielhaften FFT aufgezeigt. Hierfür wurde aus der Kategorie Art der FFT jeweils ein Beispiel für wirtschaftliche, wirtschaftlich/private und private FFT ausgewählt und mit Hilfe des Katalogs hinsichtlich ihrer Eignung beurteilt: Begleitpapiere und Dokumente erstellen, Film/Video schauen und auf Tablet spielen exemplarisch bewertet. In Kapitel 10.4 wird erläutert, wie der Katalog im Anschluss weiter befüllt werden kann.

10.1 Begleitpapiere und Dokumente erstellen

Die FFT „Begleitpapiere und Dokumente erstellen“ wurde der Kategorie einer wirtschaftlichen Tätigkeit im Aufgabenbereich der Leistungserstellung zugeordnet. Weitere Details zu dieser FFT können der im Anhang aufgeführten Quellenangabe zur FFT entnommen werden (Spedition und Logistikdienstleistung, 2004).

Die erste Spalte des Hauptteils ordnet die FFT dem Hauptprozess der ladungsbezogenen Dokumente zu, bevor der darauffolgenden Spalte entnommen werden kann, in welche einzelnen FFT sich dieser Hauptprozess aufteilen lässt. Eine nähere Tätigkeitsbeschreibung der einzelnen FFT findet sich in der anschließenden Spalte „FFT-Beschreibung“.

Im Anschluss an den Gliederungs- und Hauptteil sind die Aufgabenmerkmale durch den Katalognutzer oder die Katalognutzerin anzugeben. Zuerst wird angegeben, ob die Durchführung der FFT ein aktives Engagement des Fahrers oder der Fahrerin erfordert oder einen passiven, konsumierenden Charakter aufweist. Die Tätigkeit „Begleitpapiere und Dokumente erstellen“ ist einer aktiven Tätigkeit zuzuordnen. Die Bearbeitung der exemplarischen FFT wird im vorliegenden Beispiel mithilfe eines Laptops durchgeführt, was in der Spalte „Verwendetes Medium“ entsprechend angegeben ist. Im Rahmen des folgenden Bewertungskriteriums „Medium handgehalten“ kann angegeben werden, ob das verwendete Medium während der Verwendung in der Hand gehalten wird oder ob es fest im Fahrzeug verbaut ist. Bei der exemplarischen FFT ist der Laptop nicht fest im Fahrzeug verbaut, sondern wird auf dem Schoß liegend verwendet. Aus diesem Grund ist in der Spalte „Medium handgehalten“ ja auszuwählen. Zudem ist der verwendete Laptop im angewandten Beispiel mit dem Fahrzeug verbunden, was dem System in einer kritischen Situation ermöglicht, das Gerät abzuschalten, sodass der Fahrer oder die Fahrerin seine oder ihre Aufmerksamkeit schneller auf die Übernahme der Fahraufgabe lenken kann. Diese Information wird über das Bewertungskriterium „Systemintegration Medium“ abgefragt. Da sich der Laptop auf dem Schoß befindet ist die „Lokalität der FFT“ nah (am Fahrersitz). Die bis zum aktuellen Zeitpunkt getätigten Angaben entscheiden über das Ausmaß, indem die Bearbeitung der FFT den Fahrer oder die Fahrerin sensorisch-visuell und motorisch einschränkt und fließen in die Bewertungskriterien „sensorisch-visuelle Einschränkung“ und „motorische Einschränkung“ ein. Die im Katalog hinterlegte Kombinatorik für diese Spaltenabhängigkeit kann dem Tabellenblatt „Einschränkungen_Medien“ entnommen werden.

Die exemplarische FFT erfordert keine Interaktion mit anderen Menschen. Ein weiteres Aufgabenmerkmal ist die Bearbeitungszeit, welche in Spalte M in der Einheit Minuten angegeben wird. Die dort angegebene Zeitdauer hat Einfluss auf die Klassifizierung der

FFT als kurz- oder langfristige FFT (Spalte Z). Die exemplarische FFT kann im vorliegenden Beispiel in 10 Minuten abgeschlossen werden.

Für die nähere Spezifizierung der kognitiven Belastung des Fahrers oder der Fahrerin durch die Bearbeitung der FFT werden in Spalte N bis AE charakteristische Aufgabeneigenschaften der FFT bewertet, welche für die Eignungsbeurteilung für SAE Level 3 sowie SAE Level 4 entscheidend sind. Zunächst wird die FFT hinsichtlich ihrer Aufgabenkomplexität bewertet. Im Fall der exemplarischen Tätigkeit wird von einer mittleren Aufgabenkomplexität ausgegangen, da der Prozess standardisiert abläuft und daher kein hohes Maß an Konzentration erforderlich ist. Zusätzlich sind nur wenige Teilbearbeitungsschritte für die Ausübung der FFT notwendig. Aufgrund der Einschätzung wird für die FFT der Wert 3 in der Spalte vergeben, was einer gelben Ampelbewertung entspricht. Für die Ausübung der Tätigkeit muss auf gespeichertes Vorwissen zurückgegriffen werden, da die korrekten Informationen für die Erstellung der Dokumente abgerufen und an der vorgesehenen Stelle eingesetzt werden müssen. Die zu behaltende Informationsmenge, welche in der darauffolgenden Spalte bewertet wird, ist als „eher gering“ eingeschätzt, da durch die Standardisierung der Aufgabe lediglich die Zwischenspeicherung einer geringen Informationsmenge zwischen den Arbeitsschritten erforderlich ist. Daher wird der Wert 2 in die Zelle der „zu behaltenden Informationsmenge“ eingetragen. Anschließend wird die Unterbrechungsschwierigkeit der Aufgabe bewertet. Im konkreten Anwendungsbeispiel kann diese mit „mittel“ angegeben werden. Eine Unterbrechung der Dokumenterstellung bedeutet den Abbruch einer Eingabe, was aus psychologischer Sicht ungünstig ist, da ein Wiedereinstieg in die Aufgabe möglich, jedoch mit einem kognitiven Mehraufwand und einer potenziell erhöhten Fehlerquote verbunden ist. Aufgrund der Einschätzung wird der Wert 3 für die Unterbrechungsschwierigkeit vergeben. Aus den beiden zuletzt beschriebenen Bewertungskriterien („zu behaltende Informationsmenge“ und „Unterbrechungsschwierigkeit“) ergibt sich die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses. Die Kombination dieser sich automatisch ergebenden Spalte ist dem Tabellenblatt „Hinterlegte Kombinationen“ zu entnehmen. Im konkreten Anwendungsfall ergibt sich eine Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses von mittlerem Ausmaß, was einer gelben Ampel und dem Zahlenwert 3 entspricht.

Anschließend wird das Ausmaß der im Rahmen der Bearbeitung der FFT geforderten drei Subdimensionen kognitiver Denkprozesse bewertet. „Raumbezogene Denkprozesse“ werden im Rahmen der Erstellung von Begleitpapieren und Dokumenten nicht gefordert („sehr gering“ = 1). Es muss in keinem Maß räumliche Information abgefragt oder räumliches Vorstellungsvermögen angewandt werden. Auch mathematische Denkprozesse sind nicht gefragt („sehr gering“ = 1), da die Erstellung von Begleitpapieren und Dokumenten keine Rechenoperationen beinhaltet. Wesentlich für die Bearbeitung der FFT sind hingegen sprachbezogene Prozesse, da für die Erstellung von Dokumenten der Abruf semantischer Information sowie grammatikalischer Regeln erfolgen muss. Die Standardisierung der Dokumenterstellung begrenzt jedoch die Komplexität dieses Informationsabrufs, weshalb das Ausmaß sprachbezogener Denkprozesse mit „mittel“ (Wert = 3) eingeschätzt werden kann.

Aus der Beurteilung der Denkprozesse ergeben sich die automatisch berechneten Werte in den Spalten „Qualifikationsanspruch“, „Qualifikationsempfehlung“ sowie „Zusätzlicher Qualifikationsbedarf“. In dem konkreten Beispiel der FFT „Begleitpapiere und Dokumente erstellen“ ergibt sich aufgrund der niedrigen Anforderungen an die Denkprozesse „kein“ zusätzlicher Qualifikationsbedarf und demnach auch keine Qualifikationsempfehlung („–“) für den kaufmännischen oder technischen Bereich.

Abschließend ist die FFT vom Katalognutzenden noch hinsichtlich ihres Monotoniegehalts zu beurteilen. Die exemplarische FFT kann als „eher hoch“ monoton eingeschätzt werden, da die Erstellung der Dokumente eine geringe Anforderungsvielfalt aufweist und wenig individuellen Gestaltungsspielraum für den Bearbeiter oder die Bearbeiterin zulässt. Daher wird der Wert 4 in die Zelle der Monotonie eingetragen.

Die Spalte AC „Mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung“ ermittelt aus den zuvor getätigten Angaben zur „Aufgabenkomplexität“, „Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses“, „Qualifikationsanspruch“, „Aufgabendauer“ und (im Falle einer langfristigen FFT) „Monotonie“ einen Gesamtwert an psychischer Ermüdung, welche aus der Bearbeitung der FFT resultiert. Im Rahmen der exemplarischen FFT ist die „psychische Ermüdung“ nur „eher gering“ ausgeprägt, da die Aufgabe kognitiv nicht stark beanspruchend ist und nur kurzfristig ausgeführt wird. Die Beurteilung entspricht dem Zahlenwert 2.

Die Spalten der „sensorisch-visuellen“ und „motorischen Einschränkung“ resultieren, wie bereits beschrieben, aus den Angaben zu den Aufgabenmerkmalen „aktiv/passiv“, „verwendetes Medium“, „Medium handgehalten ja/nein“ und „Systemintegration“. Die sensorisch-visuelle Einschränkung ist im konkreten Beispiel „eher hoch“ ausgeprägt (Wert = 4), da die Bearbeitung der FFT am Laptop die Abwendung des Blickes von der Straße erfordert und die visuelle Aufmerksamkeit aufgrund der aktiven Tätigkeit der Dokumenterstellung auf den Bildschirm gebunden ist. Da das Medium im angegebenen Fall mit dem Fahrzeug verbunden ist und in einer kritischen Situation automatisch abgeschaltet werden kann, wurde eine 4 („eher hoch“) anstatt einer 5 („sehr hoch“) für die sensorisch-visuelle Einschränkung vergeben. Die Bearbeitung der FFT ist „sehr hoch“ motorisch einschränkend (Wert = 5), da die Hände des oder der Bearbeitenden auf der Tastatur liegen und durch die Positionierung des Laptops auf dem Schoß des Fahrers oder der Fahrerin zudem die Bewegungsfreiheit der Beine durch die FFT beeinträchtigt ist. Selbst in einer kritischen Situation, in welcher der Laptop automatisch abgeschaltet wird, steht das Gerät auf dem Schoß des Fahrers oder der Fahrerin und muss vor Übernahme der manuellen Steuerung weggelegt werden.

Unter Berücksichtigung der vorgenommenen Beurteilungen der Kriterien wird das Ergebnis der „endgültigen Eignungsbeurteilung“ für SAE Level 3 und Level 4 automatisch ermittelt und angezeigt. Die hierfür verwendete Schwellenlogik wurde in Kapitel 9.5.3 näher erläutert. Für das vorliegende Beispiel wird bei SAE Level 3 der Wert 2 mit einer roten Ampel ausgegeben, was bedeutet, dass die FFT als „nicht geeignet“ für die Ausübung bei SAE Level 3 erachtet wird. Bei SAE Level 4 resultiert ein Wert von 1 und eine gelbe Ampel, womit die Tätigkeit als „bedingt geeignet“ für die Ausübung bei SAE Level 4 eingeschätzt wird.

In den darauffolgenden Spalten wird auch die wirtschaftliche Perspektive berücksichtigt. In den Spalten AH bis AK kann das wirtschaftliche Nutzenpotenzial der FFT abgeschätzt werden, welche in der Spalte „wirtschaftliches Nutzenpotenzial“ zusammengefasst wird. Die Tätigkeit „Erstellung von Begleitpapieren und Dokumenten“ geht mit einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität des Fahrers oder der Fahrerin einher, weshalb der Wert 0 für „ja“ vergeben wird und führt zu geringeren Personalkosten an anderer Stelle (Wert = 0). Die Fahrzeugkosten werden durch die Bearbeitung der FFT nicht reduziert, daher wird hier der Wert 1 vergeben. Insgesamt wird das wirtschaftliche Nutzenpotenzial der FFT als mittel (Wert = 1) eingeschätzt. Diese Information ist insbesondere für LDL als auch für OEM von Interesse.

10.2 Film/Video schauen

Die FFT „Film schauen“ kann sowohl in einem wirtschaftlichen als auch in einem privaten Kontext erfolgen und ist hier dem Aufgabenbereich der Unterhaltung zugeordnet. Ein Film oder Video, in welchem weiterbildende Aspekte oder berufsbezogene Inhalte dargestellt oder vertieft werden, würde einer wirtschaftlichen FFT entsprechen, während eine Komödie oder ein Actionfilm der Kategorie privater FFT zugeschrieben werden würden. Der FFT ist das Aufgabenmerkmal „passiv“ zuzuordnen, da für die Durchführung keine Aktionen oder Handlungen des Fahrers oder der Fahrerin erforderlich sind. Im ausgewählten Beispiel wird der Film auf einem Smartphone geschaut, welches in einer Halterung montiert ist, sodass es von dem Fahrer oder der Fahrerin nicht in der Hand gehalten wird. Das darauffolgende Aufgabenmerkmal gibt Auskunft darüber, dass eine Verbindung des Smartphones mit den Fahrzeugsystemen besteht. Da der Film vom Fahrersitz geschaut werden kann, ist die Lokalität der FFT mit „nah“ angegeben. Die Durchführung erfordert keine Interaktion mit anderen Menschen. Die Bearbeitungszeit beträgt im vorliegenden Beispiel 90 Minuten.

Bei der Bewertung der Aufgabeneigenschaften ist der FFT „Film/Video anschauen“ eine Aufgabenkomplexität von 1 („sehr gering“) zuzuweisen. Die Tätigkeit erfordert weder einen Rückgriff auf gespeichertes Vorwissen noch ein hohes Ausmaß an Konzentration. Außerdem besteht sie aus sehr wenigen Bearbeitungsschritten und ist insgesamt als einfach durchführbar einzuschätzen. Die resultierende Ampelfarbe für dieses Kriterium ist daher grün.

Während der Film angesehen wird, müssen zudem nur in „sehr geringem“ Umfang Informationen behalten werden (Wert = 1). Die Unterbrechungsschwierigkeit ist als „eher gering“ (Wert = 2) einzuschätzen, da die Augen zwar komplikationslos vom Smartphone auf die Straße gelenkt werden können, jedoch aufgrund von motivationaler und visueller Involviertheit nicht von einer sehr geringen Unterbrechungsschwierigkeit ausgegangen werden kann. Aus den beiden zuletzt getätigten Angaben resultiert eine Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses von 1 („sehr gering“), welche induziert, dass das Arbeitsgedächtnis durch die FFT kaum beansprucht wird. Auch für dieses Bewertungskriterium resultiert die grüne Ampelfarbe.

Die erforderlichen raumbezogenen Denkprozesse sind mit „eher gering“ (Wert = 2) zu beurteilen. Es kann vorkommen, dass der Fahrer oder die Fahrerin räumliche Informationen mit Bezug zu den Film- oder Videoabläufen abrufen. Da dies jedoch im Normalfall in äußerst geringem Ausmaß gefragt ist, wird diese Art des Denkens nur wenig gefordert. „Mathematische Denkprozesse“ sind beim Anschauen einer Komödie nicht gefordert (Wert = 1). Die sprachbezogenen Denkprozesse werden ähnlich wie die raumbezogenen Denkprozesse in geringem Ausmaß gefordert und werden daher ebenfalls mit „eher gering“ (Wert = 2) eingeschätzt. Aus den im Rahmen der Denkprozesse getätigten Angaben resultiert ein niedriger Qualifikationsanspruch (Wert = 5, grüne Ampel), weshalb für die Durchführung der Tätigkeit weder eine Qualifikationsempfehlung ausgegeben wird („–“) noch ein zusätzlicher Qualifikationsbedarf („kein“) entsteht.

Die Aufgabendauer ist „langfristig“ (Wert = 2), da in den Aufgabenmerkmalen eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten angegeben wurde.

Der Monotoniegehalt der FFT ist als „eher gering“ (Wert = 2) einzuschätzen, da der Film oder das Video für gewöhnlich einen Unterhaltungswert aufweist und selbstständig nach den Interessen des Fahrers oder der Fahrerin ausgewählt wurde. Auch hier resultiert die Ampelfarbe „grün“ für das Bewertungskriterium.

Die getätigten Angaben im Rahmen der „Aufgabenkomplexität“, der „Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses“, des „Qualifikationsanspruchs“ sowie der „Aufgabendauer“ und der „Monotonie“ werden für den resultierenden Wert in der Spalte der „mentalen Gesamtbeanspruchung/psychischen Ermüdung“ miteinander verrechnet. Da die FFT „Film/Video anschauen“ u. a. als wenig komplex und kognitiv nicht beanspruchend eingestuft werden kann, wirkt sich die Tätigkeit nicht psychisch ermüdend (Wert = 1) aus, was durch die grüne Ampel visualisiert wird.

Aus den medienbezogenen Angaben im Teil der Aufgabenmerkmale ergibt sich, dass die Durchführung der FFT den Fahrer oder die Fahrerin weder sensorisch-visuell noch motorisch einschränkt (Wert = jeweils 1), weshalb die Ampeln dort grün sind.

In der abschließenden Verrechnung der getätigten Angaben im Rahmen der Eignungsbeurteilung resultiert, dass die private FFT „Film/Video anschauen“ sowohl auf SAE Level 3 als auch auf SAE Level 4 als „geeignet“ (Wert = 0) eingestuft wird, was grafisch durch die grünen Ampeln verdeutlicht wird.

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit beginnt mit der Einschätzung der Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer und Fahrerinnen. Im vorliegenden Beispiel der FFT „Film/Video anschauen“ ergibt sich keine Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer und Fahrerinnen (Wert = 1). Auch führt die Durchführung der FFT nicht zu geringeren Personalkosten an anderer Stelle (Wert = 1) und zu keiner Reduzierung der Fahrzeugkosten (Wert = 1). Auf Grundlage der drei Bewertungskriterien wird das wirtschaftliche Nutzenpotenzial als „nicht vorhanden“ abgeschätzt.

10.3 Auf Tablet spielen

Die private FFT „auf Tablet spielen“ lässt sich dem Aufgabenbereich der Unterhaltung zuweisen. Die FFT wurde dem Hauptprozess Gaming zugeordnet. Die nähere Beschreibung der FFT spezifiziert, dass es sich um ein Spiel auf der Spiele-App des Tablets handelt. Diese Information hilft bei der Angabe der ersten Aufgabenmerkmale und lässt darauf schließen, dass die Aufgabe eine aktive, mit einem in der Hand gehaltenen Tablet durchgeführte Tätigkeit ist. Im vorliegenden Beispiel ist das mobile Endgerät „Tablet“ mit den Fahrzeugsystemen verbunden. Die Lokalität der Tätigkeit ist nah, denn der Fahrer oder die Fahrerin kann während des Spielens auf dem Fahrersitz sitzen. Das Spielen auf dem Tablet erfordert keine Interaktion mit Anderen und die Bearbeitungszeit beträgt 15 Minuten.

Beginnend mit den Aufgabeneigenschaften ist die Komplexität der Tätigkeit im vorliegenden Beispiel mit „eher gering“ (Wert = 2) anzugeben. Die Tätigkeit besteht aus einer geringen Anzahl an Bearbeitungsschritten, erfordert keinen umfassenden Rückgriff auf gespeichertes Wissen und benötigt (in Abhängigkeit des Spiels) nur ein geringes Ausmaß an Konzentration. Die resultierende Ampelfarbe für dieses Bewertungskriterium ist daher „grün“.

Für die Durchführung der Tätigkeit muss keine Information zwischengespeichert oder behalten werden („sehr gering“ – 1). Die Unterbrechungsschwierigkeit wurde mit „mittel“ (Wert = 3) bewertet, da, in Abhängigkeit des Spiels, eine Unterbrechung der Tätigkeit mit einer potenziellen Niederlage oder einem Neustart verbunden ist, welches der Spieler oder die Spielerin für gewöhnlich zu vermeiden versucht. Aus diesen Angaben resultiert, dass das Arbeitsgedächtnis durch das Spielen auf dem Tablet nur „eher gering“ (Wert = 2) beansprucht wird. Die resultierende Ampelfarbe ist daher auch bei diesem Kriterium „grün“.

In Bezug auf die folgenden Aufgabeneigenschaften, welche das Ausmaß der geforderten Denkprozesse adressieren, kann herausgestellt werden, dass raumbezogene Denkprozesse (in Abhängigkeit des Spiels) nur in geringem Ausmaß (Wert = 2 – eher gering) gefordert sind, während mathematische und sprachbezogene Denkprozesse für ein Online-Spiel nicht erforderlich sind (Wert = jeweils 1). Aus diesen Bewertungskriterien resultiert ein niedriger Qualifikationsanspruch (grüne Ampel) weshalb keine Qualifikationsempfehlung und kein zusätzlicher Qualifikationsbedarf entsteht.

Die Aufgabendauer ist „langfristig“ (Wert = 2), da die 15-minütige Spieldauer genau an der Schwelle zu einer langfristigen Tätigkeit liegt und daher bereits als eine solche eingestuft wird.

Die Aufgabe wird als „sehr gering“ monoton (Wert = 1) bewertet, da davon ausgegangen werden kann, dass sich der Fahrer oder die Fahrerin für ein Spiel entscheidet, welches ihn oder sie aktiviert und motiviert und nicht langweilt. Die Ampelfarbe für das Kriterium der Monotonie ist daher ebenfalls „grün“.

Aus den Angaben zu der „Aufgabenkomplexität“, der „Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses“, dem „Qualifikationsanspruch“ sowie der „Aufgabendauer“ und der „Monotonie“ ergibt sich, dass sich das Spielen auf einem Tablet psychisch eher gering ermüdend auf den Fahrer oder die Fahrerin auswirkt (1 – grüne Ampel).

Aus den medienbezogenen Angaben im Rahmen der Aufgabenmerkmale resultiert, dass das Spielen auf einem Tablet den Fahrer oder die Fahrerin sensorisch-visuell „eher hoch“ (4 – rote Ampel) und motorisch „sehr hoch“ (5 – rote Ampel) einschränkt.

Insbesondere durch die negativen Ausprägungen der sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen ergibt sich eine endgültige Eignungsbeurteilung der FFT für das SAE Level 3 als „nicht geeignet“ (Wert = 2) und für das SAE Level 4 als „gegebenenfalls geeignet“ (Wert = 1). Diese Einschätzungen werden durch eine rote Ampel für das SAE Level 3 und eine gelbe Ampel für die Eignung auf dem SAE Level 4 verdeutlicht.

Da die FFT eine private Tätigkeit ist, trägt sie weder zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität der Fahrer und Fahrerinnen (Wert = 1) oder zu geringeren Personalkosten an anderer Stelle (Wert = 1) noch zu einer Reduzierung der Fahrzeugkosten (Wert = 1) bei. Die FFT bietet daher voraussichtlich kein wirtschaftliches Nutzenpotenzial („nicht vorhanden“).

10.4 Prozess der weiteren Katalogbefüllung

Da der Katalog zum Berichtszeitpunkt nur exemplarisch befüllt ist, ist die Bewertung zahlreicher FFT noch offen. Daher soll nachfolgend ein möglicher Ablauf des Prozesses zur weiteren Befüllung des Katalogs vorgestellt werden. Die weitere Befüllung des Katalogs könnte bspw. im Rahmen eines Workshops durch Fachkundige erfolgen. So könnten die Teilnehmenden im Vorhinein gebeten werden, die individuelle Relevanz ausgewählter FFT zu beurteilen, um anschließend im Rahmen des Workshops für FFT, eine Bewertung der Eignung unter Berücksichtigung der Aufgabenmerkmale und -eigenschaften vorzunehmen. Die Zusammensetzung der Workshopteilnehmenden sollte dabei interdisziplinär sein, um eine fundierte Einschätzung der Bewertungskriterien, die Expertise aus unterschiedlichen Disziplinen voraussetzen, zu ermöglichen. Aufgabenmerkmale, wie bspw. die Aufgabendauer, welche relevant für das Kriterium der psychischen Ermüdung sind, und die verwendeten Medien, welche sich auf die sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung auswirken, können am besten von Logistikdienstleistern oder von Fahrer und Fahrerinnen eingeschätzt und durch Experten und Expertinnen mit Verkehrssicherheit- oder psycholo-

gischen Hintergrund bewertet werden. Auch bedarf die Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials einer FFT spezifisches Erfahrungswissen. Andere Aufgabeneigenschaften, wie bspw. die Bewertung der Aufgabenkomplexität sowie der erforderlichen Denkprozesse, setzen ebenfalls die Kenntnis der genauen Aufgabenabläufe voraus. Diese Expertise ist bspw. bei den Logistikdienstleistenden sowie den Fahrerinnen und Fahrern zu finden. Während die beiden Gruppen die genauen Arbeitsabläufe kennen, empfiehlt sich zur Beurteilung dieser Kriterien die Berücksichtigung des Wissens von HMI- und Verkehrssicherheitsfachkundigen über psychologische Prozesse und die von diesen Tätigkeiten ausgehenden kognitiven Anforderungen.

Andernfalls können bestimmte Abschnitte des Katalogs auch von spezifischen Fachkundigen separat befüllt werden und am Ende des Vorgangs zusammengefügt werden. Für ein Vorgehen dieser Art müsste jedoch vorab festgelegt werden, welche Bewertungskriterien in den Zuständigkeitsbereich welches Fachkundigen fallen. Einige Kriterien könnten auch von mehreren Fachkundigen bewertet werden, so sind vermutlich sowohl HMI-Experten und -Expertinnen als auch Fachkundige der Verkehrssicherheit qualifiziert, die Auswirkungen der verwendeten Medien auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen zu beurteilen.

11 Limitationen und Ansätze zur Weiterentwicklung des Katalogs

Der entwickelte Eignungskatalog stellt ein erstes Ergebnis für die allgemeine Eignungsbeurteilung FFT in schweren Güterkraftfahrzeugen bei SAE Level 3 und Level 4 dar. Eine Verwendung des Eignungskatalogs sollte immer vor dem Hintergrund von dessen Limitationen erfolgen, die in Kapitel 11.1 beschrieben werden. Kapitel 11.2 gibt einen Überblick über mögliche Einsatzfelder des entwickelten Eignungskatalogs. Für den Einsatz in weiteren Anwendungsfällen müsste der Katalog ggf. ergänzt und weiterentwickelt (Kapitel 11.3) oder übertragen (Kapitel 11.4) werden.

11.1 Limitationen des Katalogs

Der Katalog ist im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachrichtungen entstanden, sodass die Ausgestaltung des Katalogs durch verschiedene Ansätze und Perspektiven geprägt ist. Dennoch gibt es einige Limitationen, welche im Folgenden näher betrachtet werden:

- Die Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und Level 4 hängt vor allem bei den wirtschaftlichen FFT von der Ausgestaltung der betrieblichen Prozesse ab. Diese Unterschiedlichkeit kann bspw. auf die Verwendung spezifischer Medien zurückgeführt werden, wenn bestimmte Prozesse in einigen Unternehmen digitalisiert durchgeführt werden, während sie in anderen analoge Bearbeitung finden (verwendetes Medium Laptop vs. Stift). Auch wenn der Katalog Standardprozesse suggeriert, sind diese in jedem Unternehmen unterschiedlich. Diese unterschiedlichen Prozesse werden in den Aufgabenmerkmalen berücksichtigt. Andere Aspekte, wie die Automatisierung einzelner Prozesse durch technische Assistenten und die damit einhergehenden geringeren Anforderungen an bspw. mathematische oder sprachbezogene Denkprozesse, können durch die entsprechenden Bewertungen der Aufgabeneigenschaften vermerkt werden. Die bereits befüllten FFT und deren Eignungsbeurteilung sollten daher im Einzelfall überprüft werden, bevor die Planung weiterer Schritte erfolgt.
- Im Katalog ist bisher nur eine begrenzte Auswahl an verwendbaren Medien (Laptop, Tablet, Buch, Stift etc.) hinterlegt, mit welchen die FFT durchgeführt werden kann. In Ausnahmesituationen kann dies dazu führen, dass das tatsächlich für die Tätigkeit verwendete Medium nicht in der Liste enthalten bzw. auswählbar ist und eine Vor-Bewertung nicht erfolgte. Bei allen aktuell aufgeführten und auswählbaren Medien ergeben sich durch die Angabe der medienbezogenen Aufgabenmerkmale automatisch die Auswirkungen dieser auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen. Bei der Eingabe eines neuen Mediums würden sich demnach die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen im Zugriffsteil nicht automatisch ergeben und es müsste eine händische Experteneinschätzung der medienbezogenen Auswirkungen auf die Einschränkungen vorgenommen werden, da ansonsten keine vollständige Eignungsbeurteilung der FFT erfolgen kann. Zudem lässt der Aufbau des Katalogs bisher nur die Verwendung eines einzelnen Mediums für die Bearbeitung der FFT zu. Erfordert die Durchführung der FFT die simultane Verwendung von zwei oder mehreren Medien, so kann lediglich das Hauptmedium ausgewählt werden, welches dann in seiner Verwendungsart mit den Auswirkungen auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen in die Eignungsbeurteilung mit einfließt.

- Der Katalog nimmt an, dass der Fahrer oder die Fahrerin nur eine FFT ausübt und erst nach der Beendigung dieser FFT zur nächsten FFT übergeht. Die Durchführung paralleler oder sequentiell wechselnder Tätigkeiten ist im Katalog nicht hinterlegt.
- Eine weitere Limitation des Katalogs ergibt sich aus der qualitativen exemplarischen Befüllung des Katalogs. So wurde bisher nur eine begrenzte Auswahl an FFT hinsichtlich ihrer Aufgabenmerkmale und -eigenschaften bewertet. Die weitere Befüllung ist eine perspektivische Aufgabe, die im Rahmen von Workshops durchgeführt werden könnte. Zudem muss angemerkt werden, dass die bisherige Bewertung der exemplarischen FFT auf der Grundlage von wenigen Experten und Expertinnen vorgenommen wurde, eine empirische Validierung dieser Einschätzungen jedoch noch aussteht. Durch Labor- oder Simulatorstudien könnten valide Aussage hinsichtlich der Eignungsbeurteilung erzeugt werden.

11.2 Mögliche weitere Einsatzfelder des Eignungskatalogs

Die Systematik des Katalogs ermöglicht bereits einen guten Überblick über das Feld denkbarer FFT und geeigneter Bewertungskriterien. Im Rahmen der durchgeführten Fachkundigenworkshops (siehe Kapitel 8) wurden von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern weitere Anwendungsgebiete und Verwendungsideen des Katalogs genannt, welche über die grundlegende Systematisierung der Tätigkeiten hinausgehen.

So nannten die Workshopteilnehmenden den Bereich der Beurteilung von Unfallursachen und Schadensleistungen von Versicherungen als ein weiteres Anwendungsfeld des Katalogs. Durch die in einem befüllten Katalog enthaltene endgültige Beurteilung einer Aufgabe zur Eignung als FFT könnte im Falle eines Unfalls erörtert werden, welche Konsequenzen (ungünstige motorische Positionen, verlängerte Übernahmezeiten etc.), mit der Bearbeitung wissentlich in Kauf genommen wurden. Auch, wenn dieser Anwendungsfall des Katalogs zunächst attraktiv erscheint, stellt der vorliegende Katalog keine Rechtsgrundlage dar und kann daher nicht für die Beantwortung dieser Fragestellung verwendet werden.

Weiterhin wurde geäußert, dass der Katalog als unterstützendes Hilfsmittel für die Absteckung des rechtlichen Rahmens für die automatisierte Fahrt genutzt werden könnte. Auch hier ist es wichtig zu betonen, dass der Katalog nicht den Status einer amtlichen Regelung hat. Anhand der endgültigen Eignungsbeurteilung kann keine rechtswirksame Aussage darüber getroffen werden, ob die Ausübung einer spezifischen FFT rechtlich zulässig ist oder nicht. Der Katalog dient lediglich als Orientierungshilfe, welche FFT unter welchen Aspekten als geeignet betrachtet werden können.

Die Fachkundigen der Logistikdienstleister sahen in dem Katalog ein Nachschlagewerk oder eine Inspirationsquelle für mögliche Aufgaben, welche von Mitarbeitenden während der Fahrt ausgeübt werden können. Zudem kann sich im Rahmen spezifischer, anspruchsvoller FFT eine Empfehlung für eine Zusatzqualifikation im technischen oder kaufmännischen Bereich für den Fahrer oder die Fahrerin ergeben. Diese Empfehlung gibt Auskunft über das Anspruchsniveau der FFT und kann bspw. in Kombination mit der Information über die Wirtschaftlichkeit der FFT einen wertvollen Mehrwert für Logistikdienstleistende bieten. Da der Katalog bereits zahlreiche Tätigkeiten enthält, welche potenziell als FFT genutzt werden können, ist er als Inspirationsquelle bereits zum jetzigen Zeitpunkt einsatzbereit.

Die Fachkundigengruppe der OEM sah als ein Nutzungsfeld des Katalogs die Ableitung von Informationen, die für die bedarfsgerechte Ausgestaltung der Fahrerkabine verwendet werden können. Aus den in einem befüllten Katalog enthaltenen FFT lassen sich Anre-

gungen und Anforderungen ableiten, welche Einrichtungen oder Geräte für die Ausübung der FFT in der Fahrerkabine verbaut sein könnten. Zudem nannte eine Vertreterin der Fachkundigengruppe der OEM, dass sie einen befüllten Katalog von „rechts nach links“ lesen würde. Konkret bedeutet dies, dass sie zu Beginn die Relevanz der FFT einschätzen würde, anschließend die Wirtschaftlichkeit der FFT beurteilt werden würde und erst nach diesem Schritt würde die Eignungsbeurteilung evaluiert werden. Im Falle einer Eignungsbeurteilung einer Aufgabe als „ungeeignet“ könnten die OEM prüfen, inwiefern diese Einschätzung durch die Gestaltung der Fahrerkabine modifiziert werden könnte, um zu einer positiven Eignungsbeurteilung zu gelangen. Mit Hilfe des Katalogs können unterschiedliche Anwendungsoptionen wie bspw. die Verwendung konkreter Medien und die Integration in die Fahrzeugsysteme durchgespielt sowie deren Auswirkungen auf die sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen evaluiert werden. Die indirekten Auswirkungen der Verwendungsart der Medien sowie des Zusammenspiels mit den Fahrzeugsystemen auf die endgültige Eignungsbeurteilung können in der weiteren Umsetzung der Fahrzeuggestaltung berücksichtigt werden.

Für Forschende kann durch die im Katalog enthaltenen Kategorisierungsmöglichkeiten der FFT die Planung empirischer Untersuchungen vereinfacht werden. Besteht bspw. Forschungsinteresse auf dem Gebiet der FFT im Aufgabenbereich „Leistungserstellung“, so liefern die im Gliederungsteil enthaltenen Kategorien erste Orientierungsmöglichkeiten, welche FFT in diesem Bereich untersucht werden können, und skizzieren so ein sich durch den Katalog neu eröffnendes Forschungsfeld. Eine Art Clusterung von FFT im Rahmen eines spezifischen Forschungsinteresses kann anhand der Aufgabeneigenschaften des Zugriffsteils erfolgen, wobei dies nur mit einem bereits befüllten Katalog möglich ist. Dafür müssten jedoch die Aufgabeneigenschaften durch weitere empirische Studien validiert werden.

Darüber hinaus kann der Katalog von Fahrern und Fahrerinnen dazu genutzt werden, potenziell möglicher FFT zu identifizieren. Die Eignungsbeurteilung einer FFT kann als Orientierung für mögliche Beschäftigungen während der automatisierten Fahrt verwendet werden. Fahrer und Fahrerinnen können sich u. a. ein Überblick verschaffen, welche FFT eine Zusatzqualifikation erfordern oder inwiefern die Verwendung bestimmter Medien sie sensorisch-visuell und motorisch einschränkt. Dieses Anwendungsgebiet setzt allerdings einen befüllten Katalog voraus.

Neben den Nutzungsmöglichkeiten eines befüllten Katalogs kann auch ein leerer Katalog mit unbewerteten FFT eine gute Grundlage für die Befragung bestimmter Zielgruppen darstellen. Durch den Austausch mit Logistikdienstleistenden sowie Fahrern und Fahrerinnen können weitere Tätigkeiten in den Katalog aufgenommen und damit eine zielgruppenspezifische Verwendung des Katalogs ermöglicht werden. Auf diese Weise wäre auch eine Mitbestimmung von Fahrern und Fahrerinnen hinsichtlich der Inhalte des Katalogs gewährleistet.

Im Verlauf der Befragungen und Workshops hat sich gezeigt, dass jede Stakeholdergruppe den Katalog für die Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen verwenden würde. Je nach Fragestellung unterscheiden sich dabei die Einstiege bzw. der für die Beantwortung ihrer Fragestellung notwendigen Grad der Befüllung. Ein möglicher Prozess der Befüllung wurde in Kapitel 10.4 erläutert.

11.3 Ergänzungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Eignungskatalogs

Zukünftig kann der Katalog noch weiter ausgeführt und ergänzt werden. So kann die im Hauptteil des Katalogs enthaltene Liste der aufgeführten FFT erweitert werden, es können neue Aufgabenbereiche definiert und Tätigkeiten aus diesen in den Katalog aufgenommen werden. Die Liste der aktuell im Katalog aufgeführten FFT ist nicht erschöpfend und kann um jede denkbare FFT ergänzt werden, welche anhand des Zugriffsteil hinsichtlich ihrer Eignung als FFT evaluiert werden kann. Im Zuge dessen kann auch die Liste der verwendeten Medien erweitert werden. Es kann jedes potenziell denkbare Medium in die Liste aufgenommen werden und hinsichtlich seiner im Rahmen der Nutzung entstehenden sensorisch-visuellen und motorischen Einschränkungen für den Fahrer oder die Fahrerin beurteilt werden. Als weitere Medien sind nur bspw. ein Kamm oder ein Kochlöffel zu nennen. Bei einigen dieser potenziell neuen Medien sind die Auswirkungen auf die sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung ähnlich wie bei anderen bereits hinterlegten Medien.

Es ist denkbar, dass der Katalog in ein eigenes Tool oder Programm überführt oder integriert wird, sodass die Nutzung für Logistkdienstleister und Logistkdienstleisterinnen einfacher und benutzerfreundlicher wird. Bei einem gefüllten Katalog könnte dahingehend auch stets ein Abgleich der Fahrerqualifikation mit den Anforderungen der FFT erfolgen und so ein individuelles Passungsausmaß ermittelt werden. Da der Einbezug der fachlichen Qualifikation des Fahrers oder der Fahrerin immer eine Einzelfallbetrachtung ist, wurde diese Option des Abgleichs bisher nicht im Katalog hinterlegt. Bei der Zuordnung der FFT sollte im Hinterkopf behalten werden, was durch den individuellen Fahrer oder die individuelle Fahrerin fachlich leistbar ist, insbesondere bei zeitkritischen Aufgaben. Denn bei SAE Level 3 ist damit zu rechnen, dass der Fahrer oder die Fahrerin häufiger zur Übernahme der Fahrzeugsteuerung aufgefordert wird als bei SAE Level 4 und daher die FFT nicht wie angedacht ausführen kann.

11.4 Übertragbarkeit des Katalogs auf andere Fahrzeugklassen

Die Übertragbarkeit des Katalogs auf andere Fahrzeugklassen wie bspw. einen Bus, ist mit einigen Anpassungen des Gliederungs- und Hauptteils gegeben. Der Zugriffsteil könnte in der aktuellen Form übernommen werden, da die Aufgabenmerkmale und -eigenschaften vom Einsatzbereich des Fahrzeugs unabhängig sind und die spezifische Aufgabe mit ihren Anforderungen eindeutig charakterisieren.

Im Gliederungsteil könnte die Kategorie „Zweck der FFT“ beibehalten werden. Die Bereiche der FFT, die für die Kategorisierung wirtschaftlicher FFT verwendet werden, sind aus logistknahen Ausbildungsverordnungen entnommen wurden. Diese sollten durch die Einbeziehung der für den gewählten Anwendungsfall relevanten Inhalte der Ausbildungsverordnungen angepasst werden.

Der Hauptteil könnte um weitere FFT erweitert werden, die im gewählten Anwendungsfall relevant sind. So ist denkbar, dass ein Busfahrer oder eine Busfahrerin während der automatisierten Fahrt Protokolle über Vorkommnisse während der Fahrt verfasst oder die Planung der Inhalte von sich im Bus befindenden Werbetafeln o. Ä. übernimmt.

12 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Gegenstand der Forschung im Projekt SYMtastik sind FFT für das automatisierte Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen bei SAE Level 3 und Level 4 und deren Systematisierung. Im Rahmen des Projekts wurde ein Katalog entwickelt, der das Feld möglicher FFT formal gliedert, die FFT hinsichtlich wesentlicher Merkmale beschreibt sowie eine Beurteilung der Eignung von FFT für das automatisierte Fahren schwerer Güterkraftfahrzeuge bei SAE Level 3 und Level 4 ermöglicht.

Der Fahrer oder die Fahrerin kann sich beim automatisierten Fahren mit SAE Level 3 oder Level 4 von der Fahraufgabe abwenden, wodurch zusätzlich zu den bereits heute durchgeführten FFT, wie Essen und Trinken, auch weitere FFT infrage kommen. Im Zentrum der Betrachtung stehen FFT, die vom Deutschen Verkehrssicherheitsrat (2018) als „Tätigkeiten, die nicht mit der Fahrzeugsteuerung durch den/die Fahrzeugführende/n zu tun haben, insbesondere nicht mit der Längs- und Querführung, der Fahrwegplanung, der Überwachung der Umgebung und der Reaktion darauf sowie dem Kommunizieren mit der Umwelt“ definiert werden.

Eine umfassende strukturierte Auflistung möglicher FFT sowie eine Struktur für eine Eignungseinschätzung für das automatisierte Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen, die unterschiedliche Stakeholderanforderungen berücksichtigt, stand vor der Durchführung des Projekts SYMtastik nicht zur Verfügung. Für die umfassende Sammlung an FFT wurden relevante Literaturquellen, Datenbanken, Normen und Richtlinien herangezogen sowie Forschungsberichte nach Begriffen wie Tätigkeiten, Berufskraftfahrer bzw. -fahrerinnen, FFT/NDRA/NDRT, Driver Distraction, sekundäre/tertiäre Tätigkeit, logistische Prozesse oder Transport ausgewertet. Zudem wurden Ausbildungsverordnungen analysiert und die Inhalte der BKRfQV berücksichtigt.

Für die Ermittlung von Kriterien der Eignungsbeurteilung wurde Primärliteratur hinsichtlich Charakterisierung von Arbeitstätigkeiten, Aufgabenstruktur, Arbeitsanalysen sowie Belastungs-Beanspruchungskonzept (ROHMERT 1983; ROHMERT 1984; beide zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 24) analysiert. Darüber hinaus wurde nach Literatur gesucht, die sich mit Aspekten der Fahrzeugübernahme nach Durchführung einer FFT auseinandersetzt und Schlüsselbegriffe wie Take-over Request, Driver Availability, Task Complexity, Working Memory und Fatigue beinhaltet.

Darauf aufbauend wurde eine erste Bewertungsstruktur der FFT entwickelt, die im Verlauf des Projekts kontinuierlich einer Prüfung hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit zur Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und Level 4 unterzogen wurde. Besonders relevant für die Eignungsbeurteilung ist die aktuelle Fahrer Verfügbarkeit, die in Anlehnung an das theoretische Modell von MARBERGER et al. (2017) durch Aufgabenmerkmale und Aufgabeneigenschaften operationalisiert wurden. Dafür wird im Katalog die Fahrer Verfügbarkeit in Aspekte der sensorischen, motorischen und kognitiven Verfügbarkeit unterteilt. Einen zentralen Stellenwert nimmt dabei die kognitive Verfügbarkeit ein, die wesentlich von den Aufgabeneigenschaften und der damit zusammenhängenden mentalen Beanspruchung bei der Durchführung einer FFT abhängt.

Weiterhin wurden im Projekt Interviews mit Fachkundigen geführt, um die spezifische Einschätzung der Fachkundigen zu FFT in automatisierten Fahrzeugen sowie die Anforderungen an Eignungskriterien zur Systematisierung dieser Tätigkeiten zu ermitteln. Im Rahmen

der Interviews konnte ein Abgleich mit den Anforderungen und Sichtweisen unterschiedlicher Stakeholder erfolgen und die Relevanz der in der Literaturanalyse identifizierten Kategorien und Kriterien für den Katalog untersucht werden.

Der erste entwickelte Eignungskatalog wurde kontinuierlich, auch mit Hilfe von Fachkundigenworkshops, optimiert. Dabei standen die Aspekte der Usability und der Verständlichkeit und Vollständigkeit im Fokus. Neben der Identifikation von Optimierungsaspekten wurde mit Hilfe der Workshops auch die Passung des entwickelten Tools für die Fragestellung evaluiert und Ideen der verschiedenen Stakeholder bzgl. möglicher Anwendungsfälle gesammelt.

Sowohl bei den Befragungen als auch bei den Workshops mit Fachkundigen konnten, neben den direkt für die Katalogentwicklung relevanten Inhalten, auch übergeordnete Erkenntnisse zur Entwicklung des automatisierten Fahrens, der Sinnstiftung FFT, den Ansprüchen an die Qualifikation und mögliche Anforderungen an die Fahrzeugentwicklung gesammelt werden.

Der entwickelte Katalog zur Eignungsbeurteilung von FFT bei SAE Level 3 und Level 4 entspricht dem Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001) und besteht aus einem Gliederungs-, einem Haupt- und einem Zugriffsteil sowie einem Anhang.

- Der Gliederungsteil kategorisiert die FFT, ermöglicht den Einstieg und gibt den Katalognutzenden einen ersten Überblick über den Zweck der FFT (wirtschaftlich, wirtschaftlich/privat und privat) und den Bereich (z. B. Leistungsabrechnung, Gesunderhaltung), in den die FFT fällt.
- Der Hauptteil enthält die Auflistung von 234 identifizierten FFT, wobei der Schwerpunkt auf wirtschaftlichen Tätigkeiten im Anwendungsfall schwere Güterkraftfahrzeuge liegt. Zur besseren Orientierung wurden die FFT 57 Hauptprozessen zugeordnet. Ebenso findet sich im Hauptteil eine kurze Beschreibung der FFT. Die Quellen der aufgelisteten FFT finden sich im Anhang des Katalogs.
- Der Zugriffsteil ist in vier Teile untergliedert und umfasst 24 Spalten für die Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und 4 und vier Spalten zur Einschätzung eines wirtschaftlichen Nutzenpotenzials von FFT.

Aufgrund der Vielfältigkeit der möglichen Abläufe einer FFT wurden sieben generische Aufgabenmerkmale eingeführt, die dem Beurteilungsteil vorangestellt sind. Die Aufgabenmerkmale enthalten Kriterien, die für das Verständnis der Abläufe der FFT als relevant identifiziert wurden. Dieses einheitliche Verständnis ist wichtig, um bei der Eignungsbeurteilung durch mehrere Fachkundige zu ähnlichen bzw. im Idealfall gleichen Beurteilungen zu kommen. Neben Aufgabenmerkmalen mit Medienbezug (aktiv/passiv, verwendetes Medium, Medium handgehalten, Systemintegration Medium und Lokalität der FFT) sind auch Angaben zur Interaktion mit Anderen und zur Bearbeitungszeit für die Bewertung im Katalog enthalten. Durch die Einführung der Aufgabenmerkmale wurde der Heterogenität bei der Ausübung von FFT Rechnung getragen, da FFT in verschiedenen Unternehmen mit unterschiedlichen Medien durchgeführt werden können und je nach Ausgestaltung unterschiedliche Bearbeitungszeiten haben können. Gemeinsam mit der Kurzbeschreibung aus dem Hauptteil dienen die Aufgabenmerkmale einer Spezifizierung der FFT und bilden die Grundlage für die Fachkundigenbewertung der Aufgabeneigenschaften der FFT im Zugriffsteil. Neben den Aufgabenmerkmalen finden sich im Zugriffsteil die 15 Kriterien der Aufgabeneigenschaften, deren Bewertung in die Beurteilung der Eignung einfließen. Sieben dieser Aufgabeneigenschaften sind durch den Katalognutzenden zu bewerten. Die graduierte Bewertung erfolgt in fünf Abstufungen analog zu Skalierungsvorschlägen des

sogenannte semantischen Differentials (1 = sehr gering, 2 = eher gering, 3 = mittel, 4 = eher hoch, 5 = sehr hoch) (OSGOOD et al. 1957). Den sieben als Schlüsselkriterien identifizierten Bewertungskriterien Aufgabenkomplexität, Beanspruchung Arbeitsgedächtnis, Qualifikationsanspruch, Monotonie, mentale Gesamtbeanspruchung/psychische Ermüdung sowie die sensorisch-visuelle und motorische Einschränkung wurde jeweils eine Codierung mit Ampelfarben hinterlegt. Hohe Ausprägungen der Bewertungskriterien wirken sich nachteilig auf die endgültige Eignungsbeurteilung aus. Voneinander abhängende Aufgabeneigenschaften sind im Katalog durch Rechenoperationen operationalisiert. Damit werden die abhängigen Aufgabeneigenschaften automatisch ermittelt und die zugehörigen Felder im Katalog ausgefüllt.

Die Ergebnisse der Bewertung fließen in die Eignungsbeurteilung SAE Level 3 (Driver Availability) und Eignungsbeurteilung SAE Level 4 (Driver Availability) ein. Dadurch lässt sich eine Aussage treffen, ob die FFT als geeignet, bedingt geeignet oder nicht geeignet für eine automatisierte Fahrt mit SAE Level 3 oder Level 4 gilt. Die Eignungsbeurteilung der FFT bei SAE Level 3 und Level 4 ergibt sich durch die Verknüpfung der Bewertungen der Aufgabeneigenschaften automatisch, entsprechend der hinterlegten Rechenoperationen. Die angenommenen Rechenoperationen und Skalierungen beruhen auf den Ergebnissen der Literaturanalysen und den Einschätzungen der Fachkundigen im Projekt. In einem nächsten Schritt sollte die Validierung der Beurteilungen mit Hilfe von Studien erfolgen. Mögliche Studiendesigns wurden bei der Beschreibung der Grundlagen der Bewertung FFT in Kapitel 6 beschrieben.

Durch weitere vier Kriterien zur Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials von FFT werden Rückschlüsse auf die realistischen Umsetzungspotenziale von FFT in schweren Güterverkehrsfahrzeugen möglich.

Für die Abschätzung einer Eignung wurden unterschiedliche Blickrichtungen und Anforderungen der Stakeholdergruppen einbezogen, da sich die Anforderungen an FFT unterscheiden. Die entstandene Vielzahl der im Katalog enthaltenen Kategorien und Kriterien und die hierfür hinterlegten Ausprägungen zeigen die Komplexität des Forschungsfeldes auf. Eine durchgehende standardisierte Bewertung aller Kriterien erscheint aufgrund der Menge an Einflussfaktoren nur begrenzt möglich, es lassen sich jedoch erste Tendenzen zur Eignung von FFT auf SAE Level 3 und Level 4 erkennen.

Insgesamt wurden 27 FFT exemplarisch bewertet, wobei für jede Ausprägung der Kategorien des Gliederungsteils, mindestens eine exemplarische Bewertung vorgenommen wurde. Zudem erfolgte die Eignungsbeurteilung ausgewählter FFT mithilfe eines Usability-Tests im Rahmen eines Workshops durch Fachkundige. Für den Anwender oder die Anwenderin des Katalogs wurden exemplarisch FFT bewertet und im Bericht dokumentiert (Kapitel 10). Anhand der FFT „Begleitpapiere und Dokumente erstellen“, „Film/Video anschauen“ und „Auf dem Tablet spielen“ wurde erläutert, wie die numerischen Einschätzungen in den Bewertungskriterien zustande kommen. Aus den weiteren im Rahmen der Fachkundigenworkshops gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass der entstandene Katalog über die anvisierten Anwendungsbereiche einer Systematisierung FFT hinaus ein breites Nutzungspotenzial aufweist. Die Komplexität des Forschungsgegenstands sowie die durch den Projektrahmen bedingte explorative Bewertung der exemplarischen FFT auf der Grundlage von wenigen Experten und Expertinnen führt zu Limitationen des Katalogs (vgl. Kapitel 11.1), die bei dessen Anwendung berücksichtigt werden müssen. Der erweiter- und ergänzbare Katalog kann mithilfe von Anpassungen auch für andere Einsatzfelder verwendet werden. Die Umsetzung mit dem Tabellenverarbeitungsprogramm Excel vereinfacht die Anpassungen, da keine speziellen Softwarekenntnisse seitens der Katalognutzenden

notwendig sind. Die Katalogstruktur und ggf. die implementierten Spaltenabhängigkeiten können übernommen und mit geringem Aufwand angepasst werden. Das Vorgehen ist in der technischen Hilfeanleitung ausführlich beschrieben.

Bei der Überlegung, wirtschaftliche FFT in die Fahrerkabine zu verlagern, muss bedacht werden, dass der Lkw zum aktuellen Zeitpunkt rechtlich keine Arbeitsstätte darstellt. Bei der Ausgestaltung der Fahrerkabine spielt die Arbeitsplatzgestaltung sowie der Aspekt der Ergonomie eine wichtige Rolle. Die für die Ausübung der FFT notwendigen Gegenstände müssen, genau wie der Fahrer oder die Fahrerin, gesichert sein, um keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit des Fahrers oder der Fahrerin zu haben. Das Projekt hat gezeigt, dass aus der heutigen Perspektive daher eher selten ein wirtschaftliches Nutzenpotenzial mit FFT in Verbindung gebracht wird.

Das Potenzial, wirtschaftliche Tätigkeiten in die Fahrerkabine zu verlagern, wird insbesondere für das automatisierte Fahren mit SAE Level 3 kaum gesehen. Eine Ausnahme bilden hier FFT, die der Fahrer oder die Fahrerin bereits heute vor oder nach der Fahrt durchführen. Dazu zählen bspw. Schulungen und Fortbildungen zum Thema Sicherheit. Durch die zeitliche Verlagerung der FFT kann die Arbeitszeit von Lkw-Fahrern oder Lkw-Fahrerinnen reduziert und diese dadurch entlastet werden. Sollten beispielsweise automatisierte Fahrphasen als Ruhezeiten anerkannt werden, so können die zeitlichen Einschränkungen durch die Lenkzeitbeschränkungen wegfallen bzw. verringert werden, was sich positiv auf den wirtschaftlichen Nutzen auswirken könnte.

Insgesamt werden private FFT tendenziell als geeigneter für die Verlagerung in die Fahrerkabine eingeschätzt als wirtschaftliche FFT. Die Forschungsarbeiten haben eine hohe Diskrepanz zwischen dem theoretisch denkbaren Potenzial (siehe Katalog) und einem realen Anwendungspotenzial (siehe Ergebnis der Befragungen und Workshops) offengelegt.

Bei der Beurteilung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials muss zudem berücksichtigt werden, dass die Digitalisierung in der Logistikbranche stetig zunimmt und vor allem wenig komplexe FFT automatisiert werden. Allerdings sind genau diese wenig komplexen FFT vermutlich die FFT, die sich aufgrund der häufig genannten Aspekte der unzureichenden Qualifikation oder der mangelnden Bereitschaft der Fahrer und Fahrerinnen für die Verlagerung der FFT in die Fahrerkabine eignen.

Der Problematik der fehlenden Qualifikation kann durch ein Neudenken des Berufs der Lkw-Fahrer oder Lkw-Fahrerin begegnet werden. Dabei sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass nicht nur die Fahrer und Fahrerinnen für die Übernahme wirtschaftlicher FFT weiterqualifiziert, sondern dass umgekehrt auch anderes Personal zu Fahrer oder Fahrerinnen weiterqualifiziert werden kann. So ist neben der adressierten Weiterqualifizierungen der Fahrer und Fahrerinnen vor allem bei SAE Level 3, auch die Weiterqualifizierung anderer Personengruppen für SAE Level 4 zu prüfen. Mögliche Anpassungen des Qualifikationsrahmens von Berufskraftfahrern und Berufskraftfahrerinnen sollten kritisch geprüft werden, da in der Branche bereits heute ein Fahrermangel besteht. In Anbetracht des Fahrermangels kommt dem Aspekt der Mitarbeiterzufriedenheit eine wichtige Rolle zu. Die Ausübung von FFT allgemein kann wichtig und sinnstiftend für den Fahrer oder die Fahrerin sein und könnte die Mitarbeiterzufriedenheit und das Image des Unternehmens erhöhen sowie das Berufsbild der Lkw-Fahrer und Lkw-Fahrerinnen attraktiv halten.

Der entwickelte Katalog wurde möglichst generisch gehalten, wobei zeitgleich darauf geachtet wurde, dass im Hauptteil eine Differenzierung der FFT derart sichergestellt ist, dass eine Bewertung im Zugriffsteil möglich wird. Die Eignungsbeurteilungen von FFT im entwickelten Katalog (siehe Kapitel 9.5.3) beziehen sich zunächst auf die Identifizierung

von FFT, die sich positiv auf die Fahrer Verfügbarkeit auswirken. Zusätzlich zu den für die standardisierte Eignungsbeurteilung zu berücksichtigenden Kriterien wurden Kategorien zur Bewertung des wirtschaftlichen Nutzenpotenzials aufgenommen, um die Identifizierung möglicher Use Cases zu unterstützen. Nach der Befüllung durch die Katalognutzenden bietet der Katalog die Möglichkeit, eine gesamthafte Beurteilung von FFT aus der Perspektive der Nutzenden vorzunehmen. Die excelbasierte Version ist einer ausgedruckten Version vorzuziehen, da die dort hinterlegten Hilfestellungen auch in den Usability-Tests für die Nutzung des Eignungskatalogs als wichtig erachtet wurden. Zudem enthält die excelbasierte Version zahlreiche Filtermöglichkeiten, die eine Einschränkung des Katalogs auf ausgewählte Aspekte, z. B. das wirtschaftliche Nutzenpotenzial von FFT für LDL, erlauben und so die Anwendbarkeit des Katalogs erhöhen. Die Rückmeldungen aus der Praxis lassen den Schluss zu, dass der entwickelte Eignungskatalog ein geeignetes, strukturiertes und praktikables Instrument darstellt, um einen systematischen Überblick über potenzielle FFT zu gewinnen. Die Dropdown-Menüs helfen bei der Anwendung des Katalogs und die Filterfunktionen bei einer für den Katalognutzenden übersichtlichen Darstellung der Kataloginhalte. Das Glossar sowie das Read_Me unterstützen die Nutzung des Katalogs durch eine ausführliche Beschreibung und Erläuterung der Inhalte des Katalogs. Das gewählte Format ermöglicht zugleich die Übertragbarkeit auf weitere Einsatzfelder und kann dazu bei Bedarf ergänzt und weiterentwickelt werden. Als mögliche Einsatzfelder für den Katalog wurde die Ableitung von Informationen über die bedarfsgerechte Ausgestaltung der Fahrerkabine sowie die Nutzung des Katalogs als Nachschlagewerk oder Inspirationsquelle für mögliche FFT identifiziert.

Weitere Forschungsarbeiten ergeben sich vor allem hinsichtlich belastbarer Bewertungen. Neben weiteren Workshops mit Fachkundigen bedarf es vor allem (Real)Labor- oder Simulatorstudien, um die Aussage hinsichtlich der Eignungsbeurteilung zu untermauern. Die Erprobung von FFT in Reallaboren könnte einen Perspektivwechsel der Stakeholder ermöglichen und die Einschätzung hinsichtlich des Nutzens eines automatisierten schweren Güterkraftfahrzeugs für wirtschaftliche Tätigkeiten erweitern. So könnten vollkommen neue Berufe entstehen, (rollende) Flächen produktiver genutzt werden oder neue Fahrzeugstudien entstehen, die beispielsweise die kombinierte Nutzung von Fahrzeugen für den Gütertransport und die Personenbeförderung zusammen denken.

Literatur

- AMTHAUER, R., BROCKE, B., LIEPMANN, D. & BEAUDUCCEL, A. (1999): Intelligenz-Struktur-Test 2000 R: IST 2000 R, Göttingen.
- BADDELEY, A. (2000): The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences* 4 (11), 417–423.
- BASt (2021): Selbstfahrende Autos – assistiert, automatisiert oder autonom? <https://www.bast.de/DE/Presse/Mitteilungen/2021/06-2021.html>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- BAZILINSKY, P., PETERMEIJER, S. M., PETROVYCH, V., DODOU, D. & DE WINTER, J. (2018): Take-over requests in highly automated driving: A crowdsourcing survey on auditory, vibrotactile, and visual displays. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 56, 82–98.
- BECKER, J. (2005): *Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung*. Springer, Berlin.
- BEGGIATO, M., HARTWICH, F., SCHLEINIZ, K., KREMS, J., OTHERSEN, I. & PETERMANN-STOCK, I. (2015): What would drivers like to know during automated driving? Information needs at different levels of automation. Unpublished.
- BERGASA, L. M., NUEVO, J., SOTELO, M. A., BAREA, R. & LOPEZ, M. E. (2006): Real-Time System for Monitoring Driver Vigilance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 7 (1), 63–77.
- Bibliographisches Institut GmbH (2021): Eigenschaft. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Eigenschaft>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Bibliographisches Institut GmbH (2022a): Medium. https://www.duden.de/rechtschreibung/Medium_Vermittler_Traeger. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Bibliographisches Institut GmbH (2022b): Tätigkeit. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Taetigkeit>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Bibliographisches Institut GmbH (2022c): Zweck. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Zweck>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- BIER, L., WOLF, P., HILSENBEK, H. & ABENDROTH, B. (2020): How to measure monotony-related fatigue? A systematic review of fatigue measurement methods for use on driving tests. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 21 (1), 22–55.
- BKrfQV (2020): Berufskraftfahrerqualifikationsverordnung vom 9. Dezember 2020: BKrfQV. http://www.gesetze-im-internet.de/bkrfqv_2020/BKrfQV.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- BLÄSING, D. & BORNEWASSER, M. (2021): Influence of Increasing Task Complexity and Use of Informational Assistance Systems on Mental Workload. *Brain Sciences* 11 (1).
- BMVI (2021): Deutschland wird international die Nummer 1 beim autonomen Fahren. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- BOGNER, A., LITTIG, B. & MENZ, W. (2002): *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

BONNER, S. E. (1994): A model of the effects of audit task complexity. *Accounting, Organizations and Society* 19 (3), 213–234.

BRD (1996a): § 2 Versicherung kraft Gesetzes SGB 7: Siebtes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_7/__2.html. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BRD (1996b): § 3 Versicherung kraft Satzung SGB 7: Siebtes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_7/__3.html. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BRD (1996c): § 6 Freiwillige Versicherung SGB 7: Siebtes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_7/__6.html. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BRD (1996d): § 8 Arbeitsunfall SGB 7: Siebtes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Unfallversicherung. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_7/__8.html. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BRD (2017): § 1a Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion: Straßenverkehrsgesetz. https://www.gesetze-im-internet.de/stvg/__1a.html. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BREDEREKE, J. & LANKENAU, A. (2002): A Rigorous View of Mode Confusion. In: Anderson, S., Felici, M. & Bologna, S. (eds.) *Computer Safety, Reliability and Security*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 19–31.

BROOKE, J. (1995): SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.* 189.

BRUMBY, D. P., COX, A. L., BACK, J. & GOULD, S. J. J. (2013): Recovering from an interruption: investigating speed-accuracy trade-offs in task resumption behavior. *Journal of experimental psychology. Applied* 19 (2), 95–107.

BUBB, H., BENGLER, K., GRÜNEN, R. E. & VOLLRATH, M. (2015): *Automobilergonomie*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

Bundesministerium für Bildung und Forschung & Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2021): DQR: Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen: Glossar. <https://www.dqr.de/content/2325.php>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

BURKE, J. L., PREWETT, M. S. & GRAY, A. A. et al. (2006): Comparing the effects of visual-auditory and visual-tactile feedback on user performance. In: Quek, F., Yang, J., Massaro, D., Alwan, A. & Hazen, T. J. (eds.) *Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces - ICMI '06*. ACM Press, New York, New York, USA, 108–117.

BYSTRÖM, K. & JÄRVELIN, K. (1995): Task complexity affects information seeking and use. *Information Processing & Management* 1994 (31), 191–213.

CACILO, A., SCHMIDT, S. & WITTLINGER, P. (2015): Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen - industriepolitische Schlussfolgerungen: Dienstleistungsprojekt 15/14 Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D1. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

CAMPBELL, D. J. (1988): Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review* 13 (1), 40–52.

- CARSTEN, O. & MARTENS, M. H. (2019): How can humans understand their automated cars? HMI principles, problems and solutions. *Cognition, Technology & Work* 21 (1), 3–20.
- CLARK, H. & FENG, J. (2017): Age differences in the takeover of vehicle control and engagement in non-driving-related activities in simulated driving with conditional automation. *Accident analysis and prevention* 106, 468–479.
- CLARK, H., MCLAUGHLIN, A. C., WILLIAMS, B. & FENG, J. (2017): Performance in Takeover and Characteristics of Non-driving Related Tasks during Highly Automated Driving in Younger and Older Drivers. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 61 (1), 37–41.
- COWAN, N. (2010): The Magical Mystery Four: How is Working Memory Capacity Limited, and Why? *Current directions in psychological science* 19 (1), 51–57.
- CUMMINGS, M. L., GAO, F. & THORNBURG, K. M. (2016): Boredom in the Workplace: A New Look at an Old Problem. *Human factors* 58 (2), 279–300.
- DAMBÖCK, D. (2013): *Automationseffekte im Fahrzeug von der Reaktion zur Übernahme*, München.
- DAMBÖCK, D., FARID, M., TÖNERT, L. & BENGLER, K. (2012): *Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Fahren*. Tagung Fahrerassistenz. München.
- DE WAARD, D. (1996): *The measurement of drivers' mental workload*.
- DETJEN, H., PFLEGING, B. & SCHNEEGASS, S. (2020): A Wizard of Oz Field Study to Understand Non-Driving-Related Activities, Trust, and Acceptance of Automated Vehicles. In: *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. ACM, New York, NY, USA, S. 19–29.
- Deutscher Bundestag (2016): Drucksache 18/8951: Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf Entwurf eines Gesetzes zur Änderung der Artikel 8 und 39 des Übereinkommens vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr. <https://dserver.bundestag.de/btd/18/089/1808951.pdf>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Deutscher Bundestag (2018): *Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen*. <https://www.bundestag.de/resource/blob/562790/c12af1873384bcd1f8604334f97ee4b9/wd-7-111-18-pdf-data.pdf>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Deutscher Bundestag (2021): Drucksache 19/28800: Bericht über die Ergebnisse der Evaluation der Regelungen zum automatisierten Fahren. Unterrichtung der Bundesregierung. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/288/1928800.pdf>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Deutscher Bundestag (2022): *Deutscher Bundestag - Transport- und Logistikbranche sieht sich in der Existenz bedroht*. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw20-pa-verkehr-berufskraftfahrer-892464>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2018): *Lexikon Automatisiertes Fahren*. https://www.dvr.de/fileadmin/downloads/broschueren-flyer/lexikon-automatisiertes-fahren_lang.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- DIELS, C. & BOS, J. E. (2016): Self-driving carsickness. *Applied ergonomics* 53 Pt B, 374–382.
- DLR (2020): *Forschung zum vollautomatisierten Fahren am Institut für Verkehrssystemtechnik*.

- DONGES, E. (2009): Fahrerverhaltensmodelle. In: Winner, H., Hakuli, S. & Wolf, G. (eds.) Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, S. 15–23.
- Driver Focus-Telematics Working Group (2006): Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems.
- EKMAN, F., JOHANSSON, M. & SOCHOR, J. (2017): Creating Appropriate Trust in Automated Vehicle Systems: A Framework for HMI Design. IEEE Transactions on Human-Machine Systems 48 (1), 95–101.
- ENDSLEY, M. R. (1995): Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 37 (1), 32–64.
- ENDSLEY, M. R. & GARLAND, D. J. (2000): Direct Measurement of Situation Awareness: Validity and Use of SAGAT: Situation Awareness: Analysis and Measurement 2000.
- ENGESER, S. & RHEINBERG, F. (2008): Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. Motivation and Emotion 32 (3), 158–172.
- ERIKSSON, A. & STANTON, N. A. (2017): Takeover Time in Highly Automated Vehicles: Noncritical Transitions to and From Manual Control. Human factors 59 (4), 689–705.
- FAHRENBERG, J. (2021): Kategorie im Dorsch Lexikon der Psychologie. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/kategorie>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- FELDHUSEN, J. & GROTE, K.-H. (2013): Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- FELDHÜTTER, A., HECHT, T. & BENGLER, K. (2018a): Fahrerspezifische Aspekte beim hochautomatisierten Fahren: Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE 82.0628/2015. https://www.researchgate.net/publication/324747541_FE_820628_Schlussbericht_Fahrerspezifische_Aspekte_beim_hochautomatisierten_Fahren. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- FELDHÜTTER, A., KROLL, D. & BENGLER, K. (2018b): Wake Up and Take Over! The Effect of Fatigue on the Take-over Performance in Conditionally Automated Driving. In: 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), S. 2080–2085.
- FITZEN, F., SEEBACH, N., AMERELLER, M. & PAETZOLD, K. (2018): Nutzerorientierte Charakterisierung fahrfremder Tätigkeiten in automatisierten Fahrzeugen. In: Design for X - Beiträge zum 29. DfX-Symposium September 2018.
- FLÄMIG, H. (1993): Analyse und Optimierung der Auftrags- und Versandabwicklung mit Hilfe der Prozeßanalyse am Beispiel eines Unternehmens der Baustoffindustrie. Studienarbeit.
- FLÄMIG, H. (2015): Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes. In: Autonomes Fahren technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Springer Vieweg, Berlin [u. a.], S. 377–398.
- FLÄMIG, H., LUNKEIT, S. & MÜLLER, S. et al. (2020): ATLaS - Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik - Chancen für mehr Wertschöpfung Projektbericht des Verbundvorhabens.
- FOROUGH, C. K., WERNER, N. E., MCKENDRICK, R., CADES, D. M. & BOEHM-DAVIS, D. A. (2016): Individual differences in working-memory capacity and task resumption follo-

wing interruptions. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition* 42 (9), 1480–1488.

FOX, S. & HOFFMAN, M. (2002): Escalation Behavior as a Specific Case of Goal-Directed Activity: A Persistence Paradigm. *Basic and Applied Social Psychology* 24 (4), 273–285.

FRANÇOIS, M., OSIURAK, F., FORT, A., CRAVE, P. & NAVARRO, J. (2017): Automotive HMI design and participatory user involvement: review and perspectives. *Ergonomics* 60 (4), 541–552.

FRANZ, K.-P. (1990): Die Prozeßkostenrechnung. In: Ahlert, D., Franz, K.-P. & Göppl, H. (eds.) *Finanz- und Rechnungswesen als Führungsinstrument: Herbert Vormbaum zum 65. Geburtstag*. Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 109–136.

Fraunhofer IAO & Horváth & Partners (2016): „The Value of Time – Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren“, Stuttgart.

FREY, A. (2021): Zum Fahrerzustand beim automatisierten Fahren: Objektive Messung von Müdigkeit und ihre Einflussfaktoren. Dissertation, Braunschweig.

FRIELING, E. & SONNTAG, K. (1999): *Lehrbuch Arbeitspsychologie*. Huber, Bern.

FRÖHLICH, P., SACKL, A., TRÖSTERER, S., MESCHTSCHERJAKOV, A., DIAMOND, L. & TSCHELIGI, M. (2018): Acceptance Factors for Future Workplaces in Highly Automated Trucks. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. ACM, New York, NY, USA, S. 129–136.

FULLER, R. (2005): Towards a general theory of driver behaviour. *Accident analysis and prevention* 37 (3), 461–472.

GASSER, T. M. (2012): Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe: Bericht zum Forschungsprojekt F 1100.5409013.01 83. Wirtschaftsverl. NW Verl. für neue Wiss, Bremerhaven. <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/587/>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

GASSER, T. M., SCHMIDT, E. A., BENGLER, K., CHIELLINO, U. & ZEEB, E. (2015): Bericht zum Forschungsbedarf. Runder Tisch Automatisiertes Fahren - AG Forschung. https://www.researchgate.net/publication/281029885_Bericht_zum_Forschungsbedarf_Runder_Tisch_Automatisiertes_Fahren_-_AG_Forschung. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

GOLD, C. G., BERISHA, I. & BENGLER, K. (2015): Utilization of Drivetime – Performing Non-Driving Related Tasks While Driving Highly Automated. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59 (1), 1666–1670.

GOLD, C. G., KÖRBER, M., LECHNER, D. & BENGLER, K. (2016): Taking Over Control From Highly Automated Vehicles in Complex Traffic Situations: The Role of Traffic Density. *Human factors* 58 (4), 642–652.

GÖRLICH, Y. & SCHULER, H. (2007): Arbeitsprobe zur berufsbezogenen Intelligenz – Technische und handwerkliche Tätigkeiten: AZUBI-TH. Hogrefe, Göttingen. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=pdx&AN=PT9005777&lang=de&site=ehost-live>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Groß- und Außenhandelsmanagement (2020): Verordnung über die Berufsausbildung zum Kaufmann für Groß- und Außenhandelsmanagement und zur Kauffrau für Groß- und Außenhandelsmanagement (Groß- und Außenhandelsmanagement-Kaufleute-Ausbildungsverordnung – GuAMKfIAusbV): GuAMKfIAusbV, S. 715–729.

- HAARMANN, A. (2007): Der Einsatz psychophysiologischer Variablen bei der adaptiven Automatisierung am Beispiel einer Flugsimulationsaufgabe. Dissertation.
- HANCOCK, P. A. & GANEY, H. C. N. (2003): From the Inverted-U to the Extended-U: The Evolution of a Law of Psychology. *Journal of Human Performance in Extreme Environments* 7 (1).
- HART, S. G. & STAVELAND, L. E. (1988): Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: *Human Mental Workload*. Elsevier, S. 139–183.
- HECHT, T., DARLAGIANNIS, E. & BENGLER, K. (2020): Non-driving Related Activities in Automated Driving – An Online Survey Investigating User Needs. In: Ahram & Di Cecco (eds.) *Human Systems Engineering and Design II*, 1st ed. Springer International Publishing, S. 182–188.
- HEINEVETTER, G. W. (1999): Bereitstellung von Erfahrungswissen für die Entwicklung umweltgerechter Erzeugnisse. Dresden, Techn. Univ., Diss., 1999.
- HEINRICH, L. J., HEINZL, A. & ROITHMAYR, F. (2004): *Wirtschaftsinformatik-Lexikon*. OLDENBOURG WISSENSCHAFTSVERLAG.
- HELTON, W. S. & RUSSELL, P. N. (2012): Brief mental breaks and content-free cues may not keep you focused. *Experimental brain research* 219 (1), 37–46.
- HERGETH, S., LORENZ, L., VILIMEK, R. & KREMS, J. F. (2016): Keep Your Scanners Peeled: Gaze Behavior as a Measure of Automation Trust During Highly Automated Driving. *Human factors* 58 (3), 509–519.
- HOFF, K. A. & BASHIR, M. (2015): Trust in automation: integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human factors* 57 (3), 407–434.
- HOHM, A., KLEJNOWSKI, L. & SKIBINSKI, S. et al. (2019): Ko-HAF – Kooperatives Hochautomatisiertes Fahren: Schlussbericht.
- HOOVER, A., SINGH, A., FISHEL-BROWN, S. & MUTH, E. (2012): Real-time detection of workload changes using heart rate variability. *Biomedical Signal Processing and Control* 7 (4), 333–341.
- HUEMER, A. K. & VOLLRATH, M. (2012): Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten - Machbarkeitsstudie: Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.376/2009 225. Wirtschaftsverl. NW Verl. für neue Wiss, Bremerhaven. <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/382/pdf/M225b.pdf>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- Industriekaufmann/frau (2002): Verordnung über die Berufsausbildung zum Industriekaufmann/zur Industriekauffrau, S. 2764–2774.
- ISO (2020a): ISO/TR 21959-1:2020 - Road vehicles - Human performance and state in the context of automated driving - Part 1: Common Underlying Concepts. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO (2020b): ISO/TR 21959-2:2020 - Road vehicles - Human performance and state in the context of automated driving - Part 2: Considerations in designing experiments to investigate transition processes. ISO, Geneva, Switzerland.
- JAROSCH, O., KUHN, M., PARADIES, S. & BENGLER, K. (2017): It's Out of Our Hands Now! Effects of Non-Driving Related Tasks During Highly Automated Driving on Drivers' Fatigue. In: *Proceedings of the 9th International Driving Symposium on Human Factors in*

Driver Assessment, Training, and Vehicle Design: driving assessment 2017. University of Iowa, Iowa City, Iowa, S. 319–325.

JAROSCH, O., NAUJOKS, F., WANDTNER, B., GOLD, C. G. & SCHRAUF, M. (2019): The Impact of Non-Driving Related Tasks on Take-over Performance in Conditionally Automated Driving – A Review of the Empirical Evidence. In: Conference: 9. Tagung Automatisiertes Fahren.

JUNG, B. (2006): Prozessmanagement in der Praxis: Vorgehensweisen, Methoden, Erfahrungen.

KABER, D. B. & ENDSLEY, M. R. (1997): Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Safety Progress* 16 (3), 126–131.

KAISER, R. (2014): Qualitative Experteninterviews: Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. Springer VS, Wiesbaden.

KAMALIANA, K., DEROS, B., SCHRAMM, D., HESSE, B., NUAWI, M. & ISMAIL, F. (2016): Subjective and indirect methods to observe driver's drowsiness and alertness: An overview. *Journal of Engineering Science and Technology* 11, 28–39.

KAUFFELD, S., HANDKE, L. & STRAUBE, J. (2016): Verteilt und doch verbunden: Virtuelle Teamarbeit. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO) 47 (1), 43–51.

KIM, J., KIM, W., KIM, H.-S., LEE, S.-J., KWON, O.-C. & YOON, D. (2022): A novel study on subjective driver readiness in terms of non-driving related tasks and take-over performance. *ICT Express* 8 (1), 91–96.

KINNEAR, N. & STEVENS, A. (2017): Driver distraction. <https://bast.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/start/49/rows/25/sortfield/score/sortorder/desc/searchtype/simple/query/Motivation+Fahrer/docId/1798>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

KLAUER, S. G., DINGUS, T. A., NEALE T. V., SUDWEEKS, J. D. & RAMSEY, D. J. (2006): The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data 594. https://www.researchgate.net/publication/242182089_The_Impact_of_Driver_Inattention_on_Near-CrashCrash_Risk_An_Analysis_Using_the_100-Car_Naturalistic_Driving_Study_Data. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

KOLREP, H., RÖSE, K., GRUHLKE, F. & JÜRGENSOHN, T. (2003): Mobile Anwendungen im Kraftfahrzeug – Mensch-Maschine-Interaktion und Akzeptanz. In: GI Jahrestagung.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2008): EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 26. Mai 2008 über sichere und effiziente bordeigene Informations- und Kommunikationssysteme: Neufassung des Europäischen Grundsatzkatalogs zur Mensch-Maschine-Schnittstelle: 2008/653/EG. <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/f38d533a-33ff-4a96-b5dc-3ee4a591cba6/language-de>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

KÖRBER, M. & BENGLER, K. (2014): Potenzial Individual Differences Regarding Automation Effects in Automated Driving. In: González, C. S. G., Ordóñez, C. C. & Fardoun, H. (eds.) *Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction - Interacción*, 14. ACM Press, New York, USA, S. 1–7.

KÖRBER, M., GOLD, C. G., LECHNER, D. & BENGLER, K. (2016): The influence of age on the take-over of vehicle control in highly automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 39, 19–32.

- KÖRBER, M., SCHNEIDER, W. & ZIMMERMANN, M. (2015): Vigilance, boredom prone-ness and detection time of a malfunction in partially automated driving. In: 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). IEEE, S. 70–76.
- KRAMER, A. F., CASSAVAUGH, N., HORREY, W. J., BECIC, E. & MAYHUGH, J. L. (2007): Influence of age and proximity warning devices on collision avoidance in simulated driving. *Human factors* 49 (5), 935–949.
- KREYENBERG, D. (2016): *Fahrzeugantriebe für die Elektromobilität*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- LAU, C., HARBLUK, J., BURNS, P. & EL-HAGE, Y. (2018): *The Influence of Interface Design on Driver Behavior in Automated Driving*. CARSP: The Canadian Association of Road Safety Professionals. Victoria, BC.
- LEE, J. D. (2014): Dynamics of Driver Distraction: The process of engaging and disengaging. *Annals of Advances in Automotive Medicine* 58, 24–32.
- LEE, J. D. & SEE, K. A. (2004): Trust in automation: designing for appropriate reliance. *Human factors* 46 (1), 50–80.
- LEITNER, K. & OESTERREICH, R. (1993): *Analyse psychischer Anforderungen und Belastungen in der Büroarbeit: Das Verfahren RHIA/VERA-Büro-Verfahren*. Hogrefe Verl. für Psychologie, Göttingen.
- LI, S. Y. W., BLANDFORD, A., CAIRNS, P. & YOUNG, R. M. (2008): The effect of interruptions on postcompletion and other procedural errors: an account based on the activation-based goal memory model. *Journal of experimental psychology. Applied* 14 (4), 314–328.
- LIU, P. & LI, Z. (2012): Task complexity: A review and conceptualization framework. *International Journal of Industrial Ergonomics* 42 (6), 553–568.
- LU, Z., COSTER, X. & DE WINTER, J. (2017): How much time do drivers need to obtain situation awareness? A laboratory-based study of automated driving. *Applied ergonomics* 60, 293–304.
- LÜER, G. (2021): Merkmal im Dorsch Lexikon der Psychologie. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/merkmal#search=93c2cfbe191bd998d0dbb7501017fdb7&offset=0>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- MARBERGER, C., MIELENZ, H., NAUJOKS, F., RADLMAYR, J., BENGLER, K. & WANDTNER, B. (2017): Understanding and Applying the Concept of “Driver Availability” in Automated Driving. In: Stanton, N. A. (ed.) *Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Transportation*. Springer International Publishing, S. 595–605.
- MAY, J. F. & BALDWIN, C. L. (2009): Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 12 (3), 218–224.
- MENOLD, N. & BOGNER, K. (2015): *Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen*. SDM-Survey Guidelines (GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences).
- MERAT, N., JAMSON, A. H., LAI, F. C. H. & CARSTEN, O. (2012): Highly automated driving, secondary task performance, and driver state. *Human factors* 54 (5), 762–771.
- METZ, A.-M. & ROTHE, H.-J. (2017): *Screening psychischer Arbeitsbelastung: Ein Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

- MICHEL, B. (2020): Die Auswirkung von Nebentätigkeiten und Displayposition auf Motion Sickness. https://tangoversuch1.files.wordpress.com/2020/10/02_tango_motion-sickness.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- MICHON, J. A. (1985): A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do? In: Evans, L. & Schwing, R. C. (eds.) Human Behavior and Traffic Safety. Springer US, Boston, MA, S. 485–524.
- MIGLANI, A., DIELS, C. & TERKEN, J. (2016): Compatibility between Trust and Non-Driving Related Tasks in UI Design for Highly and Fully Automated Driving. In: Pfleging, B., Kun, A. L. & Liang, Y. et al. (eds.) AutomotiveUI'16: Adjunct Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. ACM, New York, USA, S. 75–80.
- MIKULA, G. (2021): Kriterium im Dorsch Lexikon der Psychologie. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/kriterium#search=5d98e6d2050b600cc2f286f2a3c29447&offset=0>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- MILLER, D., JOHNS, M. & IVE, H. P. et al. (2016): Exploring Transitional Automation with New and Old Drivers. In: SAE Technical Paper Series.
- MILLER, D., SUN, A. & JOHNS, M. et al. (2015): Distraction Becomes Engagement in Automated Driving. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 59 (1), 1676–1680.
- MOLNAR, L. J., RYAN, L. H., PRADHAN, A. K., EBY, D. W., ST. LOUIS, R. M. & ZAKRAJSEK, J. S. (2018): Understanding trust and acceptance of automated vehicles: An exploratory simulator study of transfer of control between automated and manual driving. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 58, 319–328.
- MORRA, L., LAMBERTI, F., PRATTICO, F. G., LA ROSA, S. & MONTUSCHI, P. (2019): Building Trust in Autonomous Vehicles: Role of Virtual Reality Driving Simulators in HMI Design. IEEE Transactions on Vehicular Technology 68 (10), 9438–9450.
- MÜLLER, A. L. (2020): Auswirkungen von naturalistischen fahrfremden Tätigkeiten während hochautomatisierter Fahrt. Dissertation. Universitäts- und Landesbibliothek Darmstadt, Darmstadt.
- NAKAMURA, J. & CSIKSZENTMIHALYI, M. (2014): The Concept of Flow. In: Csikszentmihalyi, M. (ed.) Flow and the Foundations of Positive Psychology. Springer Netherlands, Dordrecht, S. 239–263.
- NAUJOKS, F., BEFELEIN, D. & NEUKUM, A. (2016a): A review of non-driving-related tasks used in studies on automated driving. In:
- NAUJOKS, F., BEFELEIN, D. & NEUKUM, A. (2016b): Welche Aspekte fahrfremder Tätigkeiten schränken die Übernahmefähigkeit beim hochautomatisierten Fahren ein? In: 32. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren: Wolfsburg, 08. und 09. November 2016, Nichtredigierter Manuskriptdruck. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 245–262.
- NAUJOKS, F., FORSTER, Y., WIEDEMANN, K. & NEUKUM, A. (2016c): Speech improves human-automation cooperation in automated driving. Gesellschaft für Informatik e. V.
- NAUJOKS, F., MAI, C. & NEUKUM, A. (2014): The effect of urgency of take-over requests during highly automated driving under distraction conditions. Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, 2099–2106.

- NAUJOKS, F., WIEDEMANN, K. & SCHÖMIG, N. (2017): The Importance of Interruption Management for Usefulness and Acceptance of Automated Driving. In: Politis, I. (ed.) Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. ACM, New York, NY, S. 254–263.
- NEUBAUER, C., MATTHEWS, G. & SAXBY, D. (2012): The Effects of Cell Phone Use and Automation on Driver Performance and Subjective State in Simulated Driving. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 56 (1), 1987–1991.
- NIELSEN, J. (2012): Usability 101: Introduction to Usability. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- OESTERREICH, R., LEITNER, K. & RESCH, M. (2000): Analyse psychischer Anforderungen und Belastungen in der Produktionsarbeit: Das Verfahren RHIA/VERA-Produktion. Hogrefe, Göttingen.
- OLIVEIRA, L., LUTON, J. & IYER, S. et al. (2018): Evaluating How Interfaces Influence the User Interaction with Fully Autonomous Vehicles. In: Proceedings of the 10th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '18), S. 320–331.
- OSGOOD, C. E., SUCI, G. J. & TANNENBAUM, P. H. (1957): The measurement of meaning. University of Illinois Press, Urbana-Champaign.
- OTHERSEN, I. (2016): Vom Fahrer zum Denker und Teilzeitlenker. Dissertation 90, Braunschweig.
- OTHERSEN, I., PETERMANN-STOCK, I., SCHÖMIG, N. & FUEST, T. (2018): Method development and interaction cognitive driver take-over ability after piloted driving. ATZ-elektronik worldwide 13 (2), 28–33.
- PAGENKOPF, A., ENGELN, A. & OTHERSEN, I. (2018): Tätigkeiten während automatisierter Lkw-Fahrphasen – Produktivität und Akzeptanz. In: VDI Wissensforum GmbH (ed.) 34. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenzsysteme und Automatisiertes Fahren 2018: Wolfsburg, 07. und 08. November 2018. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 361–370.
- PARASURAMAN, R. & RILEY, V. (1997): Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 39 (2), 230–253.
- PETERMANN-STOCK, I., HACKENBERG, L., MUHR, T. & MERGL, C. (2013): Wie lange braucht der Fahrer? Eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt. 6. Tagung Fahrerassistenzsysteme. 6. Tagung Fahrerassistenzsysteme, München.
- PETERMEIJER, S. M., BAZILINSKY, P., BENGLER, K. & DE WINTER, J. (2017a): Take-over again: Investigating multimodal and directional TORs to get the driver back into the loop. Applied ergonomics 62, 204–215.
- PETERMEIJER, S. M., DE WINTER, J. & BENGLER, K. (2016): Vibrotactile Displays: A Survey With a View on Highly Automated Driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 17 (4), 897–907.
- PETERMEIJER, S. M., DOUBEK, F. & DE WINTER, J. (2017b): Driver response times to auditory, visual, and tactile take-over requests: A simulator study with 101 participants. In: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE, S. 1505–1510.

PFLEGING, B. (2015): (Non-)Driving-Related Activities in the Car Defining Driver Activities for Manual and Automated Driving.

PFLEGING, B., RANG, M. & BROY, N. (2016): Investigating user needs for non-driving-related activities during automated driving. In: Häkikilä, J. & Ojala, T. (eds.) Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. ACM, New York, NY, USA, S. 91–99.

PHILIP, P., TAILLARD, J. & MOORE, N. et al. (2006): The effects of coffee and napping on nighttime highway driving: a randomized trial. *Annals of internal medicine* 144 (11), 785–791.

POLITIS, I., BREWSTER, S. A. & POLLICK, F. (2014): Evaluating multimodal driver displays under varying situational urgency. In: Jones, M., Palanque, P., Schmidt, A. & Grossman, T. (eds.) Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, USA, S. 4067–4076.

PURUCKER, C., BERGHÖFER, F., NAUJOKS, F., WIEDEMANN, K. & MARBERGER, C. (2018): Prediction of Take-Over Time Demand in Highly Automated Driving. Results of a Naturalistic Driving Study.

RADLMAYR, J., GOLD, C. G., LORENZ, L., FARID, M. & BENGLER, K. (2014): How Traffic Situations and Non-Driving Related Tasks Affect the Take-Over Quality in Highly Automated Driving. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 58 (1), 2063–2067.

RANNEY, T. A., GARROTT, W. & GOODMAN, M. (2001): NHTSA Driver Distraction Research: Past Present and Future.

RASMUSSEN, J. (1983): Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics SMC-13* (3), 257–266.

RAUFFET, P., BOTZER, A., CHAUVIN, C., SAÏD, F. & TORDET, C. (2020): The relationship between level of engagement in a non-driving task and driver response time when taking control of an automated vehicle. *Cognition, Technology & Work* 22 (4), 721–731.

REDICK, T. S., BROADWAY, J. M. & MEIER, M. E. et al. (2012): Measuring Working Memory Capacity With Automated Complex Span Tasks. *European Journal of Psychological Assessment* 28 (3), 164–171.

REFA (2015): Industrial Engineering: Standardmethoden zur Produktivitätssteigerung und Prozessoptimierung. Hanser, München.

REFA Consulting AG (2021): Was ist eine Aufgabenbeschreibung? | REFA Consulting. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.

REGAN, M. A., HALLETT, C. & GORDON, C. P. (2011): Driver distraction and driver inattention: definition, relationship and taxonomy. *Accident analysis and prevention* 43 (5), 1771–1781.

REID, G. B. & NYGREN, T. E. (1988): The Subjective Workload Assessment Technique: A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. In: *Human Mental Workload*. Elsevier, S. 185–218.

- RHEINBERG, F. (2010): Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (eds.) Motivation und Handeln. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 365–387.
- RICHARDSON, N., DOUBEK, F., KUHN, K. & STUMPF, A. (2016): Assessing Truck Drivers' and Fleet Managers' Opinions Towards Highly Automated Driving. In: Stanton, N. A., Landry, S., Di Bucchianico, G. & Vallicelli, A. (eds.) Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA. Springer International Publishing, Cham, S. 473–484.
- ROIDL, E., FREHSE, B. & HÖGER, R. (2014): Emotional states of drivers and the impact on speed, acceleration and traffic violations - a simulator study. Accident; analysis and prevention 70, 282–292.
- ROTH, K. (2001): Konstruieren mit Konstruktionskatalogen - Band 2: Kataloge/Karlheinz Roth ; Bd. 2. Springer, Berlin.
- ROUDER, J. N., MOREY, R. D., MOREY, C. C. & COWAN, N. (2011): How to measure working memory capacity in the change detection paradigm. Psychonomic bulletin & review 18 (2), 324–330.
- RUDOW, B. (2014): Die gesunde Arbeit: Psychische Belastungen, Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. De Gruyter Oldenbourg. https://www.google.de/books/edition/Die_gesunde_Arbeit/0nfpBQAAQBAJ?hl=de&gbpv=1&dq=Die+gesunde+Arbeit:+Psychische+Belastungen,+Arbeitsgestaltung+und+Arbeitsorganisation&printsec=frontcover. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- RYAN, R. & DECI, E. (2000): Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary educational psychology 25 (1), 54–67.
- SAE International (2021): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
- SARTER, N. B. & WOODS, D. D. (1991): Situation Awareness: A Critical But Ill-Defined Phenomenon. The International Journal of Aviation Psychology 1 (1), 45–57.
- SARTER, N. B. & WOODS, D. D. (1995): How in the World Did We Ever Get into That Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 37 (1), 5–19.
- SCHELTEN, A. (2002): Über den Nutzen der Handlungsregulationstheorie für die Berufs- und Arbeitspädagogik. Pädagogische Rundschau 56 (6), 621–630.
- Schiffahrtskaufmann/frau (2004): Verordnung über die Berufsausbildung zum Schiffahrtskaufmann/zur Schiffahrtskauffrau, S. 1874–1886.
- SCHLICK, C., BRUDER, R. & LUCZAK, H. (2018): Arbeitswissenschaft. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- SCHMIDT, E. A. (2010): Die objektive Erfassung von Müdigkeit während monotoner Tagfahrten und deren verbale Selbsteinschätzung durch den Fahrer. Dissertation, Düsseldorf.
- SCHMIDTKE, H. & BUBB, H. (1993): Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: Schmidtke, H. (ed.) Ergonomie, 3rd edn. Hanser Verlag, München, S. 116–120.
- SCHÖMIG, N. (2015): Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten: Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0551/12 253. Fachverl. NW, Bremen.

- SCHÖMIG, N., BEFELEIN, D., WIEDEMANN, K. & NEUKUM, A. (2020): Methodische Aspekte und aktuelle inhaltliche Schwerpunkte bei der Konzeption experimenteller Studien zum hochautomatisierten Fahren.
- SCHÖMIG, N., HARGUTT, V., NEUKUM, A., PETERMANN-STOCK, I. & OTHERSEN, I. (2015): The Interaction Between Highly Automated Driving and the Development of Drowsiness. *Procedia Manufacturing* 3, 6652–6659.
- SCHULER, H. & GÖRLICH, Y. (2005): Arbeitsprobe zur berufsbezogenen Intelligenz – Büro- und kaufmännische Tätigkeiten: AZUBI-BK. Hogrefe, Göttingen, Bern, Wien.
- SCHWARZ, C., GASPAS, J. & BROWN, T. (2019): The effect of reliability on drivers' trust and behavior in conditional automation. *Cognition, Technology & Work* 21 (1), 41–54.
- SCHWARZ, J. C. (2019): Multifaktorielle Echtzeitdiagnose des Nutzerzustands in adaptiver Mensch-Maschine-Interaktion. Dissertation. Technische Universität Dortmund.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2018): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- SMYTH, J., BIRRELL, S., MOUZAKITIS, A. & JENNINGS, P. (2018): Motion Sickness and Human Performance – Exploring the Impact of Driving Simulator User Trials. In: Stanton, N. (ed.) *Advances in Human Aspects of Transportation*. Springer International Publishing, Cham, S. 445–457.
- Spedition und Logistikdienstleistung (2004): Verordnung über die Berufsausbildung zum Kaufmann für Spedition und Logistikdienstleistung/zur Kauffrau für Spedition und Logistikdienstleistung, S. 1902–1913.
- SPIESSL, W. & HUSSMANN, H. (2011): Assessing error recognition in automated driving. *IET Intelligent Transport Systems* 5 (2), 103.
- STANTON, N. A., CHAMBERS, P. R. & PIGGOTT, J. (2001): Situational awareness and safety. *Safety Science* 39 (3), 189–204.
- STEVENS, A., QUIMBY, A., BOARD, A., KERSLOOT, T. & BURNS, P. (2002): Design guidelines for safety of in-vehicle information systems. TRL Limited. https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060728_165141_88073_UG340_Final_Report.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- STIMM, D. (2020): Die Nutzerbedürfnisse von Lkw-Fahrern. https://tangoversuch1.files.wordpress.com/2020/10/02_die-nutzerbeduerfnisse-von-lkw-fahrern.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- STOJMENOVA, K. & SODNIK, J. (2018): Detection-Response Task-Uses and Limitations. *Sensors (Basel, Switzerland)* 18 (2).
- STURM, W. (2004): Aufmerksamkeitsstörungen Band 4. Hogrefe, Göttingen.
- Tango (2017): Projekt. <https://projekt-tango-trucks.com/projekt/>. Zuletzt geprüft am 26.05.2021.
- TRÖSTERER, S., MENEWEGER, T., MESCHTSCHERJAKOV, A. & TSCHELIGI, M. (2017): Transport Companies, Truck Drivers, and the Notion of Semi-Autonomous Trucks. In: Boll, S., Löcken, A. & Schroeter, R. et al. (eds.) *Adjunct proceedings, AutomotiveUI 2017: The*

- 9th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications Oldenburg, Germany, September 24-27. Association for Computing Machinery, New York, New York, S. 201–205.
- VAN DEN BEUKEL, A. P. & VAN DER VOORT, M. C. (2014): Design considerations on user-interaction for semi-automated driving. In: Proceedings of the FISITA 2014 world automotive congress, Maastricht, The Netherlands, S. 2–6.
- VOGELPOHL, T., VOLLRATH, M., KÜHN, M., HUMMEL, T. & GEHLERT, T. (2016): Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung: Teil 1: Review der Literatur und Studie zu Übernahmeseiten, Berlin.
- VOLPERT, W. (1975): Die Lohnarbeitswissenschaft und die Psychologie der Arbeitstätigkeit. In: Groskurth, P. & Volpert, W. (eds.) Lohnarbeitspsychologie: Berufliche Sozialisation: Emanzipation zur Anpassung, Orig.-Ausg. Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main, S. 11–196.
- WALKER, G. H., STANTON, N. A., SALMON, P. M., JENKINS, D. P. & RAFFERTY, L. (2010): Translating concepts of complexity to the field of ergonomics. *Ergonomics* 53 (10), 1175–1186.
- WANDTNER, B. (2018): Non-driving related tasks in highly automated driving - Effects of task characteristics and drivers' self-regulation on take-over performance, Würzburg. <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/17395>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- WANDTNER, B., SCHÖMIG, N. & SCHMIDT, G. (2018): Effects of Non-Driving Related Task Modalities on Takeover Performance in Highly Automated Driving. *Human factors* 60 (6), 870–881.
- WANG, Q., YANG, S., LIU, M., CAO, Z. & MA, Q. (2014): An eye-tracking study of website complexity from cognitive load perspective. *Decision Support Systems* 62, 1–10.
- WARM, S. J., MATTHEWS, G. & FINOMORE, V. (2008): Vigilance, workload, and stress. *Performance Under Stress*, 115–141.
- WEIDL, G. (2019): Ko-HAF - Cooperative Highly Automated Driving Influence of Workload and Non-driving related tasks (NDRT) on Driver's Gaze Behavior and Reactions in response to Take-over-Request final report. Daimler AG, Sindelfingen.
- WENDSCHE, J. (2007): Der Wiederholungsgrad von Handlungen und psychische Sättigung: Eine laborexperimentelle Pilotstudie zur Entwicklung psychischer Sättigung bei Fließbandarbeit. Diplomarbeit, Dresden.
- WICKENS, C. D. (2002): Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 3 (2), 159–177.
- WICKENS, C. D. (2008): Multiple resources and mental workload. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50 (3), 449–455.
- WICKENS, C. D. & MCCARLEY, J. S. (2019): *Applied Attention Theory*. CRC Press.
- WICKENS, C. D., SANTAMARIA, A. & SEBOK, A. (2013): A Computational Model of Task Overload Management and Task Switching. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 57 (1), 763–767.

- WIEDEMANN, K. (2020): Frühzeitige Informationen über Systemgrenzen beim hochautomatisierten Fahren, Würzburg. <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/21658>. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- WILHELM, O., HILDEBRANDT, A. & OBERAUER, K. (2013): What is working memory capacity, and how can we measure it? *Frontiers in psychology* 4, 433.
- WINTERSBERGER, P., RIENER, A., SCHARTMÜLLER, C., FRISON, A.-K. & WEIGL, K. (2018): Let Me Finish before I Take Over: towards Attention Aware Device Integration in Highly Automated Vehicles. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. ACM, New York, NY, USA, S. 53–65.
- Wissenschaftlicher Beirat beim BMVI (2017): Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr – Herausforderungen für die zukünftige Verkehrspolitik. *Zeitschrift für Straßenverkehrstechnik*, Nr.8, Nr.9, 2017.
- WITTMANN, M., KISS, M. & GUGG, P. et al. (2006): Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied ergonomics* 37 (2), 187–199.
- WÖGERBAUER, E. (2020): Evaluierung des „virtuellen Beifahrers“ im Simulator und Realfahrzeug. https://tangoversuch1.files.wordpress.com/2020/10/04_tango_evaluierung-virtueller-beifahrer.pdf. Zuletzt geprüft am 30.06.2022.
- WÖRLE, J. & METZ, B. (2020): Driving with an L3 -motorway chauffeur: How do drivers use their driving time? In: D. de Waard, A. Toffetti, L. Pietrantonio, T. Franke, J-F. Petiot, C. (ed.) *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2019 Annual Conference*.
- YANG, Y., KARAKAYA, B., DOMINIONI, G. C., KAWABE, K. & BENGLER, K. (2018): An HMI Concept to Improve Driver's Visual Behavior and Situation Awareness in Automated Vehicle. In: *21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. IEEE, S. 650–655.
- YERKES, R. M. & DODSON, J. D. (1908): The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology* 18 (5), 459–482.
- YOON, S. H., KIM, Y. W. & JI, Y. G. (2019): The effects of takeover request modalities on highly automated car control transitions. *Accident analysis and prevention* 123, 150–158.
- ZEEB, K. (2017): Der Einfluss fahrfremder Tätigkeiten auf die Fahrerübernahme während des hochautomatisierten Fahrens. *Dissertation, Düsseldorf*.
- ZEEB, K., BUCHNER, A. & SCHRAUF, M. (2016): Is take-over time all that matters? The impact of visual-cognitive load on driver take-over quality after conditionally automated driving. *Accident analysis and prevention* 92, 230–239.
- ZHANG, B., DE WINTER, J., VAROTTO, S., HAPPEE, R. & MARTENS, M. (2019): Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 64, 285–307.
- ZIJLSTRA, F. & DOORN, L. (1985): *The Construction of a Scale to Measure Perceived Effort*. Department of Philosophy and Social Sciences.

Bilder

Bild 1-1: Ablauf des Forschungsprojekts SYMtastik	20
Bild 2-1: Fahraufgaben auf verschiedenen Automatisierungsstufen (eigene Darstellung nach BAST 2021)	23
Bild 2-2: Tätigkeiten in der Prozessorganisation (FLÄMIG 1993).....	24
Bild 2-3: Relevante Tätigkeiten für den Fahrer bzw. der Fahrerin in der Supply Chain (eigene Darstellung nach FLÄMIG 2015: 389)	26
Bild 5-1: Übernahmeprozess (nach ZHANG et al. 2019, 286)	36
Bild 6-1: Darstellung der Handlungsregulationstheorie (eigene Abbildung modifiziert nach VOLPERT (1975: 134)	41
Bild 6-2: Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung (SCHLICK et al. 2018: 25)	41
Bild 6-3: Strukturbaum für die Bewertung von FFT im Katalog	42
Bild 6-4: Theorie der multiplen Ressourcen (WICKENS, 1992; zitiert nach SCHLICK et al. 2018: 194).....	45
Bild 6-5: Konzeptionelles Modell zur Fahrer Verfügbarkeit (MARBERGER et al. 2017: 600)	46
Bild 6-6: Übersicht von Beanspruchungsmessmethoden (MÜLLER 2020: 57).....	52
Bild 6-7: Erweitertes Müdigkeitsmodell nach (MAY & BALDWIN (2009); zitiert nach SCHMIDT (2010: 8))	53
Bild 6-8: Bestimmungsgrößen der menschlichen Leistung (SCHLICK et al. 2018: 61)	59
Bild 7-1: Prozesse für das Fahren mit potenziellen FFT (eigene Darstellung, Bildquelle DLR 2020)	69
Bild 7-2: Erwarteter Nutzen der Automatisierung für die LDL aus Sicht der OEM.....	70
Bild 7-3: Mögliche FFT aus Sicht der OEM	71
Bild 7-4: Kommunikation zwischen System und Fahrzeug aus Sicht der OEM.....	72
Bild 7-5: Aspekte der Prüfschleife im System aus Sicht der OEM	73
Bild 7-6: Einflussfaktoren auf die Übergabe aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen	74
Bild 7-7: Faktoren zur Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen.....	74
Bild 7-8: Aspekte der Entscheidungshoheit der Fahrzeugautomatisierung aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen.....	75
Bild 7-9: Aspekte der Signalgebung an den Fahrer aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen.....	76
Bild 7-10: Anforderungen an die FFT aus Sicht der interviewten HMI-Experten und -Expertinnen	76

Bild 7-11: Voraussetzungen für die Übergabe aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit.....	77
Bild 7-12: Gestaltung der FFT aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit.....	79
Bild 7-13: Geänderte Anforderungen an den Fahrer und die Fahrerin aus Sicht der Befragten aus dem Bereich der Verkehrssicherheit	79
Bild 7-14: Potenzielle FFT aus Sicht der interviewten LDL	80
Bild 7-15: Limitierungen für FFT aus Sicht der interviewten LDL.....	81
Bild 7-16: Anreize zur Attraktivitätssteigerung des Fahrberufs aus Sicht der interviewten LDL	81
Bild 7-17: Vorstellbare FFT aus Sicht der interviewten Fahrer und Fahrerinnen	82
Bild 8-1: Ablauf des ersten Workshops mit Fachkundigen am 25.11.2021.....	86
Bild 9-1: Aufbau eines Konstruktionskatalogs nach ROTH (2001) in Anlehnung an (FELDHUSEN & GROTE 2013: 379).....	90

Tabellen

Tab. 5-1: Einflussfaktoren auf die Übernahmeleistung (VOGELPOHL et al. 2016)	37
Tab. 5-2: Verknüpfung von dem SRK-Modell und den Ebenen der Fahrzeugführung (DAMBÖCK 2013: 32)	38
Tab. 7-1: Anzahl und Daten der Interviews pro Stakeholdergruppe	67
Tab. 8-1: Anzahl der Teilnehmenden und Daten der Fachkundigen in den Workshops	85
Tab. 9-1: Beispielhafter Auszug aus dem Gliederungsteil des Katalogs.....	92
Tab. 9-2: Auszug aus dem Hauptteil des Katalogs	94
Tab. 9-3: Zugriffsteil Aufgabenmerkmale	96
Tab. 9-4: Zugriffsteil Bewertung der Aufgabeneigenschaften Teil 1	96
Tab. 9-5: Zugriffsteil Bewertung der Aufgabeneigenschaften Teil 2	97
Tab. 9-6: Zugriffsteil Bewertung Aufgabeneigenschaften Teil 3 und Eignungs- beurteilungen der FFT	97
Tab. 9-7: Zugriffsteil Abschätzung Wirtschaftlichkeit	97

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2020

- F 132: Handbuch Barrierefreiheit im Fernbuslinienverkehr**
Boenke, Grossmann, Nass, Schäfer € 17,50
- F 133: Lkw-Notbremsassistenzsysteme**
Seiniger, Heint, Bühne, Gail € 15,50
- F 134: Stationär-Geräusch von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen**
Altinsoy, Lachmann, Rosenkranz, Steinbach € 19,00
- F 135: Abweichungen von der akzeptierten Fahrleistungsschwelle in automatisierten Fahrsituationen**
Voß, Schwalm € 18,00

2021

- F 136: Kamera-Monitor-Systeme als Fahrerinformationsquelle**
Leitner, Oehme, de Silva, Blum, Berberich, Böhm
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 137: Konzept für die Erzeugung eines ISO-konformen UML-Modells und Generierung eines GML-Applikationsschemas für DATEX II zur Verbesserung der Interoperabilität**
Lauber, Steiger, Kopka, Lapolla, Freudenstein, Kaltwasser
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 138: Grundlagen zur Kommunikation zwischen automatisierten Kraftfahrzeugen und Verkehrsteilnehmern**
Schaarschmidt, Yen, Bosch, Zwicket, Schade, Petzold € 16,50
- F 139: Einfluss von Notbremssystemen auf die Entwicklung von Lkw-Auffahrunfällen auf Bundesautobahnen**
Straßgütl, Sander € 14,50
- F 140: Reibwertprognose als Assistenzsystem**
Leschik, Sieron, Gregull, Müller, Trapp, Brandenburg, Haalman, Terpstra
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 141: Methoden für die Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktion beim teilautomatisierten Fahren**
Schömig, Wiedemann, Julier, Neukum, Wiggerich, Hoffmann € 18,00
- F 142: Schräglagenangst**
Scherer, Winner, Pleß, Will, Neukum, Stanglmayr, Bäumler, Siebke, Prokop € 14,50

2022

- F 143: Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbags**
Holtz, Heidt, Müller, Johannsen, Jänsch, Hammer, Büchner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 144: Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung eines Safety Performance Indikators aus der Bewertung von Euro NCAP**
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 145: Regeneration von Partikelfiltern bei Benzin- und Dieselmotorkraftfahrzeugen**
Langwald
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 146: Analysis of options for the creation of safety-related traffic information based on vehicle-generated data

Margalith, Sickenberger, Wohak

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

F 147: Automatische Notbremssysteme für Motorräder

Merkel, Pleß, Winner, Hammer, Schneider, Will

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

F 148: Analyse glättebedingter Unfälle von Güterkraftfahrzeugen mit mehr als 12 t zulässigem Gesamtgewicht

Müller, Thüring, Jänsch, Epple, Kretschmer, Gottwald, Oehring, Winkenbach

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

F 149: Evidenzorientierte Ableitung von sicherheitsrelevanten Grundscenarien für die Fahrdomäne Bundesautobahn

Weber, Eckstein, Tenbrock, König, Bock, Zlocki

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

2023

F 150: Fahrerassistenzsysteme für die Geschwindigkeitsreduzierung bei schlechten Bedingungen

Pohle, Günther, Schütze, Trautmann

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

F 151: Integration von öffentlichem und privatem Parkraummanagement

Höpping, Jonas, Becker, Krüger, Freudenstein, Krampe, Godschachner, Inninger, Scholz, Hüttner, Grötsch, Stjepanovic

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

F 152: On-Board-Diagnose (OBD) – Analyse der OBD in Bezug auf zukünftig verfügbare Emissionsdaten für die Periodische Technische Inspektion (PTI)

Hausberger, Matzer, Lipp, Blassnegger, Hametner, Prosenc

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

2024

F 153: Zusammenstellung geeigneter Sicherheitsindikatoren für die Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktion von Level 3 Systemen

Yan, Pichen, Schmitz, Sklorz, Baumann

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

F 153b: Compilation of suitable safety indicators for the evaluation of Human-Machine Interaction of level 3 systems

Yan, Pichen, Schmitz, Sklorz, Baumann

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

F 154: Systematisierung geeigneter fahrfremder Tätigkeiten für automatisiertes Fahren von schweren Güterkraftfahrzeugen

Flämig, Beck, Hoffmann, Tjaden, Höger, Brandt, Haase, Wolter, Müller, Damer, Hettich, Schnücker

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 0943-9307
ISBN 978-3-95606-780-8
<https://doi.org/10.60850/bericht-f154>

www.bast.de