
Kraftfahrzeugführen in Teleoperation – Anforderungen an Eignung und Befähigung

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Mensch und Sicherheit Heft M 359

Kraftfahrzeugführen in Teleoperation – Anforderungen an Eignung und Befähigung

**Mindestanforderungen an Eignung,
Befähigung und Zuverlässigkeit
von telefahrenden Personen**

von

Christian Maag, Sebastian Gary, Alexandra Neukum

Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH)

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Mensch und Sicherheit Heft M 359

Die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. 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 BASt, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG bezogen werden. Seit 2015 stehen sie zusätzlich als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung: <https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.0807
Kraftfahrzeugführen in Teleoperation - Anforderungen an Eignung und Befähigung

Fachbetreuung
Nicole Gräcman

Referat:
Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation

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

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

Druck, Verlag und Produktsicherheit:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 0 | E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9315 | ISBN 978-3-95606-881-2 | <https://doi.org/10.60850/bericht-m359>

Bergisch Gladbach, September 2025

Kurzfassung – Abstract

Kraftfahrzeugführen in Teleoperation – Anforderungen an Eignung und Befähigung

Bei der Teleoperation von Kraftfahrzeugen erfolgt die Fahrzeugführung von außerhalb des Fahrzeugs. Dafür werden Informationen zum Fahrzeugzustand und -umfeld, z.B. Sensordaten und Videostreams, vom Fahrzeug an eine Fernsteuerungszentrale übertragen. Dort werden die Daten einer operierenden Person zur Verfügung gestellt. Beim Telefahren (im Vergleich zur Teleassistenz) übernimmt die teleoperierende Person die Fahraufgabe vollständig und trägt die Verantwortung für eine sichere Durchführung der Fahraufgabe.

Aus der teleoperierten Fahrzeugsteuerung ergeben sich personelle, technische und ergonomische Herausforderungen. So werden die Telefahrenden mit Aufgaben konfrontiert, die sich zwangsläufig von den Aufgaben und der Arbeitsumgebung der manuellen Fahrzeugführung im Fahrzeug unterscheiden. Beispielsweise erhalten sie einen durch Video- und andere Kanäle vermittelten anderen Eindruck des Fahrgeschehens. Entsprechend sind auch die Anforderungen an die teleoperierende Person nicht die gleichen wie bei der manuellen Fahrzeugführung und es stellt sich die Frage nach den Anforderungen, die an Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von telefahrenden Personen zu stellen sind und in welche konkreten Regelungen bzgl. Eignungskriterien, Kompetenzen und Qualifikationen von telefahrenden Personen diese zu übersetzen sind. Eine weitere Fragestellung betrifft die Aufsicht der Handlungsfähigkeit und -sicherheit der telefahrenden Person.

Zu Fragen der Eignung und Befähigung von Telefahrenden im Straßenverkehr gibt es kaum wissenschaftliche Veröffentlichungen. Neben einer Analyse der Teleoperation im Hinblick auf die Herausforderungen, die sie an die telefahrende Person stellt, werden die Anforderungen an Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von Telefahrenden anhand strukturierter Interviews mit N=19 Fachpersonen und einem Vergleich mit den Rechtsvorschriften in anderen Bereichen der Fahrzeugführung hergeleitet und im Rahmen eines Workshops mit Fachleuten diskutiert.

Die Empfehlung bzgl. der Auswahl und Eignung von Telefahrenden, der Ausbildung und Weiterbildung sowie der regelmäßigen Überprüfung und Aufsicht sieht vor, dass eine telefahrende Person eine gültige Fahrerlaubnis und einen gültigen Führerschein besitzen sollte, der der Klasse des teleoperierten Fahrzeugs entspricht, mindestens 21 Jahre alt sein sollte und drei Jahre aktive Fahrerfahrung nachweisen kann. Weiterhin sollte die körperliche, geistige und leistungspsychologische Eignung entsprechend der Voraussetzungen für Gruppe 2 (vgl. Anlage 4 der Fahrerlaubnis-Verordnung) vorhanden sein. Weiterhin sollte die Sehfähigkeit bzgl. des Erkennens relevanter Informationen auf einem Bildschirm gesondert geprüft werden. Die charakterliche Eignung sollte in Form eines amtlichen Führungszeugnisses und eines Punktestands von maximal 3 Punkten im Fahreignungsregister nachgewiesen werden.

Im Rahmen der initialen Ausbildung sollten die theoretischen Lerninhalte entsprechend der Besonderheiten und zusätzlichen Aufgaben für eine telefahrende Person vermittelt werden. Die praktischen Ausbildungsinhalte sollten alle Fahraufgaben und Vorgänge trainieren, die in der Praxis vorkommen. Am Ende der Ausbildung zur telefahrenden Person sollte eine theoretische und praktische Abschlussprüfung stehen, die von einer Person ab-

genommen wird, die nicht an der Ausbildung beteiligt war. Eine regelmäßige Weiterbildung und Einsätze im realen Fahrzeug sollten das Kompetenzniveau gewährleisten.

Die Fahrerlaubnis sollte befristet für maximal 5 Jahre und eine Verlängerung nur erteilt werden, wenn die körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignungsvoraussetzungen weiterhin vorliegen. Durch begleitete Fahrten, Prüffahrten in einem Fahrsimulator oder die geeignete Aufzeichnung und Kontrolle der Fahrperformanz (z.B. Güte der Spurhaltung und Geschwindigkeitsanpassung) bei durchgeführten Fahrten in der täglichen Praxis sollte die Handlungssicherheit der telefahrenden Person regelmäßig überprüft werden.

Basierend auf den Umständen vor Ort sollte die situative Aufmerksamkeit der telefahrenden Person in angemessener Weise überwacht werden. Weiterhin sollte ein vollständiges Verbot von Alkohol und anderen berauschenden Stoffen gelten und eine Fahrzeit- und Pausenregelung eingesetzt werden. Ein Incident-Management sollte Vorfälle dokumentieren und auswerten, um die Sicherheit im Betrieb zu kontrollieren und weiter zu erhöhen.

Remote driving - requirements for suitability and qualification of remote drivers

In teleoperation of motor vehicles, the vehicle is driven from outside the vehicle. Therefore, information on the vehicle's status and surroundings, e.g., sensor data and video streams, is transmitted from the vehicle to a remote control center. There, the data is made available to an operating person. With remote driving (as opposed to remote assistance), the remote operator takes over the driving task completely and is responsible for the safe execution of the driving task.

Teleoperated vehicle control poses personnel, technical and ergonomic challenges. The remote drivers are confronted with tasks that inevitably differ from the tasks and working environment of manual vehicle control in the vehicle. For example, they are given a different impression of the driving scenario through video and other channels. Accordingly, the demands on the person are not the same and the question arises which requirements have to be placed on the suitability, competence and reliability of remote drivers and which specific regulations regarding suitability criteria, competencies and qualifications are appropriate. Another question concerns the supervision of the remote drivers' ability and safety to act.

There are hardly any scientific publications on the suitability and qualification of remote drivers in road traffic. Therefore, in addition to an analysis of teleoperation with regard to the challenges it poses for the remote driver, the requirements for the suitability, competence and reliability of remote drivers are derived on the basis of structured interviews with N=19 experts and a comparison with the legal regulations in other areas of vehicle operation. The results were discussed in a workshop with experts.

The recommendation regarding the selection and suitability of remote drivers, their training and further training as well as regular checks and supervision stipulate that a remote driver should have a valid driving license corresponding to the class of the teleoperated vehicle, be at least 21 years old and be able to prove three years of active driving experience. Furthermore, the remote driver should be physically, mentally and psychologically fit to drive in accordance with the requirements for Group 2 (see Annex 4 of the German

Driving License Regulation). Furthermore, the visual ability to recognize relevant information on a screen should be tested separately. Suitability of character should be proven in the form of an official certificate of good conduct and a maximum of 3 points in the German Register of Driver Fitness.

As part of the initial training, the theoretical content should be taught in accordance with the special features and additional tasks for a remote driver. The practical training content should train all driving tasks and procedures that could occur in practice. At the end of training, there should be a theoretical and practical final examination, which is taken by a person who was not involved in the training. Regular further training and assignments in a real vehicle should ensure the level of competence.

The driving license should be issued for a maximum of 5 years and only renewed if the physical, mental, psychological and character suitability requirements are still met. The competence of action of the remote driver should be regularly checked by means of accompanied journeys, assessment drives in a driving simulator or the appropriate recording and checking of driving performance (e.g. quality of lane keeping and speed adaptation) during drives carried out in daily practice.

Based on the circumstances on site, the remote driver's situation awareness should be controlled in an appropriate manner. Furthermore, a complete ban on alcohol and other intoxicating substances should apply and a driving time and break regulation should be implemented. Incident management should document and evaluate incidents in order to monitor and further increase operational safety.

Summary

Remote driving - requirements for suitability and qualification of remote drivers

Introduction and objectives

In teleoperation of motor vehicles, the vehicle is controlled remotely, i.e. from outside the vehicle. Therefore, information on the vehicle's status and surroundings, e.g. sensor and video data, is transmitted from the vehicle to a control centre. There, the data is made available to an operating person who generates control commands. These commands are then sent back to the vehicle for execution. This makes innovative car-sharing concepts possible and autonomous vehicles can receive human support in difficult situations.

The exact allocation of the different parts of the driving task between the automated driving system and the teleoperator depends on the specific concept of teleoperation. The research project focusses on remote driving. Here, vehicle control at navigation, guidance and stabilisation level is performed by the remote driver, who is responsible for safe driving.

The aim of the research project is to define minimum requirements for the suitability, competence and reliability of remote drivers.

The challenges of remote driving

In the course of their work, remote drivers are confronted with challenges that differ from the tasks and working environment of manual drivers in the vehicle. The central requirement for remote drivers is safe handling of the vehicle and a driving performance (e.g. quality of lane keeping and speed adaptation) comparable to that of a driver in the vehicle. This requires an appropriate workload level and appropriate situational awareness on the part of the remote driver.

Due to the two-dimensional representation on screens, it can be more difficult for remote drivers to get a correct impression of the traffic environment and to build up sufficient situation awareness. Furthermore, certain sensory impressions (e.g. the feeling of acceleration/deceleration) are missing.

The connection between the teleoperation workstation and the vehicle, which is usually provided via mobile networks, is also subject to latency. Even if the remote driver is able to partially compensate for delays, large latencies could have an impact on the driving performance and the workload of the remote driver. Vehicles, therefore, need systems to minimise risk and remote drivers must be prepared and trained for such situations. Furthermore, longer latency times can lead to motion sickness, as the visual effects lag behind reality.

In addition, large latency reduces the perception of the virtual environment as a realistic traffic situation as well as the experience of presence. This could lead to a distancing from the driving experience and remote drivers who are not fundamentally threatened by a loss of comfort or even safety risks may attach less importance to their actions.

Furthermore, the remote driver at the workstation does not stand alone, but is integrated into a control center or into a broader teleoperation environment. There are a number of tasks that are a consequence of the teleoperation setting and go beyond the actual driving of the vehicle. These include, for example, communication and interaction between the remote driver and other employees of the control center (e.g. with other remote drivers, service employees) and communication with passengers in the vehicle or employees on site.

Suitability, ability, fitness to drive and supervision

Even if the demand for an appropriate workload, sufficient situation awareness and presence as well as safe driving performance are great, teleoperation also offers some aspects that can increase the performance of remote driving (compared to "normal" driving). First and foremost is the individual ability of the remote drivers. The fact that they can be specifically selected, educated, trained, checked and supervised means that a higher level of physical, mental and character aptitude as well as individual driving skills and abilities can be assumed than for many drivers in "normal" road traffic. The professionalism and testing of remote drivers, therefore, offers the potential to realise actual added value for all road users from the promises that teleoperation entails.

The fitness of the person driving the vehicle, their driving competence and their driving ability are fundamental prerequisites for participating in road traffic. In contrast to fitness-to-drive, which is considered to be stable over time, driving ability can change due to external factors or the condition of the person driving. Driving competence includes the skills that are taught as part of driver training and generally improve with increasing driving experience. With regard to fitness to drive, a distinction is usually made between physical fitness, mental fitness and fitness of character.

Finally, even if a person is fit, competent and able to drive, they may be at risk due to a lack of attention to the current traffic environment and distraction from the driving situation.

Methodology for deriving requirements for remote drivers

The derivation of the requirements for the fitness, competence and ability of remote drivers and the derivation of regulations regarding the selection, training, further training, testing and supervision of remote drivers is based on various data sources:

1. A literature analysis revealed hardly any scientific publications that deal with the suitability and ability of remote drivers. The publications that do exist generally deal with aspects such as latency, situation awareness and challenges when a remote driver takes over a vehicle. As a result, it is currently almost impossible to derive regulations regarding suitability, ability and supervision based on the current state of research.
2. The research project, therefore, also analyses the teleoperation literature in related areas of application (e.g. rail transport, shipping, air transport). However, it is only possible to a limited extent to transfer the results from other areas of

transport to remote driving, as the characteristics of the various areas of application of teleoperation differ greatly (e.g. with regard to the dynamics and complexity of the driving environment). Another reason for the limited transferability of findings from other areas of application to remote driving is the inadequate research situation, which provides hardly any findings on the necessary aptitude requirements or areas of competence of a remote operator, especially in the areas of application that are more similar to remote driving.

3. Furthermore, a large number of legal regulations were analyzed and evaluated with regard to their relevance for the selection, suitability and qualification of remote drivers.
4. In addition, N=13 structured interviews were conducted with representatives of remote operations organisations and research institutions in this field, in order to collect the available experience and expert knowledge. The interviews were conducted online, lasted approximately 2 hours, followed a detailed guideline and were subsequently approved by the interviewee. The interviews focused on the requirements that remote driving places on the suitability, qualification and reliability of the remote driver and the resulting requirements regarding the initial and further training of the driver and the regular checking of suitability, qualification and reliability.
5. Following the interviews, a workshop was held at which the results of the literature analysis and expert interviews were discussed and agreed with N=14 experts. To this end, guidelines and recommendations were derived in advance from the knowledge gained to date, which were then evaluated in various working groups.

Recommendations regarding the selection, suitability, training, further training, check and supervision of remote drivers

The following table summarises the findings from the literature analysis, the comparison with legal requirements in other areas, expert interviews and the workshop and provides recommendations regarding the selection and suitability of remote drivers, training and further training as well as regular checks. It also shows the extent to which the remote drivers should be supervised when carrying out their driving activities.

Recommendations regarding prior knowledge and experience
<ul style="list-style-type: none"> • Valid driving license corresponding to the category of the teleoperated vehicle • Minimum age of 21 years comparable to the regulation for passenger transport licenses • Regular review of fitness-to-drive • At least 3 years of active driving experience in the teleoperated vehicle class • No requirement regarding school-leaving qualification
Recommendations regarding eligibility requirements
<ul style="list-style-type: none"> • Physical and mental fitness-to-drive in accordance with the requirements for Group 2 (see Annex 4 of the German Driving License Regulation and German “Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung”) • Testing visual acuity with regard to recognizing relevant information on a screen

- With regard to physical limitations, which are exclusion criteria for Group 2, it should be checked whether these necessarily also lead to a lack of suitability for remote driving (however, it must be ensured that regular practical experience in a real vehicle is maintained)
- Performance-psychological fitness-to-drive in accordance with the requirements for Group 2 (see Annex 4 of the German Driving License Regulation and German “Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung”)
- Proof of character suitability in the form of an official certificate of good conduct; a maximum of 3 points in the German traffic register

Recommendations regarding training and further education

- Theoretical learning content according to the special features and additional tasks of a remote driver:
 - Teleoperation
 - Teleoperation workstation
 - Information transfer and virtuality
 - Latency
 - Human factors challenges and how to deal with them
 - Communication with other operating personnel, passengers and other road users
 - Safety awareness, responsibility and perspective-taking, anticipatory driving
 - Teleoperation and driving in different traffic, operating and environmental conditions
 - Regulations regarding driving and break times
- Practical training content:
 - Teleoperation and driving in different traffic environments and environmental conditions - depending on the actual deployment scenarios of the remote driver
 - Testing and safety checks
 - Driving and unforeseen situations
 - Operation and use of assistance systems and their function
 - Transitions between automated driving systems and manual remote driving as well as between persons in the vehicle and the remote driver
 - Training for longer journeys and possible consecutive driving tasks that cannot occur during traditional driving
 - Experiencing remote driving from the customer's perspective
- Appropriate scope and method of initial training, including theoretical and practical teaching methods
- Theoretical and practical final examination by a person who was not involved in the initial training
- Regular further training for remote drivers - especially in the event of technical or operational changes
- Regular refresher training and experience in the real vehicle (which is also tele-operated)

Recommendations for regular checks

- The driving license should be issued for a maximum of 5 years and only renewed if the physical, mental, psychological and character suitability requirements continue to be met.
- If a person is not fit to drive, they lose their permission to drive a vehicle remotely (temporarily or permanently). The person is allowed to drive remotely again once doubts about their suitability have been dispelled by a new check at a competent and appropriate body.
- Competence of action must be checked regularly by means of accompanied drives, drives in a driving simulator or the appropriate recording and controlling of driving performance during drives carried out in daily practice.

Recommendations regarding supervision during work

- Based on the circumstances on site, appropriate control of attention to the traffic environment by a technical system or the team leader
- Driving time and break regulation
- Complete ban on alcohol and other intoxicating substances
- Incident management that documents and analyses incidents

Inhalt

1	Einleitung	13
2	Human-Factors bei der Teleoperation	18
2.1	Aufgaben beim Telefahren	18
2.2	Herausforderungen für Telefahrende	19
2.3	Teleoperationsarbeitsplatz	24
2.4	Einbindung in Gesamtbetrieb	25
3	Eignung, Befähigung, Fahrtüchtigkeit und Aufsicht	27
3.1	Stand der Forschung zu Eignung und Befähigung bei der teleoperierten Fahrzeugführung	28
3.2	Stand der Forschung zu Eignung und Befähigung in verwandten Anwendungsbereichen	32
3.2.1	Teleoperierter Schiffsverkehr	32
3.2.2	Teleoperierter Bahnverkehr	34
3.2.3	Teleoperierter Flugverkehr	34
3.2.4	Teleoperation von Manipulatoren	38
3.2.5	Teleoperation von unbemannten Landfahrzeugen	39
3.3	Zusammenfassung der Literaturanalyse	40
3.3.1	Teleoperierte Fahrzeugführung	40
3.3.2	Verwandte Anwendungsbereiche	40
3.3.3	Erkenntnisse aus der Literaturanalyse	41
4	Analyse der Rechtsvorschriften in verwandten Anwendungsbereichen	43
4.1	Vorwissen und Vorerfahrung	43
4.2	Eignungsvoraussetzungen	45
4.3	Befähigung	48
4.4	Überprüfung	50
4.5	Aufsicht während der Tätigkeit	52

5	Strukturierte Interviews und Workshop mit Fachleuten	54
5.1	Interviews	54
5.1.1	Zielsetzung und Methodik	54
5.1.2	Leitfaden	55
5.1.3	Erkenntnisse aus den Fachinterviews	56
5.2	Workshop zu Eignung und Befähigung bei der teleoperierten Fahrzeugführung	61
5.2.1	Inhalt und Ablauf des Workshops	61
5.2.2	Ergebnisse des Workshops	62
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	71
6.1	Anforderungen bzgl. Selektion und Eignung von telefahrenden Personen	72
6.1.1	Einfluss der Übertragungslatenz auf Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person	74
6.1.2	Einfluss der Nicht-Präsenz auf Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person	75
6.1.3	Rechtliche Regelungen zu Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von operierenden Personen in sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen und deren Übertragbarkeit auf das Telefahren	76
6.2	Anforderungen bzgl. Form und Inhalt der Aus- und Weiterbildung von telefahrenden Personen	78
6.3	Anforderungen an die regelmäßige Überprüfung der telefahrenden Person	79
6.4	Kontrolle der situativen Aufmerksamkeit der telefahrenden Person	81
6.5	Virtuelle Teleoperation als Instrument der Personalauswahl und -entwicklung	82
7	Fazit und Ausblick	84
7.1	Zusammenfassung	84
7.2	Ausblick	86
	Literatur	88
	Bilder	93
	Tabellen	94

1 Einleitung

Die Teleoperation von Kraftfahrzeugen stellt neben dem Führen von Kraftfahrzeugen durch sich unmittelbar im Kraftfahrzeug befindliche Personen und automatisierten Fahrfunktionen eine dritte Form der Fahrzeugführung dar. Bei der Teleoperation werden Informationen zum Fahrzeugzustand und -umfeld, z.B. Sensordaten und Videostreams, vom Fahrzeug an eine Fernsteuerungszentrale übertragen. Dort werden die Daten einer operierenden Person zur Verfügung gestellt, die Steuerbefehle erzeugt. Diese werden dann zur Ausführung an das Fahrzeug zurückgesendet (Hosseini & Lienkamp, 2015).

Auf diese Weise sind neue Mobilitätskonzepte möglich. Beispielsweise kann im Rahmen von innovativen Car-Sharing-Geschäftsmodellen der Kundschaft ein Fahrzeug ferngesteuert gebracht werden, um dann von dieser selbstständig zum gewünschten Ziel gefahren zu werden. Dort übernimmt die teleoperierende Person erneut die Fernsteuerung und fährt das Fahrzeug zu einem Parkplatz oder zu neuer Kundschaft. Weiterhin werden autonome Fahrzeuge auch in Zukunft einige Situationen nicht ohne menschliche Unterstützung lösen können (z.B. bei Bau- bzw. Unfallstellen, bei Ausfall eines Sensorsystems). In diesen Fällen ist es notwendig, dass eine teleoperierende Person von außerhalb des Fahrzeugs unterstützend eingreifen kann. Auf diese Weise wird die Automatisierung überhaupt erst ermöglicht, da bei auftretenden Störfällen eine teleoperierende Person als Rückfallebene fungieren kann.

Grundlage für beide Anwendungsfälle (d.h. innovative Car-Sharing-Modelle, Rückfallebene autonomen Fahrens) ist die teleoperierte Fahrzeugsteuerung. Diese erlaubt den Betrieb eines Fahrzeugs aus der Ferne, d.h. von außerhalb des Fahrzeugs (Chucholowski, 2015; Gnatzig, Chucholowski, Tang, & Lienkamp, 2013). Aus der Teleoperation ergeben sich personelle, technische und ergonomische Herausforderungen und Fragen, die zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vollständig beantwortet werden können. So werden insbesondere die teleoperierenden Personen mit neuartigen Aufgaben konfrontiert, die sich zwangsläufig von den Aufgaben und der Arbeitsumgebung der manuellen Fahrzeugführung im Fahrzeug unterscheiden. So erhalten sie aufgrund der Tatsache, dass sie selbst nicht unmittelbar im Fahrzeug präsent sind, einen durch Video- und andere Kanäle vermittelten anderen Eindruck des Fahrgeschehens.

Im Kontext des automatisierten Fahrens ist die Rolle der teleoperierenden Person insbesondere von der Rolle der technischen Aufsicht entsprechend § 14 AFGBV abzugrenzen: Während die technische Aufsicht die Freigabe oder Vorgabe bestimmter Fahrmanöver übernimmt, die das Fahrzeug weiterhin automatisiert ausführt, können teleoperierende Personen auch durch die vollständige, teleoperierte Übernahme der Fahraufgabe die notwendige Rückfallebene bilden. Die genaue Aufteilung der Fahraufgabe zwischen automatisierten Fahrsystem und teleoperierender Person ist vom spezifischen Steuerungskonzept abhängig.

Gemäß SAE J3016 (SAE, 2021) ist bei der teleoperierten Fahrzeugführung zwischen Remote Assistance und Remote Driving zu unterscheiden:

- Remote Assistance: anlassbezogene Bereitstellung von steuerungsrelevanten Empfehlungen oder Initiierung bestimmter Fahrmanöver (z.B. Auswahl von Fahrtrajektorien, Initiierung von Fahrstreifenwechseln)

- Remote Driving: vollständige Übernahme der Fahrzeugsteuerung auf Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene

Die UK Law Commission (2023) definiert eine telefahrende Person (Remote Driver) als eine Person, die sich nicht im oder auf dem Fahrzeug befindet und alle oder eine der folgenden Fahraufgaben ausführt: Lenken, Bremsen, Bremse lösen, Beschleunigen oder Überwachen der Fahrumgebung im Hinblick auf einen unmittelbaren und sicherheitsrelevanten Eingriff in die Fahrzeugführung. Im Gegensatz dazu ist ein Teleassistent (Remote Assistant) eine Person, die einem automatisierten Fahrzeug im Selbstfahrmodus Fernunterstützung leistet. Teleassistierende Personen steuern demnach ein Fahrzeug nicht, sondern liefern Informationen und Anweisungen an ein automatisiertes Fahrsystem. Dieses nutzt diese Informationen, um eine Entscheidung über eine sichere Trajektorie zu treffen und die gesamte dynamische Fahraufgabe (dynamic driving task bzw. DDT) durchzuführen.

Eine detailliertere Darstellung (Tabelle 1) der verschiedenen Teleoperationskonzepte im Straßenverkehr geben Majstorovic et al. (2022). Remote Driving ist dabei ein Fahrsystem, das durch eine telefahrende Person vollständig ferngesteuert wird, während das System bei Remote Assistance eine ereignisgesteuerte Fernunterstützung durch eine teleassistierende Person erhält, das System aber weiterhin für die Fahraufgabe verantwortlich ist. Es werden sechs Konzepte in Abhängigkeit davon unterschieden, bei welchen Aufgaben die teleoperierende Person von automatisierten Fahrfunktionen unterstützt wird:

<p>Remote Driving</p>	<p>Direct Control: Die operierende Person gibt Steuersignale (z.B. Lenkradwinkel, Fahr- und Bremspedalstellung) vor, die zum Fahrzeug gesendet und von diesem umgesetzt werden.</p> <p>Shared Control: Die Steuerbefehle der operierenden Person werden ans Fahrzeug übermittelt und dort geprüft. Erst nach Akzeptanz durch eine Instanz im Fahrzeug werden diese ausgeführt. Falls nicht, werden die Steuerbefehle angepasst (um z.B. eine Kollision zu vermeiden). Das Ziel ist eine Unterstützung der operierenden Person und eine erhöhte Sicherheit.</p> <p>Trajectory Guidance: Die operierende Person übernimmt die Wahrnehmung und Planung der Fahraufgabe. Befehle werden als Trajektorien ans Fahrzeug übermittelt. Die automatisierte Fahrfunktion fährt die Trajektorie nach und ist lediglich für die Fahrzeugstabilisierung verantwortlich. Das Ziel ist eine Entlastung der operierenden Person (insbesondere bzgl. zeitkritischer Aufgaben).</p>
<p>Remote Assistance</p>	<p>Waypoint Guidance: Die operierende Person übernimmt die Wahrnehmung und Planung der Fahraufgabe. Befehle werden als Wegpunkte ans Fahrzeug übermittelt. Diese werden vom automatisierten Fahrsystem in Trajektorien verwandelt und umgesetzt. Die aktuelle Fahrsituation wird dabei beachtet und die Trajektorie kann von den Wegpunkten abweichen. Das Ziel ist eine Entlastung der operierenden Person, da diese nicht für die</p>

	<p>Fahrzeugstabilisierung verantwortlich ist, und eine höhere Robustheit gegenüber Latenzen in der Datenübertragung.</p> <p>Interactive Path Planning: Das Fahrzeug berechnet mehrere Fahrpfade. Die operierende Person entscheidet, welcher Fahrpfad abgefahren wird und kommuniziert dies ans Fahrzeug. Die automatisierte Fahrfunktion fährt den gewählten Pfad ab.</p> <p>Perception Modification: Bei Umgebungsanordnungen, die die Situationsbewertung des Fahrzeugs nicht zweifelsfrei klären kann, bewertet die operierende Person die Situation bzw. einzelne Objekte und schickt die Bewertung ans Fahrzeug. Aufgrund der Unterstützung durch die operierende Person ist das automatisierte Fahrsystem in der Lage, weiterzufahren. Das Ziel des Konzepts ist, dass Situationen gelöst werden, in denen ein fälschlich als Hindernis wahrgenommenes Objekt die Weiterfahrt des Fahrzeugs verhindert.</p>
--	--

Tabelle 1: Teleoperationskonzepte nach Majstorovic et al. (2022)

Im Folgenden werden die Definitionen aus Tabelle 2 verwendet, wobei das Forschungsvorhaben ausschließlich das Telefahren bzw. Remote Driving behandelt.¹ Die Teleoperation ist damit als Oberbegriff für beide Teleoperationskonzepte, d.h. das Telefahren und die Teleassistenz, zu verstehen. Der Begriff der teleoperierenden Person beinhaltet Telefahrende und Teleassistierende.

Teleoperationskonzept	Definition
Telefahren / Remote Driving	Übernahme der Fahrzeugsteuerung auf Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene durch die telefahrende Person, wobei Fahrzeugsysteme den Telefahrenden bei der Fahraufgabe unterstützen können. Die telefahrende Person ist für die sichere Fahrt verantwortlich.
Teleassistenz / Remote Assistance	Anlassbezogene Bereitstellung von steuerungsrelevanten Empfehlungen bzw. Informationen oder Initiierung bestimmter Fahrmanöver durch die teleassistierende Person, wobei die Fahrzeugsteuerung von einem entsprechenden Fahrsystem autonom durchgeführt wird. Das autonome Fahrsystem ist für die sichere Fahrt verantwortlich.

Tabelle 2: Definition von Telefahren und Teleassistenz

¹ Entsprechend bezieht sich das Forschungsvorhaben nicht auf die Rolle der Technischen Aufsicht entsprechend § 14 AFGVB.

Eine klare Definition der Begriffe ist auch deshalb unumgänglich, da die Forschungsgemeinschaft trotz der vorliegenden Definition der SAE (2021) nicht immer zu einer einheitlichen Begriffsbestimmung der Teleoperation im Straßenverkehr findet (vgl. HF-IRADS², 2020; McNicol, 2022). So wird beispielsweise die (kurzfristige) direkte Fahrzeugkontrolle durch eine teleoperierende Person als Remote Assistance bezeichnet (McNicol, 2022) oder der Begriff Remote Management für die Unterstützung eines automatisierten Fahrzeugs (z.B. bei einer notwendigen Abweichung vom vorgesehenen Fahrpfad) verwendet (HF-IRADS, 2020).

Aufgaben einer fahrenden Person, die von dieser bislang zusätzlich zur eigentlichen Fahraufgabe durchgeführt wurden (z.B. die Ladungssicherung), können beim teleoperierten Fahren nicht durch die teleoperierende Person übernommen werden. Die Organisation des Teleoperationsbetriebs muss jedoch sicherstellen, dass diese Aufgaben entsprechend durch eine andere Person übernommen werden (die in der Regel dafür vor Ort sein muss).

Zukünftige Ansätze könnten zusätzlich zur Fernsteuerung durch menschliche Teleoperierende auch künstliche Intelligenz in der Cloud (sog. Cloud Driving) als Rückfallebene automatisierter Fahrsysteme im Fahrzeug selbst benutzen (Zhang, 2020). Dadurch könnten evtl. automatisierte Fahrsysteme im Fahrzeug günstiger und weniger komplex sein und die Intelligenz in der Cloud gleichzeitig ständig aktualisiert werden. Auch kann die teleoperierende Person durch cloud-basierte Systeme in der Situationsbeurteilung, Entscheidungsfindung und Steuerung unterstützt werden. Die Herausforderungen an die Bandbreite und Latenz der Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Unterstützung blieben jedoch die gleichen wie bei einer menschlichen Teleoperation.

Bezüglich des Telefahrens ergeben sich Herausforderung bzgl. der Sicherheit. Die UK Law Commission (2023) nennt zusammenfassend folgende Aspekte:

1. Verlust der Konnektivität: Die meist über Mobilfunk bereitgestellte Verbindung zwischen Teleoperierenden und Fahrzeug kann aufgrund von Latenzzeiten, Inkonsistenzen bei der Latenz und Verbindungsabbruch unzuverlässig sein. Fahrzeuge brauchen dementsprechend Systeme zur Risikominimierung, und Teleoperierende müssen auf solche Situationen vorbereitet und trainiert sein.
2. Mangelndes Situationsbewusstsein: Für die Teleoperierenden kann es schwierig sein, sich aufgrund der über Bildschirme zweidimensional dargestellten Verkehrsumgebung einen korrekten Eindruck zu verschaffen; weiterhin fehlen bestimmte Sinneseindrücke (z.B. das Gefühl der Beschleunigung/Verzögerung).
3. Distanzierung: Ein Fahrender, der nicht von einem möglichen Unfall bedroht ist, misst seinen Handlungen evtl. eine geringere Bedeutung bei.
4. Cybersicherheit: Ferngesteuerte Fahrzeuge könnten von böswillig Agierenden genutzt werden.
5. Sicherheit des Kontrollzentrums: Das Kontrollzentrum selbst muss sicher sein und z.B. über Sicherheitseinrichtungen verfügen, die eine Betrieb auch im Falle von Störungen (z.B. Stromausfall) ermöglichen.

² HF-IRADS: Human Factors in International Regulations for Automated Driving Systems (eine Gruppe unter der Schirmherrschaft der International Ergonomics Association)

6. Management von Störfällen: Ein Störfallmanagement muss definieren, welche Maßnahmen zu ergreifen sind (z.B. Umgang mit Fahrgästen, Kontakt zu Rettungsdienst, Dokumentation).

Ein Teil der genannten Herausforderungen hängt unmittelbar mit den Telefahrenden zusammen, die in einem Kontrollzentrum die direkte Fahrzeugsteuerung übernehmen. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Mindestanforderungen zu definieren, die an die Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von Telefahrenden zu stellen sind. Dabei wird ausschließlich das Remote Driving (RD) bzw. Telefahren betrachtet, bei dem die teleoperierende Person die Quer- und Längsregelung des Fahrzeugs übernimmt und dieses damit direkt steuert.

2 Human-Factors bei der Teleoperation

2.1 Aufgaben beim Telefahren

Telefahrende sind mit der vollständigen Übernahme der Fahraufgabe betraut und damit für die verkehrssichere Steuerung von teleoperierten Fahrzeugen zuständig.

Die Teilnahme am Straßenverkehr stellt generell eine komplexe, anspruchsvolle, sensorische Tätigkeit unter zeitlich hoch dynamischen Umgebungsbedingungen dar (Donges, 2009), wodurch hohe Ansprüche an die Fahrenden hinsichtlich der Verarbeitung sensorischer, insbesondere visueller Informationen gestellt werden. Aus theoretischer Sicht hat sich zur Beschreibung der Fahraufgabe eine hierarchische Unterteilung in primäre, sekundäre und tertiäre Fahraufgaben bewährt (Bubb, 2015). Während Quer- und Längsführung sowie das Navigieren des Fahrzeugs auf einer bestimmten Route zur primären Fahraufgabe gehören, grenzt sich die sekundäre Fahraufgabe dadurch ab, dass sie aus Aktionen und Reaktionen der fahrenden Person besteht, die durch die primäre Fahraufgabe bedingt werden (z.B. Bedienung der Lichtanlage, Fahrtrichtungsanzeiger, Warnblinklicht, Hupe). Die primäre und sekundäre Aufgabenebene bilden damit die Fahraufgabe im engeren Sinne ab. Dagegen beinhaltet die tertiäre Aufgabenebene Handlungen der fahrenden Person, die nicht unmittelbar mit der Steuerung des Fahrzeugs in Zusammenhang stehen (z.B. Bedienung des Radios, Telefonieren während der Fahrt). Nach Donges (2009) kann die primäre Fahraufgabe weiter in die Ebenen (1) Navigation, (2) Führung und (3) Stabilisierung unterteilt werden. Während die Navigationsaufgabe neben der Auswahl einer geeigneten Fahrtroute auch die Anpassung der Route aufgrund aktueller Störeinflüsse (z.B. Stau, Unfälle, Baustellen) umfasst, bilden die Führungs- und Stabilisierungsebene den zeitlich hoch dynamischen Charakter der Fahraufgabe ab: Ziel der Führungsaufgabe ist es, unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation und des geplanten Fahrtablaufs sinnvolle Fahreingaben zu tätigen, wohingegen auf der Stabilisierungsebene korrigierende bzw. kompensierende Fahreingaben gemacht werden, um ggf. vorliegende Abweichungen von der geplanten Fahrtrajektorie auszugleichen. Aus regelungstheoretischer Sicht stellt die Führungsebene demnach das Einstellen von Führungsgrößen wie Sollspur und -geschwindigkeit dar, während auf Stabilisierungsebene ein Abgleich zwischen Soll- und Istzustand vorgenommen und ggf. eine vorliegende Diskrepanz auszugleichen versucht wird.

Während die Navigationsaufgabe bei der Telefahrt je nach adressiertem Use Case als zweitrangig betrachtet werden kann (z.B. durch Unterstützung durch Navigationssysteme), ist zu erwarten, dass das spezielle Setting der Telefahrt zu Erschwernissen auf Führungs- und Stabilisierungsebene führt: Die indirekte, videovermittelte und folglich latenzbehaftete Darstellung der Fahrsituation kann zu einer erschwerten sensorischen Informationsaufnahme führen. Gleichzeitig hängen Entscheidungen auf Führungs- und vor allem Stabilisierungsebene stark von den sich dynamisch verändernden Umgebungsbedingungen ab. Beispielsweise werden durch die latenzbehaftete Präsentation Abweichungen von der geplanten Trajektorie zeitlich verzögert dargestellt, was zu größeren Abweichungen aufgrund eines erst später möglichen Eingriffs durch die telefahrende Person und in Folge

zu überkompensierenden Fahreingaben führen kann. Diese Erschwernisse in der sensorischen Wahrnehmung (z.B. verzögerte Darstellung der Verkehrssituation, insbesondere visueller Informationen, teilweise bzw. vollständiges Fehlen propriozeptiver Informationen) der Fahrsituation stellen einen wesentlichen, qualitativen Unterschied zum Fahren in Präsenz, in der Fahreingaben eine nahezu unmittelbare Reaktion des Fahrzeugs nach sich ziehen, dar.

Darüber hinaus ergeben sich für die telefahrende Person Aufgaben, die als eine Folge des Teleoperationssettings betrachtet werden können und über die eigentliche Fahrzeugführung hinausgehen. Art und Umfang dieser zusätzlichen Aufgaben hängen dabei maßgeblich vom adressierten Use Case (Telefahrt von Lkw zwischen Logistikzentren, Telefahrt als Rückfallebene für Automation mit Phasen der reinen Überwachung) und der organisatorischen Gestaltung des Kontrollzentrums ab. Hierzu gehört einerseits die Kommunikation und Interaktion zwischen der telefahrenden Person und anderen Mitarbeitenden des Kontrollzentrums (z.B. mit anderen Teleoperierenden, Servicemitarbeitenden). Andererseits fällt hierunter auch die Kommunikation mit Fahrgästen im Fahrzeug oder, im Falle eines Unfallgeschehens, mit vor Ort befindlichen Einsatzkräften. Bei Einsatz der Telefahrt als Rückfallebene für automatisierte Fahrfunktionen müssen Telefahrende überdies in der Lage sein, möglichst schnell ein angemessenes Situationsbewusstsein (Situation Awareness) aufzubauen, was gegenüber dem Fahren in Präsenz dadurch erschwert wird, dass sie in der Regel keine Informationen über die Fahrsituation erhalten, die zeitlich vor der Übernahmeaufforderung liegen. Ebenso sind Betriebskonzepte vorstellbar, in denen die Teleoperierenden vor Übernahme der Fahraufgabe durch die Automation oder nach Übergabe an die Automation die automatisierte Fahrt lediglich überwachen (Remote Monitoring). Falls die Teleoperierenden über einen längeren Zeitraum aufmerksam bleiben müssen, ohne aktiv in das Fahrgeschehen einzugreifen (z.B. weil eine neuartige automatisierte Fahrfunktion überwacht werden muss), besteht mit zunehmender Überwachungsdauer die Gefahr einer nicht tolerierbaren Reduktion der Aufmerksamkeit (sog. Vigilanzminderung). Umgekehrt kann der Einsatz von Telefahrenden als Rückfallebene für automatisierte Fahrfunktionen dazu führen, dass sie über einen längeren Zeitraum mit stark beanspruchenden Fahrsituationen konfrontiert werden, insbesondere, wenn eine teleoperierende Person die potenzielle Rückfallebene für mehrere Fahrzeuge bildet (wobei eine telefahrende Person zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur für ein Fahrzeug zuständig ist).³ Insbesondere beim kommerziellen Einsatz von Teleoperation, in denen Telefahrende in längeren Schichten tätig sind, kann dies zu einem über längere Zeit erhöhten Workload-Level führen, das negative Auswirkungen auf die Fahrperformanz (z.B. Güte der Spurhaltung und Geschwindigkeitsanpassung) nehmen kann.

2.2 Herausforderungen für Telefahrende

Ein zentrales Merkmal der teleoperierten Fahrzeugsteuerung ist die als Latenz bezeichnete Verzögerungszeit, die beim teleoperierten Fahren notwendigerweise entsteht, da Informationen zwischen Teleoperationsarbeitsplatz und Fahrzeug übertragen werden müssen (Chen, Haas, & Barnes, 2007). Da Videosignale, Fahrzeugzustände und Steuersignale

³ Bemerkung: Diese Schlussfolgerung unterliegt der Prämisse, dass Fahrsituationen, die die Automation an ihre Grenzen führen, vergleichsweise anspruchsvoll sind (z.B. Baustellensituationen).

von bzw. zu den Fahrzeugen auf der Straße gesendet werden müssen, wird die Teleoperation immer mit dem Problem der Latenz einhergehen. Auch wenn der Mensch in der Lage ist, Verzögerungen teilweise zu kompensieren, wirken sich große Latenzen auf die Leistung und Effizienz der Fahrzeugführung und damit auch auf die Sicherheit aus. Je nach Höhe der Latenzzeit ist es unter Umständen nicht mehr möglich, eine manuelle Fernsteuerung zu erreichen. Weiterhin können größere Latenzzeiten zu Bewegungs- bzw. Cyberkrankheit führen, da die visuellen Effekte der Realität hinterherhinken. Daneben verringern hohe Latenzzeiten das Wahrnehmen der virtuellen Umgebung als realistische Verkehrssituation sowie das Präsenzerleben.

Die zentrale Anforderung an Telefahrende ist eine sichere Führung des Fahrzeugs und eine vergleichbare Fahrperformanz wie bei Steuerung des Fahrzeugs durch eine im Fahrzeug präsente Person. Dazu sind ein angemessener Workload-Level und der Aufbau eines angemessenen Situationsbewusstseins auf Seiten der teleoperierenden Person erforderlich:

- Bezüglich des Workloads sind sowohl Phasen der Überforderungen als auch Phasen zu geringen Workloads zu vermeiden (Kettwich et al., 2021; Schrank & Kettwich, 2021). Der Workload von Telefahrenden unterliegt einer Reihe spezifischer Einflussfaktoren. Einen wesentlichen Einflussfaktor stellt die Verzögerung bzw. Latenz im Informationsaustausch zwischen telefahrender Person und Fahrzeug dar (Chen et al., 2007; Lu, Zhang, Ersal, & Yang, 2019; Neumeier et al., 2019; Tang, 2015). Hinsichtlich des Einflusses auf den Workload von Telefahrenden zeigen Untersuchungen, dass höhere und variable Latenzen mit einem höheren Workload seitens der Telefahrenden einhergehen als niedrige und konstante Latenzen (Lu et al., 2019; Neumeier et al., 2019). Daneben wirkt sich auch die Gestaltung des Teleoperationsarbeitsplatzes auf den Workload der Telefahrenden aus. Wichtige Aspekte stellen die Eingabegeräte (Adamides et al., 2017; Bodell & Gullikson, 2016), die Videoqualität (Georg, Putz & Diermeyer, 2020; Bodell & Gullikson, 2016), die verwendeten Bildschirmtechnologien (Adamides et al., 2017; Hosseini, 2018; Luo, Wang, Liang, Luo, & Lim, 2021) und die Menge an dargestellten Informationen (Luo et al., 2021) dar.
- Neben der Generierung eines für die Fahrzeugführung angemessenen Workloads ist ein ausreichendes Situationsbewusstsein eine zentrale Anforderung der Teleoperation. Das Situationsbewusstsein stellt in diesem Zusammenhang die mentale Repräsentation der aktuellen Fahrsituation durch die telefahrende Person dar und besteht aus den drei Ebenen Wahrnehmung, Verstehen und Antizipation (Endsley, 1988). Ein ausreichendes Situationsbewusstsein ist eine Voraussetzung für die Auswahl und Ausführung adäquater Steuereingaben durch die telefahrende Person und damit für eine angemessene Fahrperformanz. Darüber hinaus bedingt ein höheres Situationsbewusstsein eine höhere Telepräsenz (Hosseini & Lienkamp, 2016; Tang, 2015). So wird z.B. die Wahrnehmung der gefahrenen Geschwindigkeit und Beschleunigung stark von visuellen, auditiven und propriozeptiven Informationen beeinflusst. Entsprechend kann ein Fehlen von Informationen aus einer oder mehreren dieser Modalitäten zu einer Fehleinschätzung der Fahrzeuggeschwindigkeit (Über- oder Unterschätzung) führen und folglich das Situationsbewusstsein reduzieren (Tang, 2015). Demnach sollten Teleoperationsarbeitsplätze bzgl. der Videoübertragungsrate (Georg, Putz & Diermeyer, 2020), Displaykonzepten (Hosseini, 2018) und Feedbackmodalitäten (Kallioniemi et al., 2021) derart gestaltet werden, dass sie einen schnellen und gleichzeitig möglichst umfassenden Aufbau des Situationsbewusstseins begünstigen.

Die Telefahrt ist dadurch geprägt, dass im Regelfall die telefahrende Person keine direkte Sicht auf das zu steuernde Objekt hat, sondern Sensorinformationen und die Umgebung auf Bildschirmen dargestellt werden. Die telefahrende Person soll durch die entsprechenden Informationen und Kamerasichten in die Lage versetzt werden, die Umgebung korrekt zu erkennen, die richtigen Handlungsentscheidungen zu fassen und die Steuertätigkeit dann angemessen auszuführen, um auf diese Weise das Fahrzeug sicher zu steuern.

Eine wichtige Voraussetzung dafür sind Präsenz und Immersion. Sheridan (1992) definiert Präsenz als "sense of being present in a particular environment". Nach Huang & Alessi (1999) ist Telepräsenz entsprechend als "feeling that the operator is actually present in the place where the remote device is located" definiert. Präsenz beim Telefahrenden wird unter anderem durch Immersion erzeugt. Slater et al. (1997) betonen dabei die objektiven Aspekte der Immersion und beschreiben diese als "extent to which the computer displays are capable of delivering an inclusive, extensive, surrounding, and vivid illusion of reality". Witmer und Singer (1998) erweitern dies um eine subjektive Komponente, indem sie schreiben, Immersion sei ein "psychological state characterized by perceiving oneself to be enveloped by, included in, and interacting with an environment".

Die Präsenz als Gefühl, sich in einer bestimmten Umgebung zu befinden, in dem sich im Falle der Telefahrt auch das zu steuernde Objekt befindet, beinhaltet neben einer kognitiven auch eine emotionale Komponente, die sich z.B. über Gefühle (z.B. Angst) oder Verhalten (z.B. Schreckreaktion) äußern kann (Huang & Alessi, 1999). Diese Emotionen beeinflussen wiederum das Verhalten in der Teleoperationsumgebung. Deshalb sind neben kognitiven auch die emotionalen Aspekte der Präsenz wichtig. Da Telefahrende aufgrund der physischen Entfernung von den Effekten ihrer Entscheidungen auf den eigenen Komfort bzw. die eigene Sicherheit nicht betroffen sind, sind gerade die emotionalen Aspekte des Präsenzerlebens wichtig und beeinflussen die Situationsbewertung und die Entscheidungen. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass in den Verhaltenswissenschaften immer wieder die wichtige und sich ergänzende Rolle von kognitiv-reflektiven und emotional-impulsiven Determinanten des Verhaltens betont wird (vgl. Strack & Deutsch, 2004).

Entsprechend sollten auch Telefahrende in der Lage sein, nicht nur kognitiv die Perspektive des zu steuernden Fahrzeugs zur Grundlage des Teleoperationsbetriebs zu machen, sondern auch emotional zu reagieren (Mallam et al., 2022). Empathie beinhaltet somit affektive und kognitive Komponenten. Dies kommt auch in der Empathie-Definition von Gerdes (2011) zum Ausdruck: "feel and perceive the world from the perspective of the other". Diese empathische Reaktion und emotionale Präsenz setzt allerdings voraus, dass die telefahrende Person Erfahrung in der realen Situation vor Ort erlangt hat sowie im Rahmen von regelmäßigen Trainings diese immer wieder auffrischt (Mallam et al., 2022).

Auch wenn die dargestellten Herausforderungen eines angemessenen Workloads, eines ausreichenden Situationsbewusstseins, eines Gefühls der Präsenz sowie einer verkehrssicheren Fahrperformanz groß sind, so bietet der Teleoperationsbetrieb auch einige Aspekte, die die Leistungsfähigkeit der teleoperierten Fahrzeugführung erhöhen können. An erster Stelle ist hier das individuelle Leistungsvermögen der Telefahrenden zu nennen. Dadurch, dass diese gezielt selektiert, ausgebildet, trainiert, überprüft und beaufsichtigt werden können, ist von einem höheren Niveau der körperlichen, geistigen und charakterlichen Eignung sowie der individuellen fahrrelevanten Fähigkeiten und Fertigkeiten auszugehen als bei vielen Fahrenden im „normalen“ Straßenverkehr. Die Professionalität und

Beaufsichtigung der Telefahrenden bietet demnach das Potenzial, aus den Versprechungen, die eine teleoperierte Fahrzeugführung mit sich bringt, auch einen tatsächlichen Mehrwert für alle Verkehrsteilnehmenden in der Praxis zu realisieren.

Eine Übersicht über die Herausforderungen in Zusammenhang mit der Teleoperation automatisierter Fahrzeuge gibt HF-IRADS (2020). Diese Herausforderungen betreffen so unterschiedliche Bereiche wie das Management der Teleoperation, Training und Personal, Bedieninstrumente und Displays, die Kommunikationsschnittstelle, die Bedürfnisse von Fahrgästen sowie das Betriebskonzept (HF-IRADS, 2020):

- Management:
 - Anzahl der insgesamt teleoperierten Fahrzeuge
 - Betriebskonzept (ODD⁴ und Betriebsbereich, Übernahme eines stehenden oder fahrenden Fahrzeugs, Anzahl der von einer teleoperierenden Person unterstützten Fahrzeuge, Interaktionszeit mit dem Fahrzeug)
 - Verteilung der Aufgaben an die verschiedenen Teleoperierenden in einem Kontrollzentrum inkl. Übergaben zwischen verschiedenen Teleoperierenden und Kollaboration zwischen Teleoperierenden und lokalen Operierenden vor Ort (im Fahrzeug bzw. in der Nähe des Fahrzeugs)
 - Transition der Aufgabe zwischen automatisiertem Fahrsystem und Teleoperierenden
 - Leistungsfähigkeit der Fahrzeugsysteme (z.B. AEB⁵)
 - Situationsbewusstsein und beeinflussende Faktoren
 - Langeweile, Unaufmerksamkeit und Ablenkung
 - Motion Sickness
 - Angemessenes Design der Telefahrstation und benutzerzentriertes Design bzgl. Sitzabstand, Informationsdarstellung, Aufgaben und Umgebungsbedingungen (Geräusche, Beleuchtung)
- Training und Personal
 - Erforderliche Fahrerlaubnis
 - Gesundheitschecks
 - Kompetenzen und Kenntnis der Vorschriften und Regeln
- Bedieninstrumente und Displays (bzw. Anforderungen an diese)
 - Erzeugen von Telepräsenz
 - Ergänzung der visuellen Darstellung bzw. von Informationen im visuellen Kanal durch weitere Modalitäten (z.B. haptisches Feedback)
 - Untersuchung, ob das automatisierte Fahrzeugsystem Eingaben der Teleoperierenden überprüfen sollte

⁴ ODD: Operational Design Domain (Einsatzbereich des Fahrzeugs)

⁵ AEB: Autonomous Emergency Braking (Notbremsassistent)

- Displays (Auflösung, Sichtfeld, Spiegeldarstellung, Kontrast, Helligkeit)
- Mögliche synthetische Darstellung der Verkehrsumwelt (z.B. über eine Kombination von Video, Kartendarstellung und AR⁶-Elementen)
- Verwendung mehrerer Displays (z.B. Vogelsicht, Fahrzeugstatus)
- Vermeidung von Informationsüberlastung und Change Blindness
- Kommunikationsschnittstelle
 - Übermittlung von Video, Audio, Fahrzeuginformationen etc.
 - Reliabilität und Robustheit der Kommunikation
 - Anforderung an Bandbreite und Latenz/Jitter
- Bedürfnisse der Fahrgäste und Kunden
 - Vertrauen in Automation bzw. teleoperierte Fahrzeugsteuerung
 - Privatsphäre (z.B. bei Kamera im Fahrzeug) und Datenschutz
 - Kommunikationsmöglichkeit zwischen Personen im Fahrzeug und Teleoperierenden
 - Vorgehen und Prozeduren bei medizinischen Notfällen im Fahrzeug sowie Unfällen
 - Angemessene und situationsangepasste Information der Passagiere

Von der Anzahl der teleoperierten Fahrzeuge, die beim Telefahren jeweils nur nacheinander gesteuert werden können, und vom Betriebskonzept hängt voraussichtlich ebenso der Workload ab wie davon, ob die dynamischen Aspekte der Bedienung und Steuerung durch die telefahrende Person eher systemgetaktet (system-paced) oder operator-getaktet (operator-paced) sind (HF-IRADS, 2020). Das Situationsbewusstsein und die Telepräsenz sind zentral, da sie bei unzureichender Ausprägung zu einem eingeschränkten Dringlichkeitsgefühl und mangelnder Empathie führen können. Wenn das Anforderungsniveau an die telefahrende Person eher gering ist, dann ist mit Unaufmerksamkeit oder Ablenkung zu rechnen und der Aufmerksamkeitszustand der Person muss überwacht werden. Daneben ist das Personal anforderungsgerecht auszuwählen, zu trainieren und zu beaufsichtigen (HF-IRADS, 2020). Weiterhin ist der Arbeitsplatz der operierenden Person so zu gestalten, dass die Tätigkeit benutzerfreundlich ausgeführt werden kann, d.h. effektiv, effizient und subjektiv zufriedenstellend. Dafür ist das Herstellen von Telepräsenz wichtig – insbesondere über eine entsprechende Darstellung der visuellen Fahrumgebung. Grundlage hierfür ist jedoch eine ausreichende Qualität der Kommunikationsschnittstelle. Schließlich sind die Bedürfnisse von Fahrgästen im Hinblick auf Vertrauen, Privatsphäre und Akzeptanz wichtig. Dies betrifft insbesondere Situationen, in denen es zu Störungen oder Einschränkungen kommt und der Informationsbedarf der Passagiere beachtet werden muss.

In diesem Kontext steht auch die (eingeschränkte) Kommunikation zwischen Telefahrenden und anderen Verkehrsteilnehmenden (Dey et al., 2022). Da ein direkter Blickkontakt nicht möglich ist, sind ähnlich wie bei automatisierten Fahrzeugen insbesondere im Nahbereich des Fahrzeugs (z.B. bei Personenüberwegen oder Abbiegevorgängen mit zu Fuß

⁶ AR: Augmented Reality (bzw. erweiterte Realität)

Gehenden im Längsverkehr) irritierte bis verunsicherte andere Verkehrsteilnehmende zu erwarten. Da die telefahrende Person nach den bisherigen Konzepten ausschließlich über den Bewegungszustand ihres Fahrzeugs, die Fahrrichtungsanzeiger und mit Einschränkungen über die Lichthupe kommunizieren und signalisieren kann, was ihre Absicht ist, muss sie in diesen Situationen vorsichtig und vorausschauend fahren. Alternativ könnten technische Lösungen (z.B. External-HMIs) helfen, die Kommunikation mit insbesondere schwächeren Verkehrsteilnehmenden zu verbessern (Habibovic et al., 2019).

Eine wichtige Unterscheidung verschiedener Transitionen zwischen automatisiertem und manuellem bzw. teleoperiertem Fahren nehmen Lu & de Winter (2015) vor. So sind verschiedenen Arten der Kontrollübergabe zwischen Mensch bzw. teleoperierender Person und automatisiertem Fahrzeug in Abhängigkeit von der initiierenden Person der Kontrollübergabe und der empfangenden Person der Kontrolle (jeweils fahrende Person oder Fahrzeug) zu differenzieren:

- Automation-Initiated Automation Control (AIAC)
- Automation-Initiated Driver Control (AIDC)
- Driver-Initiated Automation Control (DIAC)
- Driver-Initiated Driver Control (DIDC)

AIAC und DIDC sind aktive Übernahmen, da die initiierende Person die Kontrolle übernimmt und auf den Kontrollwechsel vorbereitet ist. Bei AIDC ist die Person, die die Kontrolle übernimmt, nicht auf den Wechsel vorbereitet. Dementsprechend ist allgemein bei Kontrollwechseln, insbesondere aber bei AIDC, klar zu regeln, wer wann welche Aufgaben übergibt bzw. übernimmt.

Diese eindeutige Zuweisung der Verantwortlichkeit für die Fahrzeugführung ist bei der Teleoperation automatisierter Fahrzeuge zentral und hat Konsequenzen für die Organisation des Teleoperationsbetriebs, die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen und die Ausbildung der teleoperierenden Personen.

2.3 Teleoperationsarbeitsplatz

Der Teleoperationsarbeitsplatz stellt einen Teil der technischen Schnittstelle zwischen der telefahrenden Person und dem teleoperierten Fahrzeug bzw. Telefahrenden und Kontrollzentrum dar. Mit Blick auf die telefahrende Person bildet es die Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-Machine-Interface; HMI), mit der sich Telefahrende unmittelbar konfrontiert sehen. Die Ausgestaltung des Teleoperationsarbeitsplatzes kann dabei maßgeblich Einfluss auf Situationsbewusstsein, Workload und Fahrleistung der Telefahrenden nehmen. Während eine große Heterogenität in der Gestaltung von Teleoperationsarbeitsplätzen, die derzeit in Forschung und Industrie zum Einsatz kommen, vorliegt, finden sich über die verschiedenen Aufbauten hinweg dennoch grundlegende Gemeinsamkeiten (Cuchołowski, 2015; Designated Driver 2019⁷; Fernride, 2022⁸; Gnatzig, 2015; Hofbauer, Kuhn,

⁷ <https://designateddriver.ai>, Abruf: 21.03.2023

⁸ <https://www.fernride.com/>, Abruf: 21.03.2023

Petrovic & Steinbach, 2020; Ottopia, 2022⁹; Vay, 2022¹⁰): Derzeitig eingesetzte Teleoperationsarbeitsplätze ähneln in ihrem Aufbau meist statischen Fahrsimulatoren. Zur Sichtdarstellung kommen je nach Anzahl und Größe der Sichtkanäle mindestens drei Bildschirme zum Einsatz, während die primären Bedienelemente zur direkten, teleoperierten Steuerung meist aus Lenkrad und Pedalerie (Fahrpedal, Bremspedal) bestehen. Die Darstellung der Rückansichten entsprechend den Rück- und Seitenspiegeln wird meist in die Frontsicht integriert. Für die Geräuscharstellung kommen Lautsprecher oder Kopfhörer zum Einsatz, wobei einige Aufbauten keine auditiven Informationen aus der Fahrsituation übertragen. In der Regel kommt dabei ein generisches Mockup, bestehend aus Sitz, Pedalerie und Lenkrad, zum Einsatz, wobei kein Bewegungssystem verwendet wird. Je nach konkretem Aufbau werden der telefahrenden Person am Teleoperationsarbeitsplatz zusätzliche Sichten (z.B. Vogelperspektive) bzw. Sichthilfen (z.B. Darstellung der aktuellen Egotrajektorie) und für die Telefahrt relevante Informationen (z.B. Höhe der aktuellen Latenz, Informationen über die Verbindungsqualität) angezeigt. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass in wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie auch den Internetpräsenzen von kommerziellen Teleoperationsbetreibern meist keine detaillierten, technischen Spezifikationen hinsichtlich des Aufbaus von Teleoperationsarbeitsplätzen zu finden sind.

2.4 Einbindung in Gesamtbetrieb

Generell stehen telefahrende Person und Teleoperationsarbeitsplatz im Teleoperationskontext nicht für sich allein, sondern sind räumlich, organisatorisch wie auch personell in Kontrollzentren bzw. in einen übergreifenden Teleoperationsbetrieb eingebunden. Dadurch ergeben sich Anforderungen und Ansprüche an die Eignung und Befähigung von Telefahrenden, die über die teleoperierte Fahrzeugführung allein hinausgehen. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, telefahrende Person und Teleoperationsarbeitsplatz im Sinne eines System-of-Systems-Ansatzes als Subsysteme eines weitergefassten Gesamtsystems zu betrachten (AG Forschungsbedarf Teleoperation, 2023).

Kettwich, Schrank, Avsar & Oehl (2021) unterscheiden in diesem Zusammenhang unterschiedliche personelle Rollen, die Mitarbeitende in Kontrollzentren einnehmen können. Einen Überblick über die verschiedenen Rollen und die damit einhergehenden Aufgaben liefert Tabelle 3.

Rolle	Beschreibung
Remote-Koordinierende	Überwachung der Teleoperation
Remote-Driving-Operierende	Direkte Steuerung des Fahrzeugs über Fahrpedal, Bremspedal, Lenkung Übernahme der vollständigen Fahraufgabe ¹¹
Remote-Service-Operierende	Überwachung der technischen Infrastruktur des Kontrollzentrums und der Fahrzeuge

⁹ <https://ottopia.tech/>, Abruf: 21.03.2023

¹⁰ <https://vay.io/>, Abruf: 21.03.2023

¹¹ Bemerkung: Es handelt sich auch dann um Remote Driving bzw. Telefahren, wenn die operierende Person durch Assistenzsysteme unterstützt wird.

Technische Service- fachkräfte	Behebung von Fehlern am Fahrzeug
-----------------------------------	----------------------------------

Tabelle 3: Rollen in Kontrollzentren (KETTWICH ET AL., 2021)

Während die koordinierende Person für die Überwachung und den reibungsfreien Betrieb der Abläufe im Kontrollzentrum zuständig ist, sind die Remote-Driving-Operierenden für die direkte, teleoperierte Steuerung der Fahrzeuge verantwortlich und begrifflich mit Telefahrenden gleichsetzbar. Im Folgenden wird der Begriff der telefahrenden Person verwendet. Dagegen ist es Aufgabe der Remote-Service-Operierenden, den reibungsfreien Ablauf des Teleoperationsbetriebs auf technischer Seite zu überwachen bzw. sicherzustellen. Hierzu gehört das Aufspielen bzw. die Aktualisierung der notwendigen Softwarekomponenten der Fahrzeuge und der Systeme im Kontrollzentrum. Im Gegensatz dazu fällt die Behebung von Fehlern unmittelbar an den zu teleoperierenden Fahrzeugen in den Aufgabenbereich der technischen Servicefachkraft. Kettwich et al. (2021) unterscheiden in diesem Zusammenhang auch zwischen zentralen (Remote-Koordinierende, Remote-Driving-Operierende, Remote-Service-Operierende) und peripheren (technischen Servicefachkräfte) Rollen von Kontrollzentrumsmitarbeitenden, wobei hierfür entscheidend ist, ob die jeweiligen Mitarbeitenden unmittelbar an der Steuerung bzw. Überwachung der teleoperierten Fahrzeugsteuerung beteiligt sind¹².

Schließlich ergeben sich weitere Aufgabengebiete und Rollen aus den übergeordneten, organisationalen Strukturen, z.B. Mitarbeitende für Personalauswahl und -entwicklung der Telefahrenden bzw. der weiteren Mitarbeitenden im Kontrollzentrum (Cummins et al., 2021). Cummins et al. (2021) beschreiben die verschiedenen Funktionen, die in einem Kontrollzentrum für die teleoperierte Fahrzeugführung angesiedelt sind. Beispiele sind (1) die eigentliche teleoperierte Fahrzeugführung, (2) die Kommunikation (mit Kunden, öffentlichen Stellen, Wartungspersonal), (3) die Ressourcenzuweisung und das Kontingenzmanagement (Zuordnung eines Bedarfs zu einer Reaktionseinheit), (4) das Monitoring bzgl. Notfällen und unvorhergesehenen Ereignissen, (5) die Dokumentation und Aufzeichnung des Betriebs, (6) die Personalentwicklung sowie (7) die Kommunikation mit Fahrgästen. Somit entsteht ein entsprechender Bedarf an Trainings und Weiterbildungen des Personals, um das erforderliche Kompetenzniveau bei allen beteiligten Personen sicherzustellen und die sichere und professionelle Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Rollen abzustimmen und in allen betrieblichen Situationen zu gewährleisten.

¹² Bemerkung: Die Trennung zwischen zentralen und peripheren Rollen ist dabei nicht immer eindeutig, insbesondere, wenn Mitarbeitende mehrere Rollen gleichzeitig besitzen.

3 Eignung, Befähigung, Fahrtüchtigkeit und Aufsicht

Die Fahreignung der fahrzeugführenden Person, ihre Befähigung (oder Fahrfertigkeit) und ihre Fahrtüchtigkeit sind grundlegende Voraussetzungen für die Teilnahme am Straßenverkehr (Berghaus & Brenner-Hartmann, 2012; Fries, Wilkes & Lössl, 2008). Berghaus und Brenner-Hartmann (2012) definieren die Begriffe folgendermaßen:

- Fahreignung: zeitlich weitgehend stabile, von aktuellen Situations- und Befindlichkeitsparametern unabhängige Fähigkeit zum Führen eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr
- Fahrfertigkeit: durch Training, Übung und Erfahrung ausgebildete Fähigkeiten, die für das Fahren eines Kraftfahrzeugs notwendig sind
- Fahrtüchtigkeit: situations- und zeitbezogene Fähigkeit zum Führen eines Kraftfahrzeugs

Im Gegensatz zur Fahreignung, die als zeitlich stabil betrachtet wird, kann sich die Fahrtüchtigkeit aufgrund äußerer Faktoren oder dem Zustand der fahrenden Person verändern. Die Fahrfertigkeit beinhaltet die Fähigkeiten, die im Rahmen der Fahrausbildung vermittelt werden und sich in der Regel mit zunehmender Fahrerfahrung verbessern.

Alle genannten Begriffe sind Konstrukte, die kriterienbasiert messbar gemacht, d.h. operationalisiert werden müssen. Laut § 2 (4) StVG ist zum Führen von Kraftfahrzeugen geeignet, „wer die notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllt und nicht erheblich und nicht wiederholt gegen verkehrsrechtliche Vorschriften oder gegen Strafgesetze verstoßen hat“. Entsprechend wird häufig zwischen körperlicher Eignung, geistiger Eignung und charakterlicher Eignung unterschieden (Berghaus & Brenner-Hartmann, 2012).

Welche Anforderungen an die körperliche, geistige und charakterliche Eignung von Telefahrenden zu stellen sind, ist aktuell noch nicht definiert. Im Gegensatz zur Fahreignung ist die Fahrtüchtigkeit rasch veränderbar. Dementsprechend müssen Maßnahmen sicherstellen, dass die Verkehrsteilnehmenden auch fahrtüchtig sind. Bei der Telefahrt, bei der Kontrollen der Fahrtüchtigkeit der fahrzeugführenden Person durch die zuständigen Behörden vor Ort im Straßenverkehr nicht möglich sind, ist dies durch entsprechende Konzepte auf Seiten des Teleoperationsbetreibers und der zuständigen Behörden sicherzustellen und zu überprüfen. Auf Seite des Teleoperationsbetreibers sind in diesem Zusammenhang eine Beurteilung durch den Teamleiter, eine Kontrolle der Fahrperformanz (z.B. automatische Erkennung einer auffälligen Fahrweise, einer unangepassten Geschwindigkeit bzw. schlechter Spurhaltung) und die Verhinderung von Fahrten unter Einfluss psychoaktiver Substanzen (z.B. Alkohol-Interlock; Gilg, Hutzler, Tourneur & Eisenmenger, 1998) denkbar. Weiterhin muss eine Kontrollmöglichkeit der Fahrtüchtigkeit der telefahrenden Person durch die zuständigen Behörden (z.B. nach einem Unfall) gewährleistet sein.

Schließlich ist auch bei gegebener Fahreignung, Fahrfertigkeit und Fahrtüchtigkeit eine Gefährdung durch mangelnde Aufmerksamkeit der telefahrenden Person auf die aktuelle situative Fahrumgebung sowie Ablenkung vom Fahrgeschehen möglich. Entsprechend ist zu konkretisieren, inwieweit die Aufmerksamkeit der telefahrenden Person überwacht werden muss und wie eine solche Kontrolle gestaltet werden kann. Mögliche Maßnahmen sind z.B. eine Teamleitung, die die Arbeit der Telefahrenden beaufsichtigt und bei erkannter Ablenkung einschreitet, oder eine technische Vorrichtung (im Sinne einer Blickverhaltenserkennung; Kashevnik, Shchedrin, Kaiser & Stocker, 2021), die bei zu langer Abwendung vom Fahrgeschehen eingreift (z.B. indem die telefahrende Person gewarnt und bei anhaltender fehlender Aufmerksamkeit ein Minimal Risk Manöver eingeleitet wird).

3.1 Stand der Forschung zu Eignung und Befähigung bei der teleoperierten Fahrzeugführung

Die Literaturrecherche ergab keine wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die sich mit Fragen der Eignung und Befähigung von Telefahrenden im Straßenverkehr beschäftigen. Entsprechend können keine empirisch begründeten und wissenschaftlich fundierten Regelungen für die Auswahl, Ausbildung, Weiterbildung und regelmäßige Überprüfung der Telefahrenden abgeleitet werden oder Hinweise auf Eignungskriterien, Kompetenzen und Qualifikationen gegeben werden.

So listet auch Bout (2017) lediglich die Aufgaben einer telefahrenden Person auf und beschreibt, dass diese die entsprechenden Fähigkeiten haben muss, diese Aufgaben auszuführen:

- Bewertung des Fahrzeugzustands
- Bewertung der Fahrzeugumgebung/Fahrsituation
- Herstellen eines mentalen Modells der Gesamtsituation
- Lösungsfindung für die aktuelle Situation
- Ausführen der Handlungen zur Lösung der Situation
- Längs- und Querführung
- Bewusstsein über evtl. Sicherheitsrisiken
- Kommunikation mit Passagieren/anderen Verkehrsteilnehmenden
- Überwachung des Fahrzeug- und Systemstatus

Falls die Telefahrt eine Rückfallebene des automatisierten Fahrens darstellt, besteht eine Herausforderung darin, dass – ähnlich wie bei der Übernahme der Fahraufgabe durch eine fahrende Person im mit einem automatisierten Fahrsystem ausgerüsteten Fahrzeug – eine Übernahme genau dann stattfindet, wenn die Systemfähigkeiten ausfallen oder die Fahrsituation den Betriebsbereich (Operational Design Domain; ODD) des automatisierten Systems verlässt. In einer solchen Situation ist es zentral, dass die telefahrende Person ein ausreichendes Situationsverständnis hat und “in the loop” ist, d.h. die Situation ausreichend beobachten und bewerten konnte.

Entsprechend kann die Fahraufgabe durch die telefahrende Person nicht kurzfristig in kritischen Situationen übernommen werden, sondern nur aus einem unkritischen, sicheren Zustand des Fahrzeugs heraus (z.B. aus dem Stand). Die Telefahrt steht damit ähnlich wie

die Übernahme durch eine Person im Fahrzeug vor dem Widerspruch, dass mit zunehmender Verlässlichkeit des automatisierten Systems das Situationsbewusstsein der operierenden Person und ihre Fähigkeit zur Übernahme sinkt, wenn keine entsprechenden Vorkehrungen getroffen werden (vgl. Bainbridge, 1983; Parasuraman & Riley, 1997; Sheridan, 2002).

In Großbritannien hat sich die sogenannte Law Commission mit den Herausforderungen und der Rechtslage in Zusammenhang mit dem Telefahren befasst (Law Commission, 2023). Die Kommission stellt in ihrem Bericht fest, dass die teleoperierte Fahrzeugführung Herausforderungen mit sich bringt und empfiehlt eine Reihe von Maßnahmen (Tabelle 4), z.B. einen Sicherheitsnachweis. Dazu gehören das Training des Personals, Gesundheitschecks und Überprüfungen sowie die Sicherstellung der Aufmerksamkeit (z.B. über entsprechende Ruhezeiten). Auch bezüglich möglicher Haftungsfragen der Telefahrenden macht die Kommission Anmerkungen.

Anforderung	Schlussfolgerung
Sicherheitsnachweis	Ein Betreiber teleoperierter Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr muss einen Sicherheitsnachweis vorlegen. Dieser sollte folgende Aspekte behandeln: (1) Angemessenheit der Kommunikationsverbindung; (2) Prozesse zur Risikominderung bei Ausfall der Kommunikation; (3) Cybersicherheit; (4) Gestaltung und Funktionalität des Teleoperationsarbeitsplatzes; (5) Sicherheit der Betriebszentrale; (6) Schulung des Personals; (7) Eignung und Überprüfung des Personals; (8) Aufmerksamkeit des Personals und Ruhezeiten; (9) Überprüfung der Verkehrstauglichkeit der Fahrzeuge; und (10) Umgang mit Zwischenfällen.
Lizenz	Der Betreiber muss nachweisen, dass er über eine angemessene finanzielle Leistungsfähigkeit verfügt, seine Tätigkeit in Großbritannien ausübt und fachlich kompetent ist. Zum Nachweis der fachlichen Eignung muss der antragstellende Betreiber ein Sicherheitsmanagementsystem vorlegen, in dem alle sicherheitsrelevanten Aufgaben und die jeweils erforderlichen Kompetenzen aufgeführt sind.
Lizenzdauer	Bei der Erteilung einer Lizenz sollte die Aufsichtsbehörde die Bedingungen festlegen, die der Betreiber als Bedingungen für die Lizenz erfüllen muss. Die Dauer einer Lizenz sollte anfänglich 5 Jahre betragen.
Unternehmenssitz	Die Teleoperation eines Fahrzeugs von außerhalb des Gebiets, für das die Rechtsvorschriften für die Teleoperation gelten, sollte verboten werden.
Fahrzeugaufsicht	Jedes Fahrzeug, das teleoperiert wird, muss von einem lizenzierten Betreiber beaufsichtigt werden.
Versicherung	Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, um die Beteiligten von Unfällen mit teleoperierten Fahrzeugen in ähnlicher Weise

	zu entschädigen wie die Opfer von Kollisionen mit automatisierten Fahrzeugen. Entsprechende Haftpflichtversicherungen für Betreiber sind obligatorisch.
Haftung der Tele-fahrenden	Eine teleoperierende Person sollte sich gegen eine Strafverfolgung wegen eines Verkehrsdelikts verteidigen können, wenn auch eine kompetente und umsichtige telefahrende Person (1) sich der haftungsbegründenden Umstände nicht bewusst gewesen wäre; oder (2) die Begehung des Verstoßes nicht vermieden hätte. Eine telefahrende Person sollte nur dann für schuldig befunden werden, wenn keiner der beiden Punkte zutrifft. Die Haftung für Verkehrsdelikte sollte davon nicht berührt werden.

Tabelle 4: Auszug aus den Empfehlungen der LAW COMMISSION (2023).

Die Studie von McNicol (2022) weist darauf hin, wie eine teleoperierte Fahrzeugführung durch eine künftige Standardisierung des Teleoperationsbetriebs befördert werden kann. Basierend auf einer Literaturanalyse und strukturierten Interviews mit N=13 Organisationen und Firmen, die sich mit Teleoperation im Straßenverkehr beschäftigen, gibt McNicol (2022) eine Reihe von Empfehlungen. Dabei sind insbesondere die verschiedenen Use Cases der Teleoperation zu beachten, die sich in Abhängigkeit von der Fahrumgebung (kontrolliert vs. unkontrolliert bzgl. anderer Verkehrsteilnehmender), der Regulierung und Versicherungsaspekten (öffentliche Straßen, Privatgrund, andere Verkehrsteilnehmende), dem Geschwindigkeitsniveau und der Ladung (Güter, Fahrgäste) unterscheiden können.

Die Interviewergebnisse zeigen (McNicol, 2022), dass eine Unterscheidung zwischen der Teleoperation von automatisierten und konventionellen Fahrzeugen nötig ist. Eine besondere Herausforderung liegt nach Meinung der Befragten im nötigen Situationsbewusstsein bei den Teleoperierenden. Dieses ist durch die Limitierung der Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Teleoperationsarbeitsplatz (mit Folgen für Bandbreite und Latenz) eingeschränkt. Weiterhin kann das Situationsbewusstsein durch das Fehlen von Bewegungs-Cues, 3D-Informationen, Rückmeldung über Lenkrad und Pedale, Augenkontakt zu anderen Verkehrsteilnehmenden, direkte Wahrnehmung des Wetters sowie der Möglichkeit, die Kamerasicht zu beeinflussen, potentiell beeinträchtigt werden.

Umso wichtiger sind neben der Gestaltung des Teleoperationsarbeitsplatzes die Auswahl und das Training der Teleoperierenden. Diese benötigen ein ausreichendes Maß an Fahrerfahrung, eine passende Fahrerlaubnis und ein Training in der Bedienung des Fahrstands. Weiterhin sind unter Umständen eine Regulierung von Lenkzeiten und eine Kontrolle des Aufmerksamkeitszustands der teleoperierenden Person nötig. Insgesamt zeigt dies die Notwendigkeit von Regulierung und Standards. Diese sollte folgende Aspekte umfassen bzw. beachten (McNicol, 2022):

- Erfahrung und Training von Teleoperierenden: Fahrerlaubnis, Fahrerfahrung, Regelverstöße im Straßenverkehr, Training, Kenntnis der Fahrumgebung, Erfahrung mit spezifischer ODD
- Prüfung und Aufsicht: Prüfung vor Einsatz als teleoperierende Person, Aufsicht während des Fahrbetriebs (Korrektheit der Situationsbewertung und Güte der Eingriffe)

- Fahrstand: Platzierung von Displays, Bedien- und Eingabeinstrumenten, Sitzposition, Beleuchtung, Temperatur, Ablenkungspotential, Informationsdarstellung, Kommunikation
- Informationen, die vom Fahrzeug bereitgestellt werden: Videoauflösung, Bildrate, Sichtfeld, Darstellung anderer Sensorinformation, Fahrzeugstatus

In Zusammenhang mit dem Test automatisierter Fahrzeuge im Realverkehr, betrachten Kalaiyarasan et al. (2021), inwieweit die Aufgaben der Sicherheitsperson und der Versuchsleitung im Fahrzeug auch ferngesteuert durch eine teleoperierende Person übernommen werden können und welche Voraussetzungen dafür nötig wären. Die Empfehlungen beruhen auf einer Literaturrecherche und einer Befragung von Interessengruppen.

Bislang müssen bei Tests automatisierter Fahrfunktionen im Realverkehr in der Regel zwei Personen in jedem Versuchsfahrzeug anwesend sein: die Sicherheitsperson und die Versuchsleitung. Die Studie von Kalaiyarasan et al. (2021) untersucht, wie die Aufgaben beider Personen durch eine teleoperierende Person durchgeführt werden können. Die Veröffentlichung nennt für den beschriebenen Fall (d.h. die Testung automatisierter Fahrfunktionen im Realverkehr) drei grundlegende Voraussetzungen für eine teleoperierte Absicherung und Versuchsdurchführung:

- Der Bediener muss über ausreichendes Situationsbewusstsein verfügen, um die Umgebung zu verstehen.
- Der Bediener muss über eine ausreichende Kontrollmöglichkeiten verfügen, um das Fahrzeug beeinflussen zu können.
- Die Kommunikationsverbindung und Videoübertragung zwischen Bediener und Fahrzeug muss ausreichende Kontrolle und ausreichendes Situationsbewusstsein ermöglichen.

In diesem Zusammenhang gibt es eine Reihe von Herausforderungen, die gelöst werden müssen, damit Teleoperation möglich wird (Kalaiyarasan et al., 2021): haftungsrechtliche Fragen, technische Fragen (z.B. bzgl. Kommunikationsinfrastruktur) inkl. Latenz, Human-Factors (z.B. SA, Aufmerksamkeit, Vertrauen) und Transitionen (z.B. Übernahmeaufforderungen, Mode Awareness).

Daraus ergeben sich nach Kalaiyarasan et al. (2021) für den genannten Anwendungsfall folgende Anforderungen an die teleoperierende Person:

- Fahrerlaubnis
 - Fahrerlaubnis für das gefahrene Kraftfahrzeug
 - Fahrerlaubnis für Prototypenfahrzeuge
 - Ausreichende Fahrerfahrung
 - Kompetenzen, die über jene einer „normalen“ fahrenden Person hinausgehen
- Training
 - Basistraining (z.B. zum Starten des Fahrzeugs und den Bedieninstrumenten)
 - Risikomanagement und Testdurchführung

- Systemverständnis inkl. Leistungsfähigkeit und Grenzen des Fahrzeugsystems
- Eingreifen aufgrund einer möglichen Gefahrensituation (d.h. Erkennen von Abweichungen vom Sollverhalten des Systems und Fähigkeit, die Fahraufgabe vollständig zu übernehmen)
- Umgang mit Transitionen zwischen automatisierter und manueller Fahrt
- Überwachung des Fahrzeugs/Systems bei automatisierter Fahrt
- Durchführen eines Fahrzeugstopps im Notfall

Die von Kalaiyarasan et al. (2021) für den spezifischen Anwendungsfall einer teleoperierten Absicherung von Tests automatisierter Fahrfunktionen im Realverkehr genannten Anforderungen an eine Remote-Sicherheitsperson bzw. Remote-Versuchsleitung geben damit auch relevante Hinweise für zukünftige Regelungen bzw. der Auswahl, Ausbildung, Weiterbildung und regelmäßigen Überprüfung einer telefahrenden Person.

3.2 Stand der Forschung zu Eignung und Befähigung in verwandten Anwendungsbereichen

Autonome Fahrzeuge bzw. Flugzeuge, die in unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt werden können, werden seit geraumer Zeit entwickelt und untersucht (Vagia & Rødseth, 2019). Autonome Systeme müssen in der Lage sein, ihre Umgebung zu erfassen, diese zu analysieren, Verhalten und Handlungen zu planen, Entscheidungen zu treffen und schließlich Handlungen und Manöver auszuführen. Da nahezu immer eine teleoperierte Steuerung als Rückfallebene im Gesamtsystem betrachtet wird, wird in den folgenden Kapiteln auf Erkenntnisse im Bereich der Teleoperation von Schienen- und Wasserfahrzeugen sowie Flugzeugen eingegangen. Daneben ist die Teleoperation im Bereich unbemannter Flugzeuge (bzw. Drohnen) und in der Robotik bereits seit vielen Jahren ein Forschungsschwerpunkt.

3.2.1 Teleoperierter Schiffsverkehr

Im Bereich der Schifffahrt sind autonome Schiffe (Maritime Autonomous Surface Ship, MASS) ein aktueller Forschungsgegenstand (Sharma et al., 2019; Yoshida et al., 2020). Es werden vier Automatisierungsstufen unterschieden (IMO, 2018):

- Stufe 1 – Schiff mit automatisierten Prozessen und Entscheidungsunterstützung: Seeleute sind an Bord, die die Systeme und Funktionen des Schiffs bedienen und kontrollieren. Einige Abläufe können automatisiert sein, jedoch können Seeleute jederzeit die Kontrolle übernehmen.
- Stufe 2 – Ferngesteuert mit Seeleuten an Bord: Das Schiff wird ferngesteuert und -betrieben. Seeleute sind an Bord, können die Kontrolle übernehmen und die Schiffssysteme und -funktionen bedienen.
- Stufe 3 – Ferngesteuert ohne Seeleute an Bord: Das Schiff wird ferngesteuert und -betrieben. Es sind keine Seeleute an Bord.
- Stufe 4 – Völlig autonom: Das Betriebssystem des Schiffes trifft die Entscheidungen und kontrolliert die Abläufe.

Vor allem im Rahmen des Betriebs in den Stufen 2 und 3 sind Teleoperierende als Back-up vorgesehen, die überwachen, entscheiden und die Kontrolle übernehmen können, falls das automatisierte System Fehler macht. Damit sind die Kompetenz und das Training der teleoperierenden Schiffsführenden zentral für die Sicherheit des Gesamtsystems (Sharma et al., 2019) – insbesondere die Überwachung und Entscheidungsfindung auf der Brücke. Somit ergibt sich die Frage, welche Anforderungen an die Kompetenz von Teleoperierenden in der Schifffahrt zu stellen sind. Weiterhin stellt sich die Frage, welche längerfristigen Auswirkungen Teleoperation hat, d.h. ob Fähigkeiten der teleoperierenden Person auf Grundlage von Erfahrungen in der realen Welt aufgebaut werden müssen oder auch ausschließlich im Rahmen der teleoperierten Schiffsführung erworben werden können. In diesem Zusammenhang wird auch wichtig, ob sich zentrale Fähigkeiten einer teleoperierenden Person ohne kontinuierliches Training in der realen Welt mit der Zeit verringern (Tam et al., 2021).

Da durch die eingeschränkte Wahrnehmung und die reduzierten Informationsquellen für die teleoperierende Person der Aufbau eines ausreichenden Situationsbewusstseins erschwert wird, beschäftigen sich Yoshida et al. (2020) mit der Frage, inwieweit zusätzliche Kompetenzen dies kompensieren können. Über Befragungen von Fachleuten und Diskussionen in Fokusgruppen wurde der Frage nachgegangen, welche Anforderungen an die Kompetenzen von Teleoperierenden gestellt werden müssen, um das gleiche Niveau an Situationsbewusstsein zu erhalten wie bei Schiffsführenden auf der Brücke des Schiffs.

Die vorgeschlagenen Zusatzkompetenzen für Teleoperierende in der Schifffahrt enthalten folgende Aspekte (Yoshida et al., 2020):

- Fähigkeit, die erforderlichen Informationen aus Bildschirmanzeigen und anderen Informationselementen unter den eingeschränkten Bedingungen im Kontrollzentrum zu erkennen
- Fähigkeit, die Richtigkeit der Informationen einzuschätzen, die aus der eingeschränkten Sensorerkennung und Informationsübertragung gewonnen wurde
- Korrektes Verständnis der Auswirkungen des Seegangs auf die Bewegung eines Schiffes unter den eingeschränkten Bedingungen im Kontrollzentrum
- Fähigkeit, Objekte und Schiffe zu erkennen, die ein Risiko für die Sicherheit darstellen (unter eingeschränkten Bedingungen im Kontrollzentrum)
- Fähigkeit, durch die genaue Erkennung eines gegebenen Alarms unter den eingeschränkten Bedingungen im Kontrollzentrum sofortige und zielgerichtete Maßnahmen zu ergreifen
- Fähigkeit zur Vorhersage künftiger Situationen auf der Grundlage der eingeschränkten Wahrnehmung und des Verständnisses im Kontrollzentrum
- Fähigkeit, geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu ergreifen, wenn die Datenübertragung zwischen Schiffsbrücke und Kontrollzentrum unterbrochen wird
- Fähigkeit zur Identifizierung der Problemursache im Kontrollzentrum, wenn das elektronische Navigationssystem des autonomen Schiffs gestört ist

Entsprechend dieser Kompetenzen sollten der Veröffentlichung zufolge folgende Zusatzanforderungen für Teleoperierende in der Schifffahrt in die International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) aufgenommen werden (Yoshida et al., 2020):

- Erfahrung im Seedienst
- Sicherheit bei der Unterbrechung der Datenkommunikation
- Grundkenntnisse in drahtloser Kommunikation und Datenübertragung

3.2.2 Teleoperierter Bahnverkehr

Die zunehmende Automatisierung des Bahnverkehrs (Automatic Train Operation; ATO) ist eine Zukunftsperspektive, die eine Reihe von Vorteilen (z.B. Energieeinsparung, verbessertes Mobilitätsangebot) verspricht (Specht et al., 2022). Vier Stufen der Automatisierung (Grades of Automation, GoA) werden im Bahnverkehr unterschieden (UITP, 2012):

- GoA1 – Manuelle Fahrt mit Zugbeeinflussung (die z.B. Geschwindigkeitsübertretungen verhindert)
- GoA2 – Längsregelung durch System mit einer triebfahrzeugführenden Person, die die Fahrt im Fahrcockpit überwacht
- GoA3 – Längsregelung durch System mit Betriebspersonal im Zug
- GoA4 – Längsregelung durch System ohne Betriebspersonal im Zug

Während U-Bahnen bereits automatisiert betrieben werden (UITP, 2018), sind im Vollbahnbereich die technischen Rahmenbedingungen für höhere Automatisierungsgrade in der Regel nicht gegeben (z.B. Systemzuverlässigkeit). Für das Betriebspersonal ergeben sich aus der Automatisierung Veränderungen im Aufgabenspektrum und neue Rollen (z.B. welche Aufgaben der triebfahrzeugführenden Person, die die Automatisierung nicht durchführt, übernimmt das weitere Betriebspersonal). Während Signale auch per Kommunikationsschnittstelle ans Schienenfahrzeug übermittelt werden können, müssen Hindernisse über eine entsprechende Sensorik der Infrastruktur oder des Fahrzeugs erkannt werden.

Da die Triebfahrzeugführenden im gegenwärtigen Bahnbetrieb eine maßgebliche Rolle bei Störungen spielen (Grippenkoven et al., 2020) und auch bei automatisiertem Bahnbetrieb weiterhin Störungen zu erwarten sind (z.B. Hindernisse), ist auch in diesem Fall die teleoperierte Fahrzeugführung als Rückfallebene nötig und in den Betriebskonzepten vorgesehen. Der Remote Train Operator sitzt dafür an einem entsprechenden Arbeitsplatz und steuert den Zug aus der Ferne.

Eine Analyse der sicherheitsrelevanten Aufgaben des Remote Train Operators im GoA3/4-Betrieb (Brandenburger & Naumann, 2018) ergab, dass die Aufgabe der operierenden Person bei nicht routinemäßigen Situationen hauptsächlich in der Situationsbewertung und Koordination besteht.

Die Herausforderungen bei der Teleoperation von Zügen sind ähnlich zu denen im teleoperierten Straßenverkehr. So werden Sensorinformationen vom Zug und Steuerbefehle zum Zug immer latenzbehaftet sein, die Bandbreite der Informationsübertragung ist begrenzt (mit entsprechender Beeinträchtigung der Videoqualität) und das Sichtfeld für den Train Remote Operator ist verändert (Masson et al., 2022).

3.2.3 Teleoperierter Flugverkehr

Ein großes Anwendungsgebiet von Teleoperation im Flugverkehr sind Einsätze unbemannter Flugzeuge (Unmanned Aerial Vehicles; UAV) (Kay et al., 1999). Daneben gibt es Ansätze, die Crew in zivilen Flugzeugen zu verkleinern. Statt der Cockpit-Crew gibt es dann

einen Einzelpiloten (Single Pilot Operation), der von einem Remote-Piloten am Boden unterstützt wird (Schmid & Stanton, 2019). Der Remote-Pilot kann in diesem Szenario auch remote fliegen. In beiden Anwendungsszenarien werden die Flugzeuge von Operierenden an entsprechenden Kontrollstationen aus der Ferne gesteuert. Der Arbeitskontext ist gekennzeichnet durch (1) viele visuelle Informationen (Bilder, Karten, Text, numerisch), (2) Eingabegeräte ähnlich zu bemannten Flugzeugen, (3) Kommunikationsmöglichkeiten (Email, Chat, Telefon), (4) Multitasking und (5) Wechsel von Unter- und Überforderung (Paullin et al., 2011).

Während eines großen Teils eines Einsatzes fliegen UAV automatisiert und die Aufgaben der operierenden Person sind z.B. (Kay et al., 1999):

- Managen von Missionen mit mehreren Luftfahrzeugen
- Erkennen von und Umgang mit gestörter Systemfunktionalität
- Wiedererlangung des Situationsbewusstseins nach dem Verlust der Datenverbindung
- Interpretation von Anzeigen
- Übergabe der Systemkontrolle an andere Teammitglieder oder Kontrollstationen

Die operierende Person muss somit in der Lage sein, dynamische und komplexe Informationen schnell zu verarbeiten und effektive Entscheidungen zu treffen. Psychomotorische Fähigkeiten sind dabei weniger wichtig als beim manuellen Fliegen im Cockpit.

Da die Auswahl von Operierenden für UAV äußerst wichtig für den effektiven Einsatz dieser Systeme ist, stellt sich die Frage, welche Anforderungen an die Selektion geeigneter Operierender zu stellen sind. Aufgrund der Knappheit ausgebildeter Piloten musste die Frage geklärt werden, ob die operierende Person eines UAV Pilot sein muss, welche Fähigkeiten nötig sind und welche Vorerfahrungen den Ausbildungs- und Trainingserfolg beeinflussen. Dabei zeigte sich, dass psychomotorische Tests (z.B. Reaktionszeit, Tracking, Auge-Hand-Fuß Koordination) im Rahmen der Selektion an Bedeutung verlieren (Kay et al., 1999; McKinley et al., 2009) und Tests der kognitiven Leistungsfähigkeit (z.B. Multi-Tasking, Priorisieren, Vigilanz) wichtiger werden (Kay et al., 1999). Persönlichkeitscharakteristika sind ebenfalls wichtig, da in entsprechenden Stresssituationen Interaktionsstile, Beurteilung und Entscheidungsfindung sehr wichtig werden. Daneben benötigt eine UAV operierende Person auch ausreichendes fliegerisches (z.B. Aerodynamik, Navigation, Technik) Vorwissen (Kay et al., 1999).

Weitere Voraussetzungen auf Seiten der operierenden Person liegen in den speziellen Arbeitsbedingungen einer Remote-Kontrollstation begründet. So muss die operierende Person bereit sein, sich auf elektronisch übermittelte Informationen für eine Entscheidungsfindung zu verlassen und in einer Umgebung mit virtueller Realität arbeiten.

Eine empirische Untersuchung zu den Eignungsvoraussetzungen von Teleoperierenden im Flugverkehr wurde von McKinley et al. (2009) durchgeführt. Da vor allem Kampfpiloten eine langwierige und teure Ausbildung absolvieren, lautete die Fragestellung, ob auch Personen, die regelmäßig Videospiele spielen, Fähigkeiten besitzen, die sie für eine Ausbildung zum Drohnenpiloten geeignet erscheinen lassen. Voruntersuchungen konnten zeigen, dass Videospieldende z.B. ausgeprägtere psychomotorische Fähigkeiten, geringere Reaktionszeiten, schnellere Aufmerksamkeitswechsel, höhere mentale Rotationsfähigkeiten, eine erhöhte Entdeckung von Auffälligkeiten in visuellen Stimuli und einen besseren Um-

gang mit Stress im Vergleich zu Nichtspielenden aufweisen. Die Studie verglich Piloten, Videospielespieler und Kontrollpersonen bzgl. ihrer Leistung in simulierten fliegerischen Szenarien. Die Ergebnisse zeigen, dass simulierte Landemanöver von Piloten und Videospielespielern gleich gut ausgeführt werden und beide Gruppen besser performen als die Kontrollpersonen. Die Autoren folgern, dass kognitive Fähigkeiten, die beim Spielen von Videospielen erlernt wurden, auf neuartige Umgebungen wie die Teleoperation von Flugzeugen übertragen werden können und die Leistung in bestimmten Bereichen (z.B. Zielverfolgung und Flugzeugsteuerung) im Vergleich zu Personen ohne Videospielespielerfahrung verbessern. Entsprechend könnten Videospielespieler ein Pool von Personen sein, die zu Drohnen-Piloten ausgebildet werden.

Auch Ferraro et al. (2022) untersuchten den Zusammenhang zwischen Gaming-Erfahrung und dem teleoperierten Steuern von Fluggeräten. Die Ergebnisse zeigen, dass erfahrene Videospielespieler bei einer simulierten Search-and-Rescue-Aufgabe einen geringeren Workload haben, weniger Stress erleben und eine bessere Leistung zeigen. Die Autoren betonen jedoch, dass unklar bleibt, ob die korrelativen Zusammenhänge (a) auf die Wirkung von Erfahrung mit Gaming im Sinne des Trainings bestimmter Fähigkeiten und Fertigkeiten zurückzuführen sind oder (b) bestimmte Prädispositionen und Fähigkeiten zu mehr Gaming führen. Während (a) eher für die Verwendung von Gaming im Rahmen der Ausbildung und des Trainings von Operierenden spräche, würde (b) eher für eine Berücksichtigung von Gaming-Erfahrung bei der Auswahl von zukünftigen Operierenden sprechen.

Paullin et al. (2011) haben Fachleute befragt, welche Fähigkeiten, Fertigkeiten und weitere Charakteristika die Personen ausmachen, die den Lehrgang für einen teleoperierenden Piloten erfolgreich abschließen. Tabelle 5 listet die Merkmale auf, die für Remote Operierende im Flugbetrieb nach Meinung der Befragten besonders wichtig sind.

- Initiative: Aufgaben ohne übermäßiges Aufschieben in Angriff nehmen; unabhängig und selbständig arbeiten; Verantwortung übernehmen
- Durchsetzungsvermögen: Vorschläge und Empfehlungen vorbringen
- Entscheidungsfreudigkeit: auf Grundlage verfügbarer Informationen gute Entscheidungen treffen
- Selbstbeherrschung: in schwierigen Situationen die Fassung bewahren; die Aufmerksamkeit schnell wieder auf die Hauptaufgabe lenken
- Stresstoleranz: Ruhe bewahren, die Situation analysieren, angemessen handeln; bei hoher Arbeitsbelastung oder in Stresssituationen schnelle und präzise Entscheidungen treffen
- Anpassungsfähigkeit: sich auf veränderte Situationen oder unerwartete Ereignisse einstellen
- Mündliches Verständnis: mündlich vorgetragene Informationen verstehen – auch in Stressbedingungen
- Mündliche Ausdrucksfähigkeit: Informationen mündlich so vermitteln, dass andere sie verstehen
- Zahlenverständnis: Zahlen schnell und genau erkennen und verarbeiten, einschließlich grundlegender mathematischer Operationen ohne Verwendung externer Hilfsmittel
- Arbeitsgedächtnis: Informationen vorübergehend im Gedächtnis behalten, während andere Informationen verarbeitet werden
- Priorisierung von Aufgaben: Aufgaben in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit ausführen; die Aufmerksamkeit auf Aufgaben lenken, wenn sich Prioritäten ändern
- Selektive Aufmerksamkeit: unter ablenkenden oder sich wiederholenden Bedingungen ein hohes Maß an Konzentration aufrechterhalten; den Fokus trotz Unterbrechungen beibehalten

- Zeiteinteilung: Aufmerksamkeit flexibel zwischen verschiedenen Aufgaben hin- und herschalten
- Wahrnehmungsgeschwindigkeit: Ähnlichkeiten und Unterschiede visueller Informationen schnell und genau vergleichen (bei gleichzeitiger oder sequentieller Darstellung); umfasst auch den Vergleich eines präsentierten Objekts mit einem erinnerten Objekt
- Räumliche Orientierung: eigenen Standort in Bezug auf die Umgebung kennen; wissen, wo sich andere Objekte im Verhältnis zu einem selbst befinden
- Visualisierung: sich vorstellen, wie etwas aussehen wird, nachdem es bewegt oder seine Teile verschoben oder neu angeordnet wurden
- Mustererkennung: bekannte Muster identifizieren oder erkennen; Informationen zu einem sinnvollen Muster kombinieren
- Steuerungspräzision: Bewegung einer Maschine, eines Fahrzeugs oder eines Geräts schnell und genau steuern; feine, präzise Bewegungen oder Einstellungen vornehmen.
- Kritisches Denken: Anwendung von Logik und Argumentation, um die Stärken und Schwächen alternativer Herangehensweisen an Probleme zu ermitteln
- Urteilsvermögen und Entscheidungsfindung: relative Kosten und Vorteile potenzieller Maßnahmen abwägen, bevor die am besten geeignete Maßnahme gewählt wird
- Teamwork: sich mit anderen im Team koordinieren; Austausch von Informationen, um ein gemeinsames Verständnis zu gewährleisten; Unterstützung der Teammitglieder bei Bedarf

Tabelle 5: Merkmale, die für Remote Operierende im Flugbetrieb besonders wichtig sind (vgl. Paullin et al., 2011)

Im Leitfaden der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (European Union Aviation Safety Agency, EASA) zur EU-Regulation 965/2012 werden einige Vorgaben gemacht, die die Eignung, Kompetenzen und Aufsicht des Flugpersonals betreffen (EASA, 2019). So dürfen Crewmitglieder bereits acht Stunden vor ihrer Dienstzeit (und auch während des Flugs) keinen Alkohol konsumieren. Auch muss es Fortbildungsmaßnahmen bzgl. psychoaktiver Substanzen (z.B. zu Wirkungen insbesondere auf die Flugsicherheit, Konzernvorgaben, Unterstützungsmöglichkeiten bei Missbrauch) geben. Die Fluggesellschaft muss die Crewmitglieder mindestens bei der Einstellung sowie bei begründeten Anlässen auf psychoaktive Substanzen untersuchen. Auch stichprobenartige Kontrollen durch die Fluggesellschaft sind möglich.

Eignungsvoraussetzungen des Personals, die für einen sicheren Flugbetrieb notwendig sind, sind im Rahmen einer psychologischen Beurteilung zu untersuchen. Dies betrifft kognitive Fähigkeiten, Persönlichkeitseigenschaften, betriebliche und berufliche Kompetenzen sowie soziale Kompetenzen. Eine solche Untersuchung darf maximal zwei Jahre zurückliegen bzw. muss anderweitig auf ihre weitere Gültigkeit hin überprüft werden (z.B. über eine kontinuierliche Supervision der beruflichen Leistung).

Professionelle Unterstützungsprogramme sind vorzusehen und zu bewerben, die dann greifen, wenn die medizinische und/oder psychologische Eignung eines Crewmitglieds nach eigener oder Einschätzung anderer eingeschränkt ist. Der Schwerpunkt des Programms sollte auf Prävention und frühzeitiger Unterstützung liegen sowie eine Überweisung, Beratung und/oder Behandlung ermöglichen, sofern dies erforderlich ist. Eine Kultur des gegenseitigen Vertrauens und der Zusammenarbeit sowie Anonymität sollte dafür sorgen, dass Crewmitglieder offen sind und Hilfe suchen. Im Falle schwerwiegender Sicherheitsbedenken sollte es eine Vereinbarung geben, wie weiter vorgegangen werden kann, um eine Gefährdung der Flugsicherheit zu verhindern.

Im Flugverkehr werden Flugdatenrekorder genutzt, um die Sicherheit aufrechtzuerhalten bzw. zu erhöhen. In diesem Zusammenhang sind (insbesondere bei Auswertung von Sprachaufzeichnungen) Aspekte des Datenschutzes und der Privatsphäre zu beachten (z.B. kleiner Personenkreis, der Zugang zu Aufzeichnungen hat; Löschen privater Inhalte; Geheimhaltungspflicht für Personen, die mit der Auswertung der Daten betraut sind). Die betroffenen Personen sind entsprechend aufzuklären und sollten der Nutzung dieser Daten zustimmen müssen. Die Konsequenzen der Auswertung bzgl. konstruktiver und nicht-strafender Nachschulungen bzw. auch weiterer Schritte müssen beschrieben werden.

Insbesondere wenn nur ein Crew-Mitglied den Flug beaufsichtigt, sind entsprechende Alarm- und Monitoringsysteme sowie regelmäßiger Kontakt zwischen der Kabinencrew und der flugführenden Person vorzusehen.

3.2.4 Teleoperation von Manipulatoren

Bei der Teleoperation von Manipulatoren bzw. Roboterarmen (z.B. im Weltraum) stellt die Bedienung die operierende Person vor große Herausforderungen. So sind aufgrund der eingeschränkten Kameransichten und der verschiedenen Perspektiven die Anforderungen an die kognitiven Fähigkeiten (z.B. mentale Rotation) der operierenden Person groß. Weiterhin besteht bei einer Kollision die Gefahr einer größeren Beschädigung mit evtl. katastrophalen Konsequenzen.

Menchaca-Brandan et al. (2007) untersuchten den Zusammenhang zwischen den räumlichen Fähigkeiten der operierenden Person (z.B. Perspektivenübernahme, mentale Rotation) und der Teleoperationsleistung bei der Bedienung eines simulierten Roboterarms und stellten einen signifikanten positiven Zusammenhang fest. Luko und Parush (2017) stellten fest, dass die räumlichen Fähigkeiten trainiert werden können und in der Folge die Leistung bei der Teleoperation verbessern. Vor allem die Leistung bei der teleoperierten Roboterbedienung bei Versuchspersonen mit anfänglich relativ schlechter Fähigkeit in der Perspektivenübernahme steigt nach einem entsprechenden Training der Perspektivenübernahme an.

Auch die Studie von Gomer und Pagano (2011) spricht für einen Einbezug der räumlichen Wahrnehmungsfähigkeit bei der Selektion von Operierenden für die Teleoperation von Robotern. Ein höheres Ausmaß an räumlichen Fähigkeiten geht einher mit einer geringeren Anzahl von Kollisionen bei der Bedienung des Roboterarms und kürzeren Ausführungszeiten. Zudem unterstützen die Ergebnisse die Hypothese, dass auch Videogaming-Erfahrung für die Eignung von Operierenden relevant sein kann, da Gaming-Erfahrung zu kürzeren Ausführungszeiten führt (vor allem bei eher geringen räumlichen Fähigkeiten).

Auch Pan et al. (2016) untersuchten den Zusammenhang zwischen Operierendeigenschaften und der Leistung bei Teleoperation eines simulierten Roboterarms. Neben den räumlichen Fähigkeiten (mentale Rotation, Perspektivenübernahme) der operierenden Person bezogen sie auch den kognitiven Stil (verbal vs. bildlich, holistisch vs. analytisch) sowie Persönlichkeitseigenschaften (Offenheit für Erfahrungen, Gewissenhaftigkeit, Extraversion, Verträglichkeit, Neurotizismus) in die Analyse ein. Auch wenn die Vorhersage insgesamt nur wenig Varianz aufklärt, so schneiden Personen mit ausgeprägten räumlichen kognitiven Fähigkeiten, einem bildhaften und ganzheitlichen kognitiven Stil, geringem Neurotizismus und hoher Verträglichkeit bei der Teleoperation besser ab.

Automatisierung und Teleoperation sind auch in der Bauindustrie ein wichtiges Zukunftsfeld. Dieser durch hohe Unfallraten geprägte Wirtschaftszweig hat mit Fachkräftemangel

und relativ geringem Produktivitätswachstum zu kämpfen. Die Unterstützung durch automatisierte Systeme und teleoperierte Roboter verspricht hier Abhilfe, geht aber mit entsprechenden Anforderungen an die Kompetenzentwicklung des Personals einher. Adami et al. (2021) untersuchten ein VR-basiertes Training für das sicherheitskritische Umfeld am Bau und das Training bei der Bedienung teleoperierter Abbruchfahrzeuge. Die Ergebnisse zeigen, dass das VR-basierte Training zu besseren Ergebnissen (bzgl. Wissen, operativer Handlungsausführung und Sicherheitsverhalten) führt als ein traditionelles Training auf der Baustelle.

3.2.5 Teleoperation von unbemannten Landfahrzeugen

Unbemannte Landfahrzeuge (Uninhabited Ground Vehicles; UGV) werden eingesetzt, wenn die Anwesenheit einer Person vor Ort unpraktisch, gefährlich oder unmöglich ist. Neben dem autonomen Betrieb werden UGV auch häufig von einer operierenden Person ferngesteuert. Bei der Teleoperation von UGV müssen die Operierenden mit einer eingeschränkten visuellen Wahrnehmung umgehen (z.B. bzgl. Größen und Geschwindigkeiten) (Serrano-Baquero et al., 2009). Durch die Videoübertragung besitzen sie keine binokulare Sicht und können durch Kopf- und Körperbewegungen keine optische Transformation durchführen.

Die Studienlage zur Teleoperation von UGV zeigt, dass auch in diesem Anwendungsbereich räumliche Fähigkeiten mit der Steuerleistung (geringere Fahrzeit, weniger Kollisionen) korrelieren (Long et al., 2011). Dies gilt insbesondere dann, wenn die operierende Person die Umgebung nicht aus Sicht des UGV sieht (über eine entsprechende Videoübertragung), sondern direkte Sicht auf das Fahrzeug hat (mit der Notwendigkeit entsprechender kognitiven Transformationen bei der Bedienung in Abhängigkeit von der Perspektive auf das Fahrzeug).

Auch Persönlichkeitseigenschaften wie z.B. die Gewissenhaftigkeit einer Person können die Leistung beim Betrieb von UGV beeinflussen. So untersuchten Szalma und Taylor (2011) die Auswirkungen von Aufgaben- und Personenmerkmalen auf Leistung, Arbeitsbelastung, Stress und Bewältigung im Zusammenhang mit der Erkennungsleistung von möglichen Bedrohungen, die in Videoaufnahmen eines UGV zu sehen waren. Die Reaktion der Teilnehmenden ist – neben Effekten von Automatisierung und Aufgabenanforderungen – in erheblichem Maße von Persönlichkeitsmerkmalen abhängig. Es ist allerdings zu beachten, dass die Studie von Szalma und Taylor (2011) von Seiten der operierenden Person lediglich ein Monitoring und keine Steuerungstätigkeit umfasste.

Auch unter Tage wird die Fernsteuerung von schwerem Gerät immer häufiger. Die Arbeit für Minenbeschäftigte ist grundsätzlich sehr unfallträchtig und von hohem Workload geprägt. Die Fernsteuerung der oftmals großen Geräte kann hier helfen, da die Arbeit angenehmer wird und mit weniger Vibrationen, Staub und Gefährdung ausgeführt werden kann (Pitzer, 2000). Ein besonderes Problem bei der Fernsteuerung von Minenfahrzeugen besteht darin, dass die operierende Person das Fahrzeug häufig aus der unmittelbaren Nähe fernsteuert. Die genaue Position hängt dabei von der konkreten Situation vor Ort ab. Auch bei dieser Arbeitsorganisation kommt es jedoch immer wieder zu schweren Unfällen, da die Operierenden sich in Bereichen befinden, in denen sie Gefahren ausgesetzt sind (z.B. durch das Arbeitsgerät oder herabfallendes Material). Pitzer (2000) untersucht die möglichen Ursachen riskanten Verhaltens bei der Fernsteuerung von Abbaufahrzeugen unter Tage. Die Beobachtungs- und Befragungsstudie stellte fest, dass den Beschäftigten häufig nicht bekannt ist, in welchen Bereichen sie sich aufhalten dürfen und in welchen

nicht. Auch ist die wahrgenommene Gefährdung in den erlaubten Bereichen teilweise höher als an den unzulässigen Bedienpositionen. Auch werden Risiken in Kauf genommen und unterschätzt, um bessere Sichtbedingungen auf das Abbaugerät zu haben und die Arbeitsaufgabe möglichst effizient erledigen zu können. Die Arbeit zeigt, dass in solch gefahrenträchtigen Arbeitsumgebungen ein Training der Risikowahrnehmung notwendig ist und der Benefit sicheren Verhaltens erhöht bzw. unsicheren Verhaltens reduziert werden sollte.

3.3 Zusammenfassung der Literaturanalyse

3.3.1 Teleoperierte Fahrzeugführung

Zu Fragen der Eignung und Befähigung von Telefahrenden im Straßenverkehr gibt es kaum wissenschaftliche Veröffentlichungen. Wenn Veröffentlichungen zum Thema Human Factors bei der Teleoperation vorliegen, dann behandeln sie in der Regel Aspekte wie Latenz, Situationsbewusstsein und die Herausforderungen bei der Fahrzeugübernahme durch eine telefahrende Person. Damit ist zum aktuellen Zeitpunkt eine Ableitung von (rechtlichen) Regelungen bzgl. Eignung, Befähigung und Aufsicht auf Basis des aktuellen Forschungsstands kaum möglich.

Das Forschungsvorhaben trägt dieser Tatsache einerseits Rechnung, indem die Teleoperations-Literatur in verwandten Anwendungsbereichen (z.B. Bahnverkehr, Schifffahrt, Flugverkehr) analysiert wurde. Andererseits werden Anforderungen, die an die Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von Telefahrenden zu stellen sind, dadurch abgeleitet, dass aktuelle rechtliche Vorgaben bei der Fahrzeugführung durch eine operierende Person im Fahrzeug sowie Vorgaben in anderen Verkehrsbereichen analysiert werden.

Relevante Hinweise auf zukünftige Regelungen für Telefahrende liefert die britische Law Commission (2023), die vorschlägt, dass Telefahrende neben dem Führerschein für jedes von ihnen gesteuerte Fahrzeug spezielle, gezielte Schulungen und regelmäßige Gesundheitschecks benötigen (Law Commission, 2023). Auch sollte die Arbeit so organisiert werden, dass regelmäßige Pausen möglich sind. Die Arbeitsgruppe verweist auf ähnliche Branchen wie z.B. die Flugsicherung und den Bahnbetrieb.¹³

3.3.2 Verwandte Anwendungsbereiche

Eine Übertragung von Anforderungen an die Eignung und Fähigkeit von Teleoperierenden aus anderen Verkehrsbereichen auf den teleoperierten Straßenverkehr erscheint insgesamt nur bedingt möglich. Ein Grund dafür liegt darin, dass die Charakteristika der verschiedenen Anwendungsbereiche der Teleoperation sich sehr stark unterscheiden (Vagia & Rødseth, 2019). So sind zwar in allen Bereichen Sicherheitsaspekte zentral, aber spezifische Eigenarten machen jedes Verkehrssystem einzigartig. Dies betrifft z.B. die Größe des Fahrzeugs (und damit einhergehend der potentielle Schaden bei einem Unfall), das Vorhandensein von Passagieren, die Dynamik der Fahrumgebung (langsam und kontrolliert vs.

¹³ So müssen Fluglotsen z.B. während oder nach jeder zweistündigen Flugphase eine halbstündige Pause einlegen. Bei der britischen Bahn müssen sicherheitsrelevante Beschäftigte in Kontrollzentren tagsüber alle zwei Stunden und nachts jede Stunde eine Pause von mindestens 10-15 Minuten einlegen.

schnell und nicht vorhersehbar) und die Komplexität der Umgebung (Sichtbedingungen, Anzahl von Objekten, Vorhandensein von Fahrspuren).

So sind im Bereich von U- und S-Bahnen die langen Bremswege und das sichere Handling der Türen bei Ausstieg und Zustieg der Fahrgäste ein relevantes Thema (Vagia & Rødseth, 2019). Relativ lange Bremswege hat auch eine Straßenbahn, die jedoch im Gegensatz zu anderen Bahnen in einer relativ unkontrollierten Umgebung unterwegs ist, in der jederzeit andere Verkehrsteilnehmende den Fahrpfad kreuzen können (Vagia & Rødseth, 2019). Dabei können sich auch Passagiere vor dem Ein- oder nach dem Ausstieg in unmittelbarer Nähe der Straßenbahn befinden. Demgegenüber sind Minenfahrzeuge in einem völlig anderen Setting unterwegs, das dunkel, staubig und dynamisch ist (Vagia & Rødseth, 2019). Schiffe sind in einer Umgebung unterwegs, in der andere Verkehrsteilnehmende selten eine Rolle spielen. Hingegen sind Binnenschiffe auf definierten Fahrstraßen unterwegs und müssen mit anderen Schiffen und Booten interagieren. Der Luftverkehr wiederum ist beispielsweise durch seine Internationalität, die Flugsicherung und die Spezifika des Fliegens selbst gekennzeichnet.

Ein weiterer Grund für die geringe Übertragbarkeit von Erkenntnissen aus anderen Anwendungsbereichen auf den Straßenverkehr ist die unzureichende Forschungslage, die gerade in den Anwendungsbereichen, die dem Straßenverkehr ähnlicher sind, kaum Erkenntnisse zu den notwendigen Eignungsvoraussetzungen oder Kompetenzbereichen einer teleoperierenden Person liefert. Während die Teleoperation von Flugzeugen eine langjährige Forschungshistorie begleitet und damit auch Fragen der notwendigen Eignung und der benötigten Fähigkeiten von Teleoperierenden betrachtet wurden, ist dies z.B. für teleoperierte Bahnverkehre kaum der Fall.

Auch die gesellschaftliche Akzeptanz der Teleoperation kann sich zwischen den Anwendungsbereichen unterscheiden (VAGIA & RØDSETH, 2019) und ist abhängig vom Schadenspotential (im Falle eines Unfalls), der wahrgenommene Nützlichkeit der teleoperierten Fahrzeugführung, der Gefährdung möglicherweise unbeteiligter Personen (im Gegensatz zu beruflich involvierten Personen) und der öffentlichen Sichtbarkeit.

Dennoch gibt es mit der Erkenntnis, dass Gaming-Vorerfahrung positive Effekte auf die Teleoperationsleistung haben kann, einen interessanten Befund. Die Übertragbarkeit dieses Ergebnisses aus der teleoperierten Steuerung von Fluggeräten auf das Telefahren bleibt aktuell noch eine offene Forschungsfrage.

3.3.3 Erkenntnisse aus der Literaturanalyse

Insgesamt ergeben sich aus den Veröffentlichungen die folgenden Erkenntnisse bzgl. der Teleoperation im Straßenverkehr:

- Die physische Entfernung zwischen teleoperierender Person und gesteuertem Fahrzeug ist definierendes Merkmal der Teleoperation und kann das Situationsverständnis und Entscheidungen der teleoperierenden Person beeinflussen. Um der teleoperierenden Person korrekte Entscheidungen und Handlungen zu ermöglichen, muss diese über die Gestaltung des Arbeitsplatzes alle nötigen Informationen erhalten. Da die teleoperierende Person jedoch durch ihre Entscheidungen selbst nicht unmittelbar betroffen ist, weil sie sich nicht im Fahrzeug befindet und Konsequenzen für den eigenen Komfort bzw. die eigene Sicherheit nicht persönlich erlebt, ist Empathie umso wichtiger. Diese wird durch eine im-

mersive Gestaltung des Arbeitsplatzes ebenso ermöglicht wie durch die Erfahrung und das Training der teleoperierenden Person in der realen Situation vor Ort. Entsprechend ist die Vorerfahrung der telefahrenden Person in der traditionellen Steuerung des Fahrzeugs notwendig und sollte Voraussetzung für eine Tätigkeit sein. Auch sollten regelmäßige Trainings und Erfahrungen im zu steuernden Fahrzeug absolviert werden.

- Eine Reihe von Kompetenzen benötigt die teleoperierende Person zusätzlich zu traditionellen Operierenden vor Ort im Fahrzeug. Dies betrifft (1) die Fähigkeit, die erforderlichen Informationen aus Bildschirmanzeigen unter den eingeschränkten Bedingungen am Arbeitsplatz korrekt zu erkennen und korrekt zu interpretieren, (2) ein Verständnis der Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Kontrollzentrum, die möglichen Probleme bei der Datenübertragung und evtl. Konsequenzen bei Problemen (z.B. Vorbereitungen zu treffen, wenn sich ein Ausfall der Datenübertragung ankündigt, d.h. langsamer fahren bzw. auf einen Seitenstreifen ausweichen) und (3) die Kommunikation mit externen Personen (z.B. Fahrgästen) und internem Betriebspersonal (z.B. im Kontrollzentrum).
- Aus der Forschung zur Teleoperation in der Luftfahrt gibt es Hinweise darauf, dass Vorerfahrungen aus dem Gaming-Bereich bei der Teleoperation hilfreich sein können. Videospiele können die psychomotorischen Fähigkeiten und Reaktionszeiten, Aufmerksamkeitswechsel und den Umgang mit Stress trainieren bzw. sind bei regelmäßig Videospielenden in höherem Ausmaß vorhanden. Gleichzeitig muss der telefahrenden Person jedoch immer bewusst sein, dass sie ein tatsächliches Fahrzeug im realen Straßenverkehr steuert. Dennoch können Videospiele-Erfahrungen für die Arbeit als telefahrende Person nützlich sein. Weiterhin weisen die Ergebnisse darauf hin, dass simulative Ansätze für das Training von Telefahrenden geeignet sein können. Ähnlich wie bei Flug- und Fahrsimulatoren können auf diese Weise an einer realistischen Nachbildung des Teleoperationsarbeitsplatzes Verkehrssituationen kontrolliert durchgespielt und die Handlungssicherheit der telefahrenden Person trainiert werden.

4 Analyse der Rechtsvorschriften in verwandten Anwendungsbereichen

Im Rahmen der Analyse rechtlicher Vorschriften wurden

- das Straßenverkehrsgesetz (StVG),
- die Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV),
- das Personenbeförderungsgesetz (PBefG),
- die Fahrschüler-Ausbildungsordnung (FahrschAusbO),
- die Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft),
- die Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung (AFGBV),
- die EU-Verordnung 2019/2144 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen (EU2019-2144),
- die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV),
- die Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab),
- die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) sowie
- die Triebfahrzeugführerscheinverordnung (TfV)

gesichtet und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Auswahl, Eignung und Befähigung von Teilnehmenden bewertet. Dabei erfolgte eine Zuordnung der Regelungen zu den Überpunkten Vorwissen und Vorerfahrung, Eignungsvoraussetzungen, initiale Schulung bzw. Ausbildung, regelmäßige Überprüfung sowie Aufsicht während der Tätigkeit.

4.1 Vorwissen und Vorerfahrung

Fahrerlaubnis

Wer auf öffentlichen Straßen ein Kraftfahrzeug führen möchte, braucht nach dem Straßenverkehrsgesetz (StVG) und der Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) eine Fahrerlaubnis. Hierzu muss bei der Fahrerlaubnisbehörde ein Antrag auf Erteilung einer Fahrerlaubnis gestellt werden.

Die Fahrerlaubnisbehörde prüft dann, ob alle erforderlichen Voraussetzungen zur Erteilung der Fahrerlaubnis erfüllt sind. Die erforderlichen Voraussetzungen sind im Straßenverkehrsgesetz (StVG) und in der Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) aufgeführt. Die jeweilige Fahrerlaubnis bezieht sich auf definierte Fahrerlaubnisklassen und berechtigt zum Führen bestimmter Kraftfahrzeuge (z.B. Pkw, Lkw, Bus, etc.) oder zur Ausübung bestimmter Tätigkeiten (z.B. Fahrgastbeförderung).

Die für die Erteilung der jeweiligen Fahrerlaubnis erforderlichen Voraussetzungen richten sich nach der Art des Kraftfahrzeugs, welches geführt werden soll, und der Tätigkeit, die mit dem Kraftfahrzeug ausgeführt werden soll.

- Nach der Fahrerlaubnis-Verordnung müssen z.B. für eine Fahrerlaubnis zum Führen eines Lkws oder zur Fahrgastbeförderung in der Regel strengere Voraussetzungen erfüllt werden als für die Fahrerlaubnis zum Führen eines Pkws.
- Je nach Fahrerlaubnisklasse wird die Fahrerlaubnis unbefristet (AM, A1, A2, A, B, BE, L, T) oder befristet (C1, C1E, C, CE, D1, D1E, D, DE, FzF) erteilt (§ 23 Abs. 1 Satz 1 und 2 FeV; § 48 Abs. 5 FeV).

Der Führerschein hat unabhängig von der Fahrerlaubnisklasse eine befristete Gültigkeit von 15 Jahren (§ 24a Abs. 1 Satz 1 FeV).

Die rechtliche Notwendigkeit einer gültigen Fahrerlaubnis besteht dabei explizit auch für die technische Aufsicht beim Fahren mit hoch- und vollautomatisierten Fahrsystemen: *„[Technische Aufsicht] einen gültigen Führerschein besitzt, wobei die Klasse der Fahrerlaubnis der des Kraftfahrzeugs mit autonomer Fahrfunktion entsprechen muss“* (AFGBV § 14 Abs. 1). Dies gilt insbesondere, wenn ein Eingreifen der technischen Aufsicht potenziell möglich bzw. vorgesehen ist: *„Sollen die eingesetzten natürlichen Personen Fahrten im manuellen Fahrbetrieb übernehmen oder Fahrmanöver freigeben, müssen diese Personen eine gültige Fahrerlaubnis besitzen. Die Klasse der Fahrerlaubnis muss der des Fahrzeugs mit autonomer Fahrfunktion entsprechen.“* (AFGBV § 14 Abs. 2).

Auch für das Führen von Triebfahrzeugen wird eine gültige Fahrerlaubnis gefordert: *„Wer ein Triebfahrzeug eigenständig führt, bedarf der Fahrberechtigung. Sie ist durch 1. einen Triebfahrzeugführerschein nach Anlage 1, der die persönlichen Daten des Triebfahrzeugführers, die ausstellende Behörde und die Gültigkeitsdauer enthält, und 2. eine Zusatzbescheinigung nach Anlage 2, in der festgelegt ist, mit welchen Betriebsverfahren, Zugbeeinflussungssystemen und Signalsystemen der Triebfahrzeugführer auf öffentlichen Schienenwegen (Infrastrukturen) welche Fahrzeuge führen darf, nachzuweisen.“* (§ 3 Abs. 1 TfV).

Mindestalter

Das notwendige Mindestalter für die Erteilung einer Fahrerlaubnis zum Führen von Kraftfahrzeugen auf öffentlichen Straßen ist abhängig von der jeweils adressierten Fahrzeugklasse (§ 10 Abs. 1 FeV). Beispielsweise beträgt das erforderliche Mindestalter für die Erteilung einer Fahrerlaubnis für die Fahrzeugklasse B 18 Jahre¹⁴. Die entsprechende Zuordnung des notwendigen Mindestalters für die einzelnen Fahrzeugklassen sowie damit einhergehende Ausnahmen und Sonderbestimmungen regelt § 10 FeV. Für die Erteilung einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung ist ein Mindestalter von 21 Jahren – für Krankenvan von 19 Jahren – notwendig (§ 48 Abs. 4 FeV).

Für die Erteilung einer Fahrerlaubnis für Triebfahrzeugführende ist ein Mindestalter von 20 Jahren erforderlich, wobei bei Nachweis der notwendigen, geistigen Eignung durch Vorlage eines medizinisch-psychologischen Gutachtens die Erteilung bereits ab 18 Jahren erfolgen kann (§ 5 Abs. 1 TfV). Fahrbedienstete für Straßenbahnen müssen dagegen ein Mindestalter von 21 Jahren vorweisen. Ausgenommen hiervon sind jedoch Auszubildende

¹⁴ Bemerkung: Bei Teilnahme am Begleiteten Fahren entsprechend ab 17 Jahren, wobei hierfür die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt werden müssen (§ 48a FeV).

und Personen mit Abschluss des staatlich anerkannten Ausbildungsberufs der „Fachkraft im Fahrbetrieb“, die das 18. Lebensjahr vollendet haben und die Schienenfahrerlaubnis sowie seit mindestens einem Jahr die straßenverkehrsrechtliche Fahrerlaubnis der Klasse B besitzen (§ 11 Abs. 1 BOStrab).

Fahrerfahrung

Die notwendige Fahrerfahrung zum Führen von Kraftfahrzeugen auf öffentlichen Straßen wird im Einzelnen über die Voraussetzungen zur Erteilung der Fahrerlaubnis für die unterschiedlichen Fahrzeugklassen reguliert. Insbesondere setzt die Erteilung einer Fahrerlaubnis für bestimmte Fahrzeugklassen den Besitz sowie eine Mindestdauer des bisherigen Besitzes der Fahrerlaubnis einer oder mehrerer anderer Fahrzeugklassen voraus. Beispielsweise erfordert die Erteilung einer Fahrerlaubnis für die Fahrzeugklasse D1 (neben weiteren Voraussetzungen) eine Fahrerlaubnis der Fahrzeugklasse B (§ 9 Abs. 1 FeV).

Bei Betriebsbediensteten der Straßenbahn, die bereits vor dem Mindestalter von 21 Jahren in den Fahrdienst gehen, ist eine mindestens einjährige Fahrerfahrung im Straßenverkehr (Klasse B) nötig (§ 11 Abs. 1 BOStrab).

Schulabschluss und Ausbildung

Während für die Erteilung von Fahrerlaubnissen für Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr generell keine Voraussetzung hinsichtlich des Schulabschlusses gefordert wird (StVG, FeV), erfordert die Erteilung der Fahrerlaubnis für Triebfahrzeuge der Eisenbahn den erfolgreichen Abschluss der Sekundarstufe I (§ 5 Abs. 1 TfV).

Für natürliche Personen, die als technische Aufsicht eingesetzt werden, werden Anforderungen an die Ausbildung gestellt: *„Die als Technische Aufsicht eingesetzte natürliche Person muss für die Wahrnehmung ihrer Aufgaben (...) geeignet sein. Sie ist geeignet, wenn sie (...) über einen Abschluss verfügt als a) Diplom-Ingenieur, Diplom-Ingenieur (FH), Ingenieur (graduiert), b) Bachelor, Master oder c) staatlich geprüfter Techniker“* (§ 14 Abs. 1 AFGBV). Zweck der Forderung ist dabei die Sicherstellung eines Mindestmaßes an technischem Wissen, das für die Funktion als technische Aufsicht als relevant erscheint. Zusätzlich darf die technische Aufsicht mit Zustimmung des Halters des Fahrzeugs zur Erfüllung ihrer Pflicht weitere Personen einsetzen, die über mindestens drei Jahre Berufserfahrung im Bereich Verkehrs- und Kraftfahrzeugwesens verfügen (§ 14 Abs. 2 AFGBV).

4.2 Eignungsvoraussetzungen

Gemäß § 2 Abs. 4 StVG ist zum Führen eines Kraftfahrzeugs geeignet, wer die notwendigen, körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllt. Gemäß § 11 Abs. 1 FeV gilt: *„Bewerber um eine Fahrerlaubnis müssen die hierfür notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllen. Die Anforderungen sind insbesondere nicht erfüllt, wenn eine Erkrankung oder ein Mangel nach Anlage 4 oder 5 vorliegt, wodurch die Eignung oder die bedingte Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen ausgeschlossen wird. Außerdem dürfen die Bewerber nicht erheblich oder nicht wiederholt gegen verkehrsrechtliche Vorschriften oder Strafgesetze verstoßen haben, sodass dadurch die Eignung ausgeschlossen wird. Bewerber um die Fahrerlaubnis der Klasse D oder D1 und der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung gemäß § 48 müssen auch die Gewähr dafür bieten, dass sie der besonderen Verantwortung bei der Beförderung von Fahrgästen gerecht werden. Der Bewerber hat diese durch die Vorlage eines Führungszeugnisses nach § 30 Absatz 5 Satz 1 des Bundeszentral-*

registergesetzes nachzuweisen.“ Der Gesetzgeber schreibt damit explizit vor, dass zur Erteilung einer Fahrerlaubnis die dafür notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllt sein müssen. Darüber hinaus wird für die Erlaubnis zur Fahrgastbeförderung ein Nachweis der charakterlichen Eignung in Form eines Führungszeugnisses verlangt.

Für Fahrerlaubnisse der Gruppe 1 (Fahrzeuge der Klassen A, A1, A2, B, BE, AM, L, T) und Fahrerlaubnisse der Gruppe 2 (Fahrzeuge der Klassen C, C1, CE, C1E, D, D1, DE, D1E) bzw. die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung (FzF) bestehen unterschiedliche Anforderungen (vgl. § 6 und § 6a FeV), wobei die Auflagen für Gruppe 2 bzw. FzF in der Regel strenger sind.

Körperliche und geistige Eignungsvoraussetzungen

Bzgl. der körperlichen Eignung muss unter anderem ein ausreichendes Sehvermögen vorhanden sein (§ 12 Abs. 1 FeV). Für bestimmte Fahrerlaubnisklassen (Gruppe 1) genügt ein Sehtest (§ 12 Abs. 2 Satz 1, 3 i. V. m. Anlage 6 Nr. 1.1 FeV), wobei im Falle des Nichtbestehens eine augenärztliche Untersuchung erforderlich ist (§ 12 Abs. 5 i. V. m. Anlage 6 Nr. 1.2 FeV). Für die übrigen Fahrerlaubnisklassen (Gruppe 2, FzF) ist eine ärztliche (bzw. im Falle des Nichtbestehens dieser Untersuchung eine augenärztliche) Untersuchung erforderlich (§ 12 Abs. 6 i. V. m. Anlage 6 Nr. 2 FeV, ggf. i. V. m. § 24 Abs. 1 Nr. 1 FeV, § 48 Abs. 4 Nr. 3, und Abs. 5 Nr. 2 FeV).

Darüber hinaus regelt Anlage 4 zu §§ 11 Abs. 1 Satz 2 (ggf. i. V. m. 48 Abs. 8 FeV) die Anforderungen an die körperliche und geistige Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen für die einzelnen Fahrerlaubnisklassen in Abhängigkeit möglicher körperlicher und psychischer Krankheiten.

Bewerbende um eine Erteilung und Verlängerung der Fahrerlaubnis der Gruppe 2 sowie einer FzF haben sich einer ärztlichen Screening-Untersuchung nach § 11 Abs. 9 i. V. m. Anlage 5 Nr. 1 (ggf. i. V. m. § 24 Abs. 1 Nr. 1, § 48 Abs. 4 und 5) FeV zu unterziehen. Zusätzlich haben Bewerbende um die Erteilung einer Fahrerlaubnis der Klassen D, D1, DE, D1E und der FzF sowie Bewerbende um die Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Klassen D, D1, DE und D1E ab Vollendung des 50. Lebensjahres und Bewerbende um die Verlängerung einer FzF ab Vollendung des 60. Lebensjahres ein betriebs- oder arbeitsmedizinisches Gutachten oder ein Gutachten einer amtlich anerkannten Begutachtungsstelle für Fahreignung über die Erfüllung der leistungspsychologischen Anforderungen nach § 11 Abs. 9 i. V. m. Anlage 5 Nr. 2 (ggf. i. V. m. § 24 Abs. 1 Nr. 1, 3 48 Abs. 4 und 5 FeV) zu erbringen.

Für weitere Details zur körperlichen und geistigen Eignung sei auf die Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022) verwiesen. Das Vorgehen der Fahrerlaubnisbehörde bei Eignungszweifeln ergibt sich aus den §§ 11, 13, 13a und 14 (ggf. i. V. m. § 48 Abs. 8) FeV.

Betriebsbedienstete im Eisenbahnbereich müssen *„körperlich tauglich und frei von solchen Krankheiten und Krankheitsanlagen sein, die eine Gefahr für die Betriebssicherheit bilden können“* (§ 48 Abs. 2 EBO). Hierzu zählen insbesondere ausreichendes Seh- und Hörvermögen und, bei Betriebsbediensteten, deren Dienst das Erkennen von farbigen Signalen erfordert, Farbentüchtigkeit (§ 48 Abs. 2 EBO). Für Triebfahrzeugführende im Speziellen gilt, dass sie gesundheitlich geeignet sein müssen (§ 5 Abs. 1 TfV) und nicht unter gesundheitlichen Störungen leiden oder Arzneimittel bzw. Substanzen einnehmen dürfen, die plötzliche Bewusstlosigkeit, eine Verminderung der Aufmerksamkeit oder der Konzentration nach sich ziehen, zu plötzlicher Handlungsunfähigkeit, zu Gleichgewichts- oder Koordinationsverlust oder zu erheblichen Einschränkungen in der Mobilität führen können (Anlage 4

TfV). Darüber hinaus ist eine psychologische Untersuchung hinsichtlich kognitiver Fähigkeiten, Aufmerksamkeit und Konzentration, Gedächtnis, Wahrnehmungsfähigkeit, Urteilsvermögen und Kommunikation zur Erteilung einer Fahrerlaubnis für Triebfahrzeugführende als Teil der Eignungsfeststellung erforderlich, die a) eine allgemeine ärztliche Untersuchung, b) Untersuchung der sensorischen Funktionen (Sehvermögen, Hörvermögen, Farbwahrnehmung), c) Blut- oder Urinanalyse (u.a. zur Feststellung der Zuckerkrankheit), d) ein Ruhe-Elektrokardiogramm (EKG), e) eine Untersuchung auf psychotrope Stoffe (verbotene Drogen oder psychotrope Arzneimittel) sowie eine Untersuchung auf Alkoholmissbrauch beinhalten muss (Anlage 4 TfV).

Leistungspsychologische Eignungsvoraussetzungen

Bewerbende um die Erteilung oder Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Klassen D, D1, DE, D1E sowie einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung müssen besondere Anforderungen hinsichtlich Belastbarkeit, Orientierungsleistung, Konzentrationsleistung, Aufmerksamkeitsleistung und Reaktionsfähigkeit erfüllen (§ 11 Abs. 9 FeV, § 24 Nr. 1 i. V. m. Anlage 5 Abs. 2 Satz 1, ggf. i. V. m. § 48 Abs. 4 Nr. 3, Abs. 5 Nr. 1 FeV). Die dafür eingesetzten psychologischen Testverfahren müssen von einer unabhängigen Stelle für die Bestätigung der Eignung der eingesetzten psychologischen Testverfahren und -geräten nach § 71a FeV als geeignet bewertet worden sein (Anlage 5 Nr. 2 Satz 2 FeV).

Für weitere Details zur Begutachtung der psychischen Leistungsfähigkeit sei auf die Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022) verwiesen.

Gemäß § 5 Abs. 1 TfV müssen Triebfahrzeugführende für die Ausübung der damit verbundenen Tätigkeiten „*psychologisch geeignet*“ sein. Insbesondere muss im Rahmen einer psychologischen Untersuchung das Vorliegen relevanter psychomotorischer Fähigkeiten (Reaktionsgeschwindigkeit, Koordination der Hände) nachgewiesen werden (Anlage 4 TfV).

Charakterliche Eignungsvoraussetzungen

Alle Personen, die ein Fahrzeug führen, müssen dafür charakterlich sein (§ 2 Abs. 4 Satz 1 StVG, § 11 Abs. 1 Satz 2 FeV; vgl. die diesbezüglichen Prüfpflichten der Fahrerlaubnisbehörde in § 2 Abs. 7 StVG). Bewerbende um die Fahrerlaubnis der Klasse D oder D1 und der FzF gem. § 48 FeV müssen nach § 11 Abs. 1 Satz 3 FeV zudem die Gewähr dafür bieten, dass sie der besonderen Verantwortung bei der Beförderung von Fahrgästen gerecht werden. Bewerbende haben diese durch die Vorlage eines Führungszeugnisses nach § 30 Abs. 5 Satz 1 des Bundeszentralregisters nachzuweisen (§ 11 Abs. 1 Satz 3 FeV). Daneben ist die Fahrerlaubnis zu entziehen, wenn aufgrund von wiederholten Verkehrsverstößen eine Eintragung im Fahreignungsregister von mindestens acht Punkten vorliegt, da in diesem Fall die charakterliche Eignung in Frage gestellt werden muss. Dagegen wird von Personen, die als technische Aufsicht beim hoch- und vollautomatisierten Fahren eingesetzt werden sollen, neben einem Führungszeugnis gefordert, dass im Fahreignungsregister nicht mehr als drei Punkte eingetragen sind, da in diesem Fall die Zuverlässigkeit bezüglich ihrer Aufgabenwahrnehmung nicht als gegeben angesehen werden kann (§ 14 Abs. 1 AFGBV).

Für weitere Details zur Begutachtung der charakterlichen Eignung, insbesondere bzgl. Verstößen gegen verkehrsrechtliche Vorschriften, sei auf § 11 Abs. 3 Nr. 4 bis 7 und 9 FeV (unter Beachtung von § 3 Abs. 3 und 4 StVG) und die Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022) verwiesen.

Die Eignung von Triebfahrzeugführenden setzt die für die Tätigkeit notwendige Zuverlässigkeit voraus (§ 5 Abs. 1 TfV). Diese ist insbesondere nicht gegeben, wenn eine Suchtkrankheit vorliegt oder wiederholt bzw. erheblich gegen verkehrsrechtliche Vorschriften verstoßen wurde (§ 5 Abs. 1 TfV). Dabei ist grundsätzlich im Rahmen einer psychologischen Untersuchung das Vorliegen der tätigkeitsrelevanten Persönlichkeits- und Einstellungsfaktoren festzustellen (Anlage 4 TfV). Die Feststellung der Eignung gemäß § 10 Abs. 1 BOStrab ist dabei durch einen von der Eisenbahnverwaltung bestelltes ärztliches Fachpersonal festzustellen (§ 48 Abs. 2 EBO). In ähnlicher Weise gilt für Betriebsbedienstete von Straßenbahnen, dass diese nicht durch Tatsachen belastet sein dürfen, die sie für die Tätigkeit als unzuverlässig erscheinen lassen (§ 10 Abs. 1 BOStrab). Insbesondere ist es ihnen untersagt, während der Tätigkeitsausübung alkoholische Getränke oder andere Mittel und Substanzen einzunehmen, die die dienstliche Tätigkeit einschränken, oder den Dienst unter Einfluss derlei Substanzen anzutreten (§ 13 Abs. 4 BOStrab).

4.3 Befähigung

Lerninhalte

Entsprechend der StVG erhält die Person die Fahrerlaubnis, die *„zum Führen von Kraftfahrzeugen nach dem Fahrlehrergesetz und den auf ihm beruhenden Rechtsvorschriften ausgebildet worden ist“* und *„Erste Hilfe leisten kann“* (§ 2 Abs. 2 StVG). Dabei ist die Person zum Führen von Kraftfahrzeugen befähigt, die ausreichende Kenntnisse der gesetzlichen Vorschriften hat, mit den Gefahren des Straßenverkehrs und den zu ihrer Abwehr erforderlichen Verhaltensweisen vertraut ist, die zum sicheren Führen eines Kraftfahrzeugs erforderlichen technischen Kenntnisse besitzt und praktisch anwenden kann sowie über ausreichende Kenntnisse einer umweltbewussten und energiesparenden Fahrweise verfügt und diese anwenden kann (§ 2 Abs. 5 StVG). Entsprechend ist das Ziel der Ausbildung *„die Befähigung zum sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Verkehrsteilnehmer“* (§ 1 Abs. 1 FahrschAusBO). Die Ausbildung vermittelt *„1. Fähigkeiten und Fertigkeiten, um das Fahrzeug auch in schwierigen Verkehrssituationen zu beherrschen, 2. Kenntnis, Verständnis und Anwendung der Verkehrsvorschriften, 3. Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Wahrnehmung und Kontrolle von Gefahren einschließlich ihrer Vermeidung und Abwehr, 4. Wissen über die Auswirkungen von Fahrfehlern und eine realistische Selbsteinschätzung, 5. Bereitschaft und Fähigkeit zum rücksichtsvollen und partnerschaftlichen Verhalten und das Bewusstsein für die Bedeutung von Emotionen beim Fahren und 6. Verantwortung für Leben und Gesundheit, Umwelt und Eigentum“* (§ 1 Abs. 2 FahrschAusBO). Genauere Hinweise zu den Inhalten der theoretischen und praktischen Fahrausbildung – einschließlich Rahmenplan und Sachgebiete – gibt die Fahrschüler-Ausbildungsordnung (FahrschAusBO). Die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung ist zu erteilen, wenn Bewerbende ihre Fachkunde nachweisen (§ 48 Abs. 4 FeV). Bewerbende um eine Fahrerlaubnis müssen an einer Schulung in Erster Hilfe teilgenommen haben (§ 19 Abs. 1 FeV). Eine technische Aufsicht, die ein Fahrzeug mit autonomer Fahrfunktion während des Betriebs beaufsichtigt, muss eine Schulung in Bezug auf das Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion durchlaufen haben (§ 14 Abs. 1 AFGBV).

Auch den Betriebsbediensteten im Bahnbetrieb sind *„die Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln, die sie zur ordnungsgemäßen Ausübung ihres Dienstes befähigen“* (§ 54 Abs. 1 EBO). Die Ausbildung von Triebfahrzeugführenden umfasst dabei Fertigkeiten sowie theoretische und praktische Kenntnisse der Eisenbahntechnik, der Sicherheitsgrundsätze des

Eisenbahnbetriebes, der mit dem Eisenbahnbetrieb verbundenen Risiken inkl. der Risikovermeidung, der Betriebsverfahren, der technischen Anforderungen, der Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten, des Führens des Zuges (inkl. korrekten Geschwindigkeitsverhaltens) sowie des korrekten Verhaltens in Zusammenhang mit Unregelmäßigkeiten, Störungen und Unfällen (§ 6 Abs. 1 TfV; Anlage 5-7 TfV).

Umfang

Der Umfang des allgemeinen Teils (Grundstoff) der theoretischen Fahrausbildung beträgt mindestens zwölf Doppelstunden (90 Minuten). Wenn der Beschulte bereits im Besitz einer Fahrerlaubnis ist, beträgt der Umfang mindestens sechs Doppelstunden (§ 4 Abs. 3 FahrSchAusbO). Daneben gibt es klassenspezifische Teile bzw. Zusatzstoff – für die Fahrerlaubnisklasse B umfasst dieser mindestens zwei Doppelstunden (§ 4 Abs. 4 FahrSchAusbO; Anlage 2.8 FahrSchAusbO). Der praktische Unterricht besteht aus einer Grundausbildung und besonderen Ausbildungsfahrten (§ 5 Abs. 3 FahrSchAusbO). Die besonderen Ausbildungsfahrten für eine Fahrausbildung Klasse B umfassen eine Schulung auf Bundes- oder Landstraße (5 Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten), eine Schulung auf Autobahnen (4 Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten) und eine Schulung bei Dämmerung oder Dunkelheit (3 Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten) (Anlage 4 FahrSchAusbO). Eine Mindestdauer für die Grundausbildung ist nicht vorgeschrieben. Allerdings darf die Fahrlehrkraft *„die theoretische und die praktische Ausbildung erst abschließen, wenn der Bewerber den Unterricht im gesetzlich vorgeschriebenen Umfang absolviert hat und der Fahrlehrer überzeugt ist, dass die Ausbildungsziele“* erreicht sind (§ 6 Abs. 1 FahrSchAusbO). Die Schulung zur Ersten Hilfe muss mindestens neun Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten umfassen (§ 19 Abs. 1 FeV).

Auch bei den Führenden von Straßenbahnen wird *„eine angemessene Zeit unter Aufsicht von Lehrbediensteten“* gefordert (§ 12 Abs. 1 BOStrab). Bei der Ausbildung von Triebfahrzeugführenden wird gefordert, dass diese *„durch eine anerkannte Person oder eine anerkannte Stelle oder durch eine Eisenbahn“* erfolgt (§ 6 Abs. 4 TfV). Dabei ist die Ausbildung *„in einen theoretischen Teil mit Unterricht und Vorführungen und einen praktischen Teil mit Ausbildung am Arbeitsplatz, Fahrten unter Aufsicht und ohne Aufsicht (...) aufgeteilt.“* (§ 6 Abs. TfV; Anlage 8 TfV). Bezüglich der Ausbildungsmethode wird der Einsatz von Simulatoren *„nicht zwingend vorgeschrieben, sie sollen aber bei der Aus- und Fortbildung von Triebfahrzeugführern eingesetzt werden, insbesondere um das Verhalten in außergewöhnlichen Arbeitssituationen und selten anzuwendende Regeln zu üben, die nicht in der Wirklichkeit trainiert werden können“* (§ 6 Abs. TfV; Anlage 8 TfV).

Prüfung

In der Regel bedarf der Abschluss der Fahrausbildung einer theoretischen und praktischen Prüfung, in der Bewerbende um eine Fahrerlaubnis ihre Befähigung nachzuweisen haben (§ 15 Abs. 1 FeV). Die Prüfung wird dabei *„von einem amtlich anerkannten Sachverständigen oder Prüfer für den Kraftfahrzeugverkehr abgenommen“* (§ 15 Abs. 5 FeV). In der theoretischen Prüfung haben Bewerbende nachzuweisen, dass sie ausreichende Kenntnisse der gesetzlichen Vorschriften sowie der umweltbewussten und energiesparenden Fahrweise haben, mit den Gefahren des Straßenverkehrs und den zu ihrer Abwehr erforderlichen Verhaltensweisen vertraut sind und grundlegende mechanische und technische Zusammenhänge, die für die Straßenverkehrssicherheit von Bedeutung sind, kennen (§ 16 Abs. 1 FeV). Dabei werden u. a. folgende Sachgebiete geprüft: Gefahrenlehre, Verhalten im Straßenverkehr, Vorfahrt/Vorrang, Verkehrszeichen, Umweltschutz, Vorschriften über

den Betrieb der Fahrzeuge, Technik, Eignung und Befähigung von kraftfahrenden Personen (Anlage 7 FeV). Die theoretische Prüfung umfasst eine bestimmte Anzahl von Fragen (z.B. Fahrerlaubnisklasse B: 30 Fragen mit einer Gesamtpunktzahl von 110) und ist nicht bestanden, wenn eine festgelegte Zahl an Fehlerpunkten überschritten wird (z.B. 10 Fehlerpunkte bei Fahrerlaubnisklasse B) oder zwei Fragen mit Wertigkeit 5 falsch beantwortet worden sind (Anlage 7 FeV).

In der praktischen Prüfung, die nach der theoretischen stattfindet, weist die bewerbende Person nach, dass sie das Fahrzeug sicher und umweltbewusst führen kann (§ 17 Abs. 1 FeV). Die praktische Prüfung soll innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften stattfinden und möglichst auch einen Autobahnabschnitt beinhalten. Sie soll alle wesentlichen Verkehrsvorgänge auch bei höheren Geschwindigkeiten beinhalten (§ 17 Abs. 4 FeV). Die Anlage 7 FeV definiert dabei Grundfahraufgaben, die für die Prüfung der jeweiligen Fahrerlaubnisklasse vorgeschrieben sind (z.B. für Fahrerlaubnisklasse B: Fahren nach rechts rückwärts unter Ausnutzung einer Einmündung oder Rückwärtsfahren in eine Parklücke). Die Prüfungsdauer hängt von der Fahrerlaubnisklasse ab und beträgt in der Klasse B 55 Minuten (mit mindestens 30 Minuten Fahrzeit). Die praktische Prüfung wird nicht bestanden, wenn ein Fehler gemacht wird, der zur sofortigen Beendigung der Prüfung führt oder wenn wiederholt Fehler stattfinden (Anlage 7 FeV).

Auch Straßenbahnfahrende werden nach der Ausbildung durch Betriebsbedienstete, die an der Ausbildung nicht beteiligt waren, geprüft (§ 12 Abs. 3 BOStrab). Auch die *„Eisenbahnen haben sich durch Prüfungen oder in sonst geeigneter Weise vom Vorhandensein der geforderten Kenntnisse und Fertigkeiten zu überzeugen“* (§ 54 Abs. 2 EBO). Dabei werden die *„Fachkenntnisse im Rahmen einer Prüfung nachgewiesen“* (§ 5 Abs. 1 TfV). Die Prüfung für den Triebfahrzeugführerschein besteht aus einer theoretischen Prüfung mit schriftlichem und mündlichem Teil. Daneben gibt es Prüfungen für die Zusatzbescheinigung, die aus einer theoretischen Prüfung mit schriftlichem und mündlichem Teil sowie einer praktischen Prüfung mit einer Prüfungsfahrt bestehen (§ 7 Abs. 1 TfV). Die Triebfahrzeugführerscheinverordnung spricht dabei explizit an, dass für die Prüfung der Anwendung der Betriebsvorschriften und des Verhaltens auch Simulatoren eingesetzt werden können (§ 7 Abs. 1 TfV). *„Die Prüfungen zur Kontrolle der geforderten Befähigungen werden von einer anerkannten Stelle oder einem anerkannten Prüfer vorgenommen. (...) Insbesondere darf kein Prüfer vorher Ausbilder des Triebfahrzeugführers gewesen sein.“* (§ 7 Abs. 3 TfV). Auch die TfV definiert Kriterien für das Bestehen der Führerscheinprüfung. *„Die theoretische Prüfung ist bestanden, wenn in jedem Prüfungsteil mindestens 70 Prozent der möglichen Punktzahl erreicht worden sind. Nicht oder nicht richtig beantwortete Fragen, bei denen mangelndes Wissen in der Wirklichkeit eine Gefährdung des Bahnbetriebes zur Folge haben kann, führen zum Nichtbestehen der Prüfung.“* (§ 7 Abs. 4 TfV). *„Die praktische Prüfung ist bestanden, wenn in den Prüfungsteilen mindestens 70 Prozent der möglichen Punktzahl erreicht und keine Mängel im sicherheitsrelevanten Bereich festgestellt worden sind.“* (§ 7 Abs. 5 TfV).

4.4 Überprüfung

Um die Erlaubnis zum Führen von Fahrzeugen zu behalten, müssen in verschiedenen untersuchten Anwendungsbereichen die Erfüllung der Eignungsvoraussetzungen und die notwendigen Kompetenzen regelmäßig nachgewiesen bzw. überprüft werden.

Eignung

Laut StVG kann die Fahrerlaubnis für die Klassen C und D befristet erteilt werden. Die Fahrerlaubnis wird verlängert, wenn die bewerbende Person weiterhin zum Führen von Kraftfahrzeugen geeignet ist (§ 2 Abs. 2 StVG). Die Fahrerlaubnis der Klassen AM, A1, A2, A, B, BE, L und T wird unbefristet erteilt. Die Fahrerlaubnis der Klassen C1, C1E, C, CE, D1, D1E, D und DE wird längstens für fünf Jahre erteilt (§ 23 Abs. 1 FeV). Gemäß § 24 FeV wird die Geltungsdauer der Fahrerlaubnis der Klassen C, C1, CE, C1E, D, D1, DE und D1E auf Antrag jeweils um die in § 23 Abs. 1 Satz 2 angegebenen Zeiträume verlängert, wenn diese ihre Eignung nach Maßgabe der Anlage 5 und die Erfüllung der Anforderungen an das Sehvermögen nach Anlage 6 nachweisen und keine Tatsachen vorliegen, die die Annahme rechtfertigen, dass eine der sonstigen aus den §§ 7 bis 19 ersichtlichen Voraussetzungen für die Erteilung der Fahrerlaubnis fehlt.

Bewerbende um die Erteilung oder Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Klassen D, D1, DE, D1E sowie einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung müssen außerdem besondere Anforderungen hinsichtlich Belastbarkeit, Orientierungsleistung, Konzentrationsleistung, Aufmerksamkeitsleistung und Reaktionsfähigkeit erfüllen (Anlage 5 FeV). *„Erweist sich der Inhaber einer Fahrerlaubnis als ungeeignet zum Führen von Kraftfahrzeugen, hat ihm die Fahrerlaubnisbehörde die Fahrerlaubnis zu entziehen“* (§ 46 Abs. 1 FeV). Für die Beurteilung der Eignung und der Befähigung von Personen zum Führen von Kraftfahrzeugen wird vom Kraftfahrt-Bundesamt ein Fahreignungsregister (§ 28 Abs. 1-2 StVG) und ein Register über Fahrerlaubnisse (§ 48 Abs. 2 StVG) geführt. Darin werden Verkehrsdelikte (z.B. Geschwindigkeitsübertretungen, Fahren unter Einfluss von berauschenden Mitteln, unbefugte Benutzung eines Fahrstreifens, rechtswidrige Benutzung eines Kommunikationsgeräts beim Fahren) gespeichert. Weiterhin können (medizinisch-psychologische) Gutachten zur Klärung von Eignungszweifeln herangezogen werden – z.B. bei erheblichem oder wiederholtem Verstoß gegen verkehrsrechtliche Vorschriften (§ 11 Abs. 3 FeV).

Die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung wird für eine Dauer von nicht mehr als fünf Jahren erteilt. Sie wird um weitere fünf Jahre verlängert, wenn die geistige und körperliche Eignung und die Anforderungen an das Sehvermögen erfüllt sind sowie nachgewiesen wird (über Führungszeugnis und Auskunft aus dem Fahreignungsregister), dass die Person ihrer besonderen Verantwortung bei der Beförderung von Fahrgästen gerecht wird (§ 48 Abs. 5 FeV). Eine Verlängerung der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung über das 60. Lebensjahr hinaus ist nur möglich, wenn die antragstellende Person ihre Eignung nachweist (§ 48 Abs. 6 FeV).

Bei der Straßenbahn wird die Eignung von Betriebs- und insbesondere Fahrbediensteten überprüft. So dürfen Betriebsbedienstete über 40 Jahre nur weiterbeschäftigt werden, wenn das Weiterbestehen der Tauglichkeit durch ärztliches Fachpersonal festgestellt worden ist (§ 10 Abs. 3 BOStrab). Im weiteren Verlauf muss die Tauglichkeit alle fünf Jahre überprüft werden (§ 10 Abs. 3 BOStrab). Auch Fahrbedienstete dürfen nur eingesetzt werden, wenn die Tauglichkeit gegeben ist. Die Untersuchung ist ohne Altersgrenze spätestens alle drei Jahre zu wiederholen (§ 11 Abs. 2 BOStrab).

Auch im Bahnverkehr müssen die Eisenbahnverkehrsunternehmen kontrollieren, dass Sehvermögen, Farbentüchtigkeit und Hörvermögen wie vorgeschrieben vorhanden sind (§ 48 Abs. 5 EBO). Der Triebfahrzeugführerschein gilt zehn Jahre (§ 8 Abs. 5 TfV). Wird er verlängert, überprüft die zuständige Behörde, ob die regelmäßigen Überprüfungen der gesundheitlichen Eignung und der ausreichenden Fachkenntnisse durchgeführt worden sind (§ 8 Abs. 6 TfV; § 11 Abs. 1 TfV). Die regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen umfassen

„a) eine allgemeine ärztliche Untersuchung; b) eine Untersuchung der sensorischen Funktionen: Sehvermögen, Hörvermögen, Farbwahrnehmung; c) eine Blut- oder Urinanalyse zur Feststellung von Diabetes mellitus und anderen Krankheiten entsprechend dem Ergebnis der klinischen Untersuchung; d) eine Untersuchung auf Drogen, sofern klinisch angezeigt. Ferner muss bei Triebfahrzeugführern, die älter als 40 Jahre sind, ein Ruhe-EKG durchgeführt werden.“ (Anlage 4 TfV). Diese ärztliche Untersuchung wird bis zum Alter von 55 Jahren alle drei Jahre durchgeführt, danach jährlich. Wenn der Gesundheitszustand es erfordert, wird die Häufigkeit der Untersuchungen durch die ärztliche Fachperson erhöht (Anlage 11 TfV). Weiterhin gilt: „Hat ein Unternehmer davon Kenntnis, dass Zweifel an der beruflichen Eignung eines Triebfahrzeugführers wegen des Gesundheitszustands bestehen, hat er unverzüglich die Untersuchung nach Anlage 4 Nummer 3 [ärztliche Untersuchung] anzuordnen“ (TfV § 12 Abs. 4).

Kompetenz und Handlungssicherheit

Die AFGBV regelt unter anderem die Anforderungen an die Technische Aufsicht von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion (§ 1 Abs. 2 AFGBV). Sie fordert, dass die eingesetzten natürlichen Personen „wiederkehrend, mindestens jedoch jährlich beim Hersteller in Bezug auf den Umgang mit dem Kraftfahrzeug sowie wesentliche Veränderungen am Kraftfahrzeug oder der autonomen Fahrfunktion geschult werden“ (§ 14 Abs. 2 AFGBV). Dabei muss diese Schulung mit einer praktischen Prüfung einschließlich der Bewältigung simulierter Betriebsstörungen abschließen (§ 14 Abs. 2 AFGBV).

Inhabende einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung müssen auf Verlangen der Fahrerlaubnisbehörde ihre Fachkunde erneut nachweisen, wenn Tatsachen Zweifel begründen, dass die Inhabenden diese Kenntnisse noch besitzen (§ 48 Abs. 8 FeV).

Daneben fordert die Betriebssicherheitsverordnung regelmäßige Fortbildungen und Unterweisungen mindestens einmal jährlich (§ 12 Abs. 1 BetrSichV). Die Verordnung hat zum Ziel, die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit von Beschäftigten bei der Verwendung von Arbeitsmitteln zu gewährleisten (§ 1 Abs. 1 BetrSichV).

Auch von einem Bahnunternehmen wird gefordert, dass ein Verfahren der ständigen Weiterbildung eingerichtet wird, um die Befähigung des Personals aufrechtzuerhalten und zu gewährleisten (§ 6 Abs. 6 TfV). Dabei wird gefordert, dass die Kenntnisse alle drei Jahre überprüft werden (Anlage 11 TfV). „Ergeben sich aus den Überprüfungen Zweifel an der Befähigung eines Triebfahrzeugführers, darf der Unternehmer ihn erst dann wieder einsetzen, wenn die Zweifel ausgeräumt sind“ (§ 12 Abs. 1 TfV). Liegen auch bei erneuter Überprüfung die Erteilungsvoraussetzungen weiterhin nicht vor, hat das Unternehmen der triebfahrzeugführenden Person Befähigungen abzuerkennen, die Zusatzbescheinigung (als Teil des Führerscheins) auszusetzen oder zu entziehen (§ 12 Abs. 2 TfV).

Auch im Bereich der Straßenbahnen „sind Fahrbedienstete nach ihrer Ausbildung in regelmäßigen Abständen in der Ausübung ihrer Tätigkeit zu überprüfen und nachzuschulen“ (§ 12 Abs. 4 BOStrab).

4.5 Aufsicht während der Tätigkeit

Aufmerksamkeit

In § 1 der Straßenverkehrs-Ordnung steht, dass die Teilnahme am Straßenverkehr ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht erfordert (§ 1 Abs. 1 StVO). Um Fahrende bei ihrer Fahrtätigkeit zu unterstützen und die Aufmerksamkeit sicherzustellen, fordert die EU-

Verordnung 2019/2144 zur Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen: „Kraftfahrzeuge müssen mit den folgenden hochentwickelten Fahrerassistenzsystemen ausgerüstet sein: (...) c) Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers d) hochentwickeltes Warnsystem bei nachlassender Konzentration des Fahrers“ (Artikel 6 Abs. 1 EU2019/2144). Ein hochentwickeltes Warnsystem ist für neue EU-Typgenehmigungen ab 7. Juli 2024 vorgeschrieben. Ab dem 7. Juli 2026 werden Kraftfahrzeuge ohne ein entsprechendes System in der EU nicht mehr zugelassen.¹⁵

Substanzgebrauch

Ordnungswidrig handelt, wer im Straßenverkehr ein Kraftfahrzeug führt, obwohl er 0,5 Promille oder mehr Alkohol im Blut hat (vgl. auch §§ 315c, 316 Strafgesetzbuch (StGB), die bereits ab 0,3 Promille (und Ausfallerscheinungen) greifen) oder unter der Wirkung eines berauschenden Mittels (z.B. Kokain oder Amphetamin) steht. Die Wirkung eines berauschenden Mittels wird angenommen, sobald dieses im Blut nachgewiesen wird, d.h. es sind im Gesetz selbst keine Grenzwerte definiert (§ 24a Abs. 1-2 StVG). Für Fahranfänger gilt ein vollständiges Alkoholverbot (§ 24c Abs. 1 StVG)¹⁶. Dieses greift aus messtechnischen Gründen und zur Berücksichtigung von endogenem Alkohol erst ab 0,2 Promille (zudem gibt es Sonderregelungen im Bereich der Fahrgastbeförderung; vgl. § 8 Abs. 3 Nr. 1 BOKraft).¹⁷

Auch im Bahnbereich ist vorgeschrieben „dass ein Triebfahrzeugführer während seines Dienstes zu keinem Zeitpunkt unter dem Einfluss von Stoffen steht, die seine Konzentration, seine Aufmerksamkeit oder sein Verhalten beeinträchtigen können“ (§ 12 Abs. 4 TfV).

¹⁵ Die entsprechenden Daten für ein einfacheres Warnsystem entsprechend Punkt c) sind jeweils 2 Jahre früher, d.h. am 6. Juli 2022 bzw. am 7. Juli 2024.

¹⁶ Aufgrund des Gesetzes zum kontrollierten Umgang mit Cannabis (CanG), das am 1. April 2024 in Deutschland eingeführt wurde, ist eine Änderung des StVG geplant, die Fahranfängern das Fahren unter dem Einfluss von Tetrahydrocannabinol verbietet.

¹⁷ Auch im Rahmen der Teleoperation müssen die zuständigen Behörden die Fahrtüchtigkeit des Telefahrers kontrollieren können.

5 Strukturierte Interviews und Workshop mit Fachleuten

5.1 Interviews

5.1.1 Zielsetzung und Methodik

Neben der Literaturanalyse wurde über strukturierte Interviews mit Betreibern von teleoperierten Fahrzeugen sowie Forschungsinstitutionen in diesem Bereich der Stand der Technik erhoben. Das abgefragte Erfahrungs- und Expertenwissen beinhaltete z.B. folgende Aspekte:

- Erfahrungen und Konzepte bzgl. der Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person
- Erfahrungen und Konzepte bzgl. der Ausbildung der telefahrenden Person
- Erfahrungen und Konzepte bzgl. der Weiterbildung und regelmäßigen Überprüfung der Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person
- Erfahrungen und Konzepte bzgl. der Kontrolle von Aufmerksamkeit, Ablenkung, Vigilanz und Müdigkeit der telefahrenden Person.

Die Durchführung der Experteninterviews beinhaltete die folgenden Schritte:

1. Abstimmen von Stichprobe und Leitfaden mit BAST und Betreuerkreis
2. Kontaktaufnahme mit Fachleuten und Terminvereinbarung (inkl. Versenden des Leitfadens an Fachpersonen zur Vorbereitung)
3. Vor-Recherche zu befragten Firmen/Institutionen bzw. Fachpersonen
4. Durchführung Interviews (n=13 Interviews mit n=19 Personen; online, jeweils ca. 2 Stunden) zzgl. Protokollierung
5. Abstimmung Protokoll mit Interviewpersonen (d.h. Autorisierung)

Basierend auf den durchgeführten Experteninterviews (und der vorangegangenen Literaturanalyse und Analyse der Rechtsvorschriften) konnten schließlich Erkenntnisse bezüglich der Anforderungen an die Eignung und Befähigung von Telefahrenden abgeleitet werden.

Neben den Betreibern von teleoperierten Fahrzeugen und den Forschungsinstitutionen, die im Bereich der teleoperierten Fahrzeugführung forschen, wurden - soweit dies einen zusätzlichen Informationsgewinn versprach – Fachinterviews mit Personen aus anderen Verkehrsbereichen durchgeführt.

Die Fachinterviews wurden nicht nur organisatorisch vorbereitet (d.h. Kontaktaufnahme, Erläuterung der Zielsetzung, Abstimmung Interviewtermin und -durchführung), sondern auch inhaltlich (z.B. Recherche und Studium von Veröffentlichungen der Forschungsinstitution, öffentliche Informationen über den Teleoperationsbetreiber). Die Kontaktaufnahme zu den Fachpersonen wurde durch ein Begleitschreiben der BAST unterstützt, in

dem die BAST die angeschriebenen Institutionen um aktive Unterstützung des Vorhabens bat.

Die online durchgeführten Interviews dauerten ca. 2 Stunden. Nach dem Interview, das anhand eines detaillierten Leitfadens durchgeführt wurde, sicherte eine detaillierte Nachbereitung und Protokollierung (inkl. einer Autorisierung der Interviews durch die Interviewperson) die Ergebnisse und bereitete die anschließende Analyse vor.¹⁸

5.1.2 Leitfaden

Durch die Vorbereitung eines strukturierten Leitfadens, der durch das Interview führte, wurde sichergestellt, dass die für das Interview zur Verfügung stehende Zeit möglichst produktiv genutzt wurde und verlässliche Informationen und Erfahrungen gesammelt werden konnten.

Der Leitfaden wurde vor dem Interviewtermin der befragten Interviewperson zur Information und Vorbereitung zugesendet. Er beschrieb zu Beginn kurz die Inhalte und Ziele des Projekts und bat um Unterstützung, indem Erfahrungen und Einschätzungen bzgl. der Anforderungen an eine telefahrende Person geteilt werden. Nach einer Erklärung zum Datenschutz wurden organisatorische Hinweise zum Modus der Interviewdurchführung gegeben.

Die Interviews selbst fokussierten auf die Anforderungen, die die Telefahrt an Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person stellt. Weiterhin wurde behandelt, welche Forderungen sich daraus bzgl. der Aus- und Weiterbildung der Person und der regelmäßigen Überprüfung von Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit ergeben. Die betrachtete Teleoperationsvariante ist dabei das Telefahren bzw. Remote Driving, d.h. die vollständige Übernahme der Fahrzeugsteuerung auf Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene durch die telefahrende Person (im Gegensatz zu anderen Konzepten der Teleoperation).

Das Interview fokussierte auf folgende Anwendungsszenarien:

- Anwendungsszenario I – Car-Sharing mit Bring-Service: Die telefahrende Person steuert einen Pkw zur nutzenden Person, die dann das Fahrzeug übernimmt. Am Zielort übernimmt wieder eine telefahrende Person.
- Anwendungsszenario II – Shuttle-Bus: Die telefahrende Person übernimmt die Steuerung eines automatisierten innerstädtischen Shuttle-Busses, wenn das automatisierte Fahrsystem Unterstützung braucht (z.B. weil von den virtuellen Schienen abgewichen werden muss).
- Anwendungsszenario III – Lkw auf Autobahn: Die telefahrende Person steuert einen automatisierten Lkw auf der Autobahn, sobald dieser den zugelassenen Betriebsbereich des automatisierten Fahrens verlässt.

Das Interview bestand aus den folgenden Abschnitten, die gemeinsam durchgegangen wurden:

1. Kompetenzvergleich

¹⁸ Ein Versuchsleitfaden wurde nicht im Rahmen eines Interviews ausgefüllt, sondern von der Fachperson schriftlich beantwortet.

2. Vorwissen/Vorerfahrung
3. Eignungsvoraussetzungen
4. Initiale Schulung
5. Überprüfung
6. Aufsicht während der Tätigkeit

5.1.3 Erkenntnisse aus den Fachinterviews

Nach dem Abschluss der Fachinterviews können anhand der autorisierten Protokolle folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

Die befragten Fachpersonen betonen, dass eine telefahrende Person Kompetenzen benötigt, die über die eines „normalen“ Fahrenden hinausgehen. Dies beinhaltet insbesondere die folgenden Aspekte: (1) Wissen über die technischen Aspekte der Teleoperation (z.B. Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Kontrollzentrum), (2) Fahrzeugsteuerung anhand der visuellen Darstellung der Verkehrsumgebung auf Bildschirmen und bei Fehlen von kinästhetischen Informationen, (3) Fahren unter Latenzbedingungen, (4) nötige Perspektivenübernahme und Hineinversetzen in das aktuelle Fahrzeug und die Verkehrssituation (d.h. auch Situationsbewusstsein), (5) Tätigkeit und Rolle innerhalb eines Gesamt-Teleoperationssystems und (6) besonderes Verantwortungsgefühl, vorausschauende Fahrweise und Sicherheitsbewusstsein (auch im Hinblick auf mögliche Fehler innerhalb des Teleoperationssystems).

Fahreignung und Auswahl von telefahrenden Personen

Personen, die sich zu Telefahrenden ausbilden lassen wollen, sollten nach Meinung der befragten Fachpersonen folgende Bedingungen erfüllen:

Voraussetzung für die Ausbildung zur telefahrenden Person ist der Besitz der Fahrerlaubnisklasse für das teleoperierte Fahrzeug (bei Fahrgastbeförderung entsprechend inklusive Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung; bei Lkw entsprechende Berufskraftfahrerqualifikation). Eine Fachperson weicht von dieser Einschätzung ab und verlangt den Führerschein für nahezu alle Fahrzeugklassen (z.B. Motorrad, Lkw, Bus), um das Verständnis für andere Verkehrsteilnehmende und eine ausreichende Perspektivenübernahme zu gewährleisten (Bild 1).

Eine Mindestdauer des Besitzes der relevanten Fahrerlaubnisklasse sowie ausreichende und aktuelle Fahrerfahrung mit der Fahrzeugklasse sind nötig, um Fahrverhalten und Fahrzeugabmessungen zu kennen (allerdings lässt sich die tatsächliche Fahrleistung schwer nachweisen und ist deshalb als Kriterium nach Meinung einiger Fachpersonen wenig praktikabel). Die Dauer der nötigen Fahrerfahrung mit der Fahrzeugklasse, die teleoperiert gesteuert werden soll, wird von den Fachpersonen nicht einheitlich gesehen, allerdings geht die Mehrzahl der Befragten davon aus, dass drei Jahre tatsächliche Fahrerfahrung ausreichen (Bild 2). Die Fachpersonen sehen jedoch zwischen den abgefragten Anwendungsbereichen (Car-Sharing, Shuttle-Bus, Lkw auf Autobahn) kaum Unterschiede.

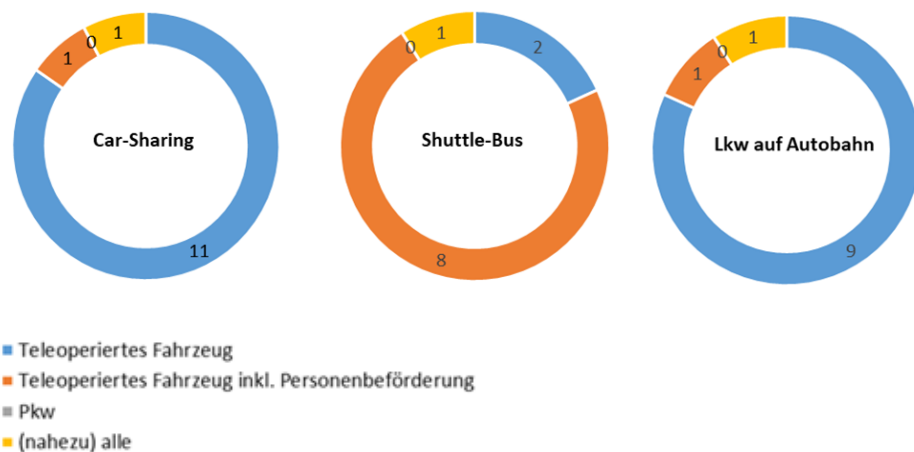


Bild 1: Einschätzungen der Befragten bzgl. der nötigen Fahrerlaubnis für Personen, die sich als Telefahrende ausbilden lassen wollen

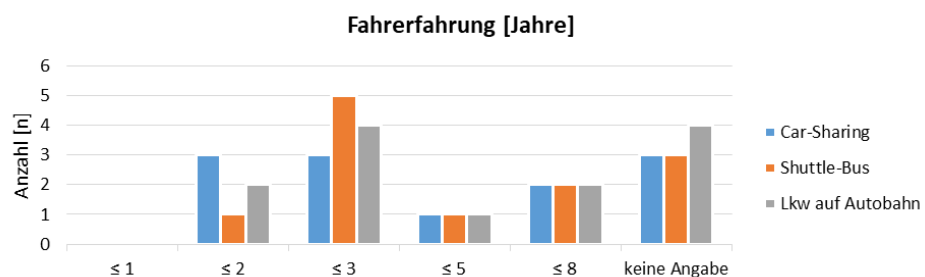


Bild 2: Einschätzungen der Befragten bzgl. der nötigen „realen“ Fahrerfahrung mit der teleoperiert gesteuerten Fahrzeugklasse

Da persönliche Reife und Fahrerfahrung in der Regel zu mehr Fahrsicherheit führen, erscheint die Vorgabe eines Mindestalters sinnvoll. Das von den Fachpersonen vorgeschlagene Mindestalter ist nicht einheitlich und reicht von 21 bis 30 Jahre (Bild 3).

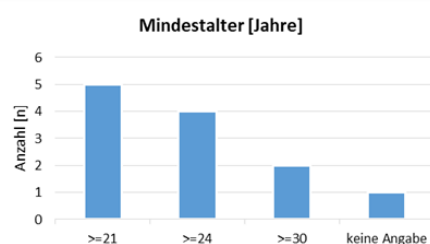


Bild 3: Einschätzungen der Befragten bzgl. Mindestalter für Telefahrende

Nach überwiegender Meinung der Befragten ist kein bestimmter Schulabschluss oder eine bestimmte Ausbildung zu fordern. Einige weisen jedoch darauf hin, dass ein Mindestmaß an intellektuellen Fähigkeiten vorliegen muss, um die Ausbildung erfolgreich absolvieren zu können. Dementsprechend sollte eine abgeschlossene Schulausbildung vorliegen.

Nach Meinung der meisten Befragten sollte (unabhängig vom konkreten Use Case) Kraftfahreignung entsprechend der Gruppe 2 vorliegen (vgl. Anlage 4 FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung der BAST). Einige Fachpersonen weisen allerdings darauf

hin, dass insbesondere die leistungspsychologischen Anforderungen in den Leitlinien aktuell nicht ausreichend differenziert betrachtet werden. Einige Befragte schätzen die Eignungsanforderungen höher ein als beim traditionellen Fahren (z.B. bzgl. geistiger Leistungsfähigkeit und Intelligenz bzw. schnelle Auffassungsgabe und räumliches Vorstellungsvermögen).

Anforderungen an das Sehvermögen sollten die besonderen Umstände am Teleoperationsarbeitsplatz berücksichtigen (d.h. insbesondere gutes Sehvermögen in Bildschirmfernung).

Körperliche Einschränkungen sind nach Einschätzung einiger Befragter voraussichtlich weniger relevant als bei Fahrenden, die sich im Fahrzeug befinden, da z.B. weniger Kopf- bzw. Körperdrehung notwendig ist, um die Verkehrsumgebung zu beobachten (entsprechend sollten Möglichkeiten der Beschäftigung für eingeschränkte Personen geprüft werden).

Die charakterliche Eignung ist sehr bedeutsam für eine verkehrs- und regelkonforme Telefahrt. Aus diesem Grund sollte diese bzgl. mehrerer Kriterien vorliegen. Nach Meinung der Befragten sollte ein Kriterium bzgl. des Fahreignungsregisters (maximaler Punktwert von 1-3 Punkten) festgelegt und das Führungszeugnis geprüft werden (Bild 4 links).

Auch weitere Auswahltests sind nach Meinung der befragten Fachpersonen für zukünftige Telefahrende geeignet, insbesondere sogenannte Hazard Perception Tests und Arbeitsproben, während derer Bewerbende ein (simuliertes) Fahrzeug aus der Ferne in einer sicheren (Test-)Umgebung steuern (Bild 4 rechts).

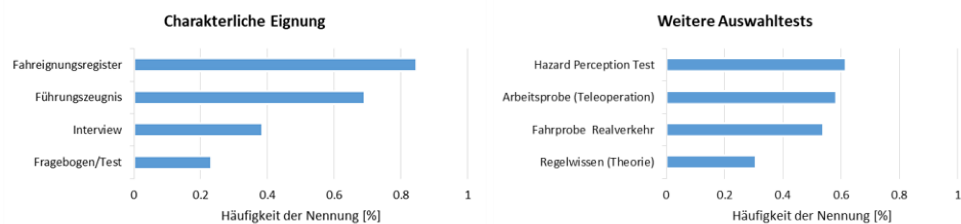


Bild 4: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Feststellung von charakterlicher Eignung (links) und weiterer geeigneter Eignungstests (rechts)

Befähigung, Aus- und Weiterbildung von Telefahrenden

Nach Meinung der befragten Fachpersonen sind folgende Aspekte bzgl. der Aus- und Weiterbildung von Telefahrenden relevant:

Einige Befragte schlagen vor, dass am Ende der initialen Schulung zur telefahrenden Person eine Art „Fahrerlaubnis Telefahrt“ erlangt wird. Da die Inhalte der Schulung vom konkreten Anwendungsbereich abhängen (z.B. Lkw vs. Pkw, Straßentypen mit bestimmter Höchstgeschwindigkeit), erscheint ein modulares Modell angemessen, in dem bestimmte Ausbildungsmodule (z.B. für einen bestimmten Betriebsbereich) nachgewiesen werden und eine entsprechende Erlaubnis zur Teleoperation zur Folge haben.

Relevante Schulungsinhalte, die von den Befragten genannt werden, sind (1) Grundlagen des Teleoperationsbetriebs und der Abläufe, (2) technische Informationen zur Teleoperation, zur Kommunikationstechnik, zum Fahrzeug und zu automatisierten Fahrsystemen, (3) Darstellung der Verkehrsumgebung auf Bildschirm, Latenz und ihre Auswirkungen sowie weitere Human-Factors-Herausforderungen bei der Teleoperation (z.B. Telepräsenz, Situationsbewusstsein, Workload, Aufmerksamkeit und Ablenkung), (4) Sensibilisierung bzgl. Verantwortung, Verkehrssicherheit und Sicherheitskultur, (5) Einweisung in Funktionalität

und Bedienung des Teleoperationsarbeitsplatzes, (6) Fahrzeugreaktion auf Bedieneingaben und Fahrzeugführung in abgesperrten Bereichen und anschließend im Realverkehr, (7) Arbeitsabläufe und deren Strukturierung, (8) Übergabe und Rückgabe der Fahrzeugkontrolle sowie Proben und Abläufe vor Fahrtbeginn, (9) Einfluss von Betriebsbedingungen (z.B. Sichtverhältnisse) sowie Vorgehen und Prozesse bei Vorfällen/Unfällen, (10) Kommunikation mit weiterem Betriebspersonal und ggf. Fahrgästen im Fahrzeug sowie Bewusstsein für Reaktionen von anderen Verkehrsteilnehmenden auf automatisierte/teleoperierte Fahrzeuge, (11) Ortskenntnisse bzgl. des befahrenen Betriebsbereichs, (12) Arbeitsschutzmaßnahmen (z.B. Pausenregelung).

Die Themen Nachhaltigkeit und allgemeine Verkehrsregeln, die bereits im Rahmen der „normalen“ Fahrausbildung gelernt wurden, sind für die initiale Schulung zur telefahrenden Person weniger wichtig (Bild 5).

Viele befragte Fachpersonen konnten keine Angabe machen, welchen zeitlichen Umfang die initiale Schulung haben sollte (Bild 6). Entsprechend ist eine Abschätzung, wie lange eine Schulung zur telefahrenden Person (bei entsprechenden Vorerfahrungen und gegebener Eignung) dauern wird, nicht möglich. An die initiale Schulung sollte sich eine Phase der Telefahrt unter Aufsicht (z.B. einer erfahrenen telefahrenden Person) anschließen, die schrittweise an schwierigere Fahrsituationen heranführt. Evtl. könnte auch eine deutlich umfangreichere Ausbildung zur telefahrenden Person im Sinne einer Zusatzqualifikation nach erfolgter Berufskraftfahrerausbildung angeboten werden.

Aufgrund der Neuartigkeit des Betriebsverfahrens Teleoperation ist ein besonderer Schwerpunkt auf bedarfsgemäße Weiterbildungen (z.B. bei neuen Systemfunktionen oder Fahrzeugtypen) zu legen. In diesem Zusammenhang können auch bereits bekannte Themen aufgefrischt werden.

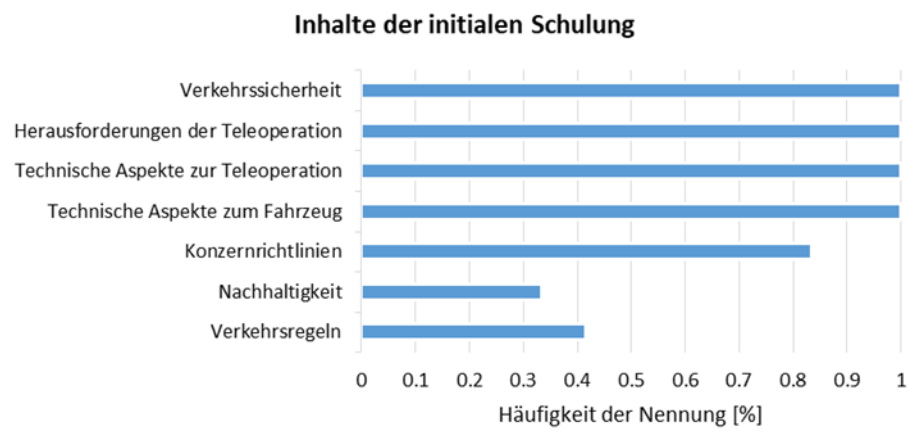


Bild 5: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Inhalte der initialen Schulung zur telefahrenden Person

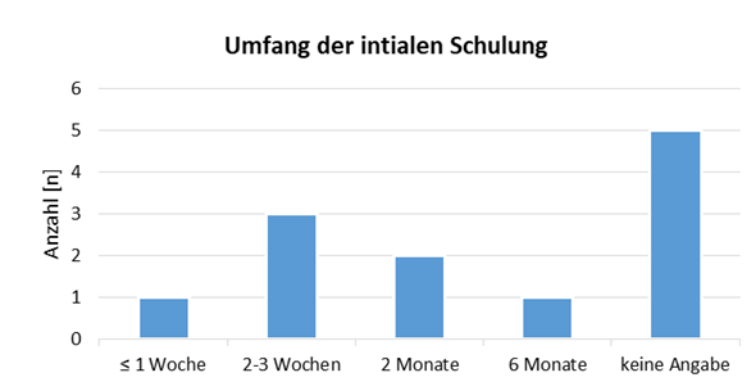


Bild 6: Einschätzung der Befragten zum Umfang der initialen Schulung für Telefahrende

Prüfung und Überprüfung der Eignung und Befähigung von Telefahrenden

Zur Prüfung der Befähigung von Telefahrenden und regelmäßigen Überprüfung der Eignung werden von den Befragten folgende Punkte genannt:

Nach übereinstimmender Einschätzung sollte eine Prüfung die Ausbildung zur telefahrenden Person abschließen (Bild 7 links). Die Prüfung sollte theoretisches Wissen ebenso testen wie die praktische Beherrschung des Fahrbetriebs anhand einer Prüfungsfahrt (Bild 7 Mitte). Simulative Ansätze (d.h. Steuerung eines virtuellen Fahrzeugs in einer simulierten Verkehrsumgebung) können die Ausbildung und Prüfung von Telefahrenden sinnvoll ergänzen, da sie die Darstellung kontrollierter Betriebs- und Verkehrssituationen erlauben.

Auch wenn aktuell die praktische Prüfung aufgrund der jeweiligen betrieblichen und technischen Besonderheiten meist nur vom Teleoperationsbetreiber durchgeführt werden könnte, erscheint perspektivisch eine Trennung von Ausbildungs- und Prüfungsinstitution sinnvoll (Bild 7 rechts). In der Zwischenzeit könnte es zweckmäßig sein, die betriebsinternen Prüfkonzepte zur Ansicht und Dokumentation einer geeigneten offiziellen Institution vorzulegen bzw. bei interner Prüfung eine entsprechende Akkreditierung der internen Prüfperson bzw. des Prüfungskonzepts zu verlangen (die wiederum eine Trennung des Ausbildungs- vom Prüfungsteam verlangt).

Regelmäßige Eignungsüberprüfungen sollten angelehnt an die geltenden Richtlinien für Bewerbende um die Erteilung oder Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Gruppe 2 bzw. einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung vorgesehen werden. Auch die charakterliche Eignung sollte regelmäßig überprüft werden (z.B. durch regelmäßigen Nachweis des Punktestands im Fahreignungsregister durch die telefahrende Person).

Zumindest stichprobenartige Kontrollen bzgl. Alkohol- und Drogenkonsums sind vorzusehen (und sollten entsprechend arbeitsrechtlich innerbetrieblich geregelt werden). Weiterhin muss gewährleistet sein, dass die zuständigen Behörden die telefahrende Person bzgl. des Konsums von Substanzen überprüfen können, die die Fahrtüchtigkeit beeinflussen.

Inwieweit regelmäßige Überprüfungen der Handlungssicherheit von Telefahrenden angemessen sind, wird von den Befragten unterschiedlich gesehen. Auch die Antworten auf die Frage nach der geeigneten Methode variieren. Mögliche Methoden beinhalten Prüffahrten in der Fahrsimulation, die Auswertung aufgezeichneter Fahrdaten und die Begleitung/Beobachtung von Fahrten durch entsprechende instruierende Personen.

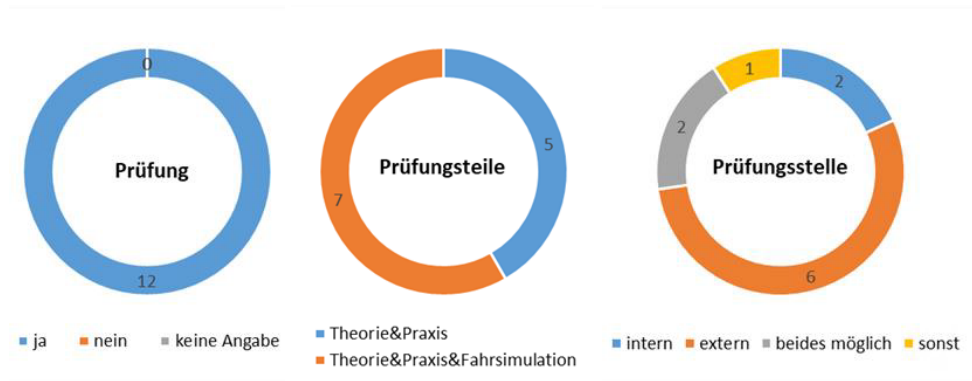


Bild 7: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Notwendigkeit einer Prüfung nach Abschluss der initialen Schulung (links), der Prüfungsteile (Mitte) und der Prüfungsstelle (rechts)

Aufsicht von Telefahrenden

Weiterhin wurde im Rahmen der Fachinterviews abgefragt, ob während der Telefahrt kontrolliert werden sollte, ob die telefahrende Person aufmerksam ist und die relevante Verkehrsumwelt beachtet:

Die Einschätzungen der befragten Fachpersonen stimmen nicht überein. Einige weisen auf die Neuartigkeit der Teleoperation hin sowie darauf, dass Ablenkung eine wichtige Unfallursache ist und die telefahrende Person aufgrund ihrer räumlichen Entfernung anfällig für Ablenkung und mangelndes Situationsbewusstsein sein kann. Andere bauen darauf, dass die entsprechende Schulung und Sensibilisierung der Telefahrenden bewirken, dass Ablenkung durch organisatorisch-betriebliche Aspekte reduziert werden kann (z.B. Sichtschutz, Regelungen zu Fahr- und Pausenzeiten) und Ablenkung damit weniger wahrscheinlich ist.

Eine Überprüfung der Fahrperformanz sowie ein praktiziertes Incident-Management sollte Vorfälle dokumentieren und auswerten, um auf diese Weise nicht nur situative Ursachen für Vorfälle herauszuarbeiten, sondern auch Telefahrende zu identifizieren, die durch häufige Vor- und Unfälle auffallen.

5.2 Workshop zu Eignung und Befähigung bei der teleoperierten Fahrzeugführung

Im Rahmen von AP3 wurde ein Workshop durchgeführt, bei dem die erarbeiteten Ergebnisse aus Literaturanalyse und Fachinterviews diskutiert, bewertet und abgestimmt wurden.

5.2.1 Inhalt und Ablauf des Workshops

Neben dem Austausch im Plenum wurde in einzelnen Arbeitsgruppen intensiv zu den Themenbereichen Vorerfahrung und Eignung, Aus- und Weiterbildung sowie Überprüfung und Aufsicht von Telefahrenden diskutiert.

Der Workshop hatte zum Ziel, eine Reihe von Thesen zu den Themenbereichen möglichst umfassend zu diskutieren und zu beantworten. Dazu wurden nach einem kurzen motivierenden Einstieg ins Thema die bis zum Zeitpunkt der Durchführung des Workshops erlangten Ergebnisse vorgestellt. Dabei wurden insbesondere die Ergebnisse der Fachinterviews präsentiert.

Eine tiefergehende Beschäftigung mit den einzelnen offenen Forschungsfragen wurde anschließend in drei Arbeitsgruppen vorgenommen. Die Ergebnisse und offenen Punkte bzw. Fragen wurden anschließend im Plenum diskutiert.

Insgesamt haben 14 Personen am Workshop teilgenommen.

Um die Diskussion in den Arbeitsgruppen zu strukturieren, wurden den Teilnehmenden Diskussionsthemen vorgestellt, zu denen sich die einzelnen Arbeitsgruppen jeweils intensiv ausgetauscht haben, bevor diese dann im Plenum weiterdiskutiert wurden.

Im Anschluss an den Workshop wurden die Ergebnisse per Mail an die Anwesenden verteilt und von diesen freigegeben bzw. kommentiert.

5.2.2 Ergebnisse des Workshops

Die Ergebnisse gliedern sich entsprechend der im Workshop diskutierten Thesen, die aus den bisherigen Erkenntnissen, d.h. der Literaturanalyse und den Experteninterviews, abgeleitet wurden. Sie fassen die Empfehlungen in den drei Bereichen (1) Vorerfahrung und Eignung, (2) Aus- und Weiterbildung und (3) Überprüfung und Aufsicht zusammen.

Vorwissen und Vorerfahrung

Aus rechtlicher Sicht ist das Vorliegen einer Fahrerlaubnis notwendig, da bei der Telefahrt Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr bewegt werden. Die Telefahrt eines Fahrzeugs erfordert in gleicher Weise Kenntnisse und Fähigkeiten zur Fahrzeugführung wie sie der Fahrende im Fahrzeug braucht. Auch die technische Aufsicht muss bei manuellem Fahrbetrieb eine Fahrerlaubnis der Klasse des jeweiligen Fahrzeugs besitzen. Vor diesem Hintergrund wurde die These diskutiert, dass die telefahrende Person einen gültigen Führerschein für die Fahrzeugklasse besitzen muss, die der des teleoperierten Fahrzeugs entspricht. Alle Fachpersonen in den verschiedenen Arbeitsgruppen stimmten dieser These zu.

Die Verantwortung für die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen bzw. Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten bedarf einer besonderen Vorsicht. Ein damit einhergehendes Mindestmaß an Fahrerfahrung erscheint überdies notwendig, um ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen eigenem Fahrverhalten und dem daraus resultierenden Verhalten des Fahrzeugs aufzubauen. Deshalb wird in den Arbeitsgruppen die These diskutiert, dass ein Mindestalter von 21 Jahren vergleichbar der Regelung bei der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung empfohlen werden sollte. Zu dieser These besteht Uneinigkeit in den Arbeitsgruppen: Einerseits findet die These Unterstützung aufgrund der höheren Unfallzahlen bei jüngeren Fahrenden und der fehlenden körperlichen Betroffenheit der telefahrenden Person bei fehlerhaften Fahreingaben. Andererseits wird angeführt, dass die Verantwortungsbereitschaft und Gewissenhaftigkeit einer fahrenden Person wichtiger sind als das formale Alter. Demnach sollte das vorgeschlagene Mindestalter von 21 Jahren lediglich eine Empfehlung darstellen, von der abgewichen werden kann, wenn ein gleichwertiger Nachweis der persönlichen Reife möglich ist.

Die Belastbarkeit von Telefahrenden kann mit zunehmendem Alter abnehmen und teleoperiertes Fahren stellt (im Vergleich mit einer fahrenden Person im Fahrzeug) in mancher Hinsicht höhere Anforderungen an die fahrende Person. Die Fachleute regen hierzu an, dass die Überprüfung der Eignung unabhängig von einem bestimmten Alter regelmäßig vorgenommen werden sollte.

Eine tatsächliche Fahrerfahrung mit und im Fahrzeug ist für die Telefahrt nötig. Fahrerfahrung ist jedoch nicht einfach durch die Dauer des Führerscheinbesitzes operationalisierbar (da diese von der tatsächlichen Fahrleistung abhängt).¹⁹ Während des Workshops wird deshalb die These diskutiert, dass eine telefahrende Person grundsätzlich mindestens drei Jahre aktive Fahrerfahrung bzgl. der teleoperierten Fahrzeugklasse haben sollte. Auch wenn die Mehrheit der Teilnehmenden der These zustimmt, bleibt unklar, wie der Nachweis einer tatsächlichen aktiven Fahrerfahrung erbracht werden kann. Entsprechend erscheine die praktische Umsetzung einer solchen Vorschrift aller Voraussicht nach schwierig. Die Fachleute nennen als beispielhafte Nachweise (1) die Haltung eines Fahrzeugs, (2) eine dokumentierte Car-Sharing Nutzung sowie (3) den Nachweis einer vorausschauenden und sicheren Fahrweise durch das Urteil einer Fahrlehrkraft oder durch eine Praxisfahrt in einem konventionellen Fahrzeug durch den Ausbildungsbetrieb.

Eine weitere These ist, dass aufgrund der Anforderungen während der Ausbildung ein Schulabschluss (mind. Sekundarstufe 1) vorliegen sollte. Auch wenn dieser These grundsätzlich zugestimmt wird, äußern einige Fachleute jedoch, dass diese Vorgabe lediglich eine Empfehlung darstellen sollte und Betreiber in der Lage sein sollten, Personen ohne Schulabschluss bei bestandener Ausbildung eine Beschäftigung zu bieten. Das Bestehen der Abschlussprüfung zur telefahrenden Person zeige in ausreichender Weise, dass die Person die Anforderungen der Ausbildung erfüllt habe. Für einen möglichen zukünftigen Ausbildungsberuf „Person im Teleoperationsdienst“ sollte jedoch ein Schulabschluss obligatorisch sein.

Eignungsvoraussetzungen

Die Verantwortung für die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen oder Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten bedarf entsprechender körperlicher und geistiger Eignungsvoraussetzungen. Entsprechend diskutieren die Fachleute die These, dass eine Voraussetzung für Telefahrende die körperliche und geistige Eignung entsprechend der Gruppe 2 ist (vgl. Anlage 4 FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung der Bundesanstalt für Straßenwesen (2022)). In den Arbeitsgruppen wird diese These kontrovers diskutiert. Als Proargumente werden die besonderen Anforderungen des Telefahrens (z.B. aufgrund von vorliegenden Latenzen) ebenso genannt wie die passenden und übertragbaren Regelungen für Taxi- und Lkw-fahrende Personen. Auf der Kontraseite steht, dass unklar ist, wie die höheren Anforderungen der Gruppe 2 gegenüber Fahrenden in Präsenz bei gleicher Fahrzeugklasse zu rechtfertigen sind (wenn z.B. keine Fahrgäste befördert werden) und ob nicht eine weitere Gruppe (neben den in FeV und Leitlinien genannten Gruppen 1 und 2) für telefahrende bzw. teleoperierende Personen notwendig ist, die erweiterte Anforderungen beinhaltet (z.B. das räumliche Vorstellungsvermögen betreffend). Alternativ könnte eine Gruppe 1 mit zusätzlichen Auflagen (z.B.: Vorlage des Führungszeugnisses, Fahreignungsregister etc.) sinnvoll sein, sofern keine Fahrgäste befördert werden (dann würden die Regelungen für Gruppe 2 gelten).

Da das Fahren vor allem auf visuellen Informationen basiert und diese beim Telefahren über Bildschirme dargestellt werden, wird bzgl. der Sehfähigkeit die These erörtert, dass insbesondere die Fähigkeit zum Erkennen relevanter Informationen auf einem Bildschirm geprüft werden sollte. Die Testung der Sehfähigkeit beim Erkennen von Bildschirminhalten

¹⁹ Teilweise erfordert auch die Erteilung einer Fahrerlaubnis bereits eine Mindestdauer des Besitzes der Fahrerlaubnis einer oder mehrerer anderer Fahrzeugklassen.

wird grundsätzlich als sinnvoll erachtet. Es wird eine Prüfung anhand des großen Sehtests wie bei der Bildschirmarbeitsplatzvorsorge vorgeschlagen.²⁰

Eine weitere These betrifft mögliche körperliche Einschränkungen einer Person, die aktuell Ausschlusskriterien für Gruppe 2 bilden (z.B. Rückenmarksverletzungen, die in relevantem Umfang zu motorischen Behinderungen führen; Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022). Es wird die These bewertet, dass geprüft werden sollte, ob diese zwangsläufig auch zu einer fehlenden Eignung bei der Telefahrt führen. Die Fachleute kommen hier zum Konsens, dass die Tätigkeit als telefahrende Person Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen eine Chance für eine berufliche Laufbahn bieten sollte und plädieren für entsprechende Offenheit. Da eine telefahrende Person jedoch weiterhin regelmäßige Fahrpraxis im entsprechenden Kraftfahrzeug benötigt, müssen gewisse Anforderungen an die körperliche Fitness weiterhin erfüllt werden (da z.B. im Rahmen der Praxisfahrten das Führerhaus des Kraftfahrzeugs erreicht werden muss).

Eine Prüfung der psychischen Leistungsfähigkeit ist aufgrund der Verantwortung für die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen oder Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten notwendig. Die Anforderungen hinsichtlich der leistungspsychologischen Eignung begründen sich insbesondere dadurch, dass sich in diesem Bereich vorliegende Einschränkungen aufgrund der telefahrtspezifischen Gegebenheiten (z.B. Latenz) potenziell stärker negativ auf die Fahrleistung auswirken können als beim Fahren in Präsenz. Daraus ergibt sich die diskutierte These, dass eine leistungspsychologische Eignung entsprechend der Voraussetzungen für Gruppe 2 vorliegen muss (vgl. Anlage 4 der FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung). Die These wurde kontrovers diskutiert. Letztlich fand sich für die Personenbeförderung eine mehrheitliche Zustimmung (im Gegensatz zum Use Case eines telegeführten Pkw ohne Fahrgastbeförderung), da die teleoperationsspezifischen Gegebenheiten höhere leistungspsychologische Anforderungen hervorrufen könnten. Einige Fachleute haben dennoch Bedenken, wie bei Fahren der selben Fahrzeugklasse unterschiedliche Anforderungen bei Fahren in Präsenz und Teleoperation zu rechtfertigen sind (z.B. Pkw ohne Fahrgastbeförderung). Die Fachleute weisen weiterhin darauf hin, dass die tatsächlichen leistungspsychologischen Anforderungen an die telefahrende Person auch von der konkreten Umsetzung des Teleoperationsarbeitsplatzes abhängen (z.B. inwieweit die Informationsdarstellung aufbereitet und die telefahrende Person dadurch unterstützt wird).

Die Zuverlässigkeit und charakterliche Eignung einer telefahrenden Person sind vor dem Hintergrund der fehlenden direkten Betroffenheit bei einem Vor- bzw. Unfall zentral und wichtig für das Vertrauen der Fahrgäste in die Teleoperation. Aus diesem Grund wurde die These aufgestellt, dass die charakterliche Eignung anhand eines amtlichen Führungszeugnisses und eines Punktestands von maximal drei Punkten im Fahreignungsregister nachgewiesen werden muss. Die Fachleute stimmen dieser These grundsätzlich zu, geben jedoch auch zu bedenken, dass es zu Problemen bei der praktischen Anwendung kommen kann.

²⁰ Auch akustische Informationen können beim Telefahren für die Erkennung und Bewertung einer Verkehrssituation relevant sein. Weiterhin spielen das Hören und Sprechen bei der Interaktion mit anderen betrieblichen Personen und Fahrgästen eine zentrale Rolle. Da hier die Gestaltung der betrieblichen Abläufe und des Teleoperationsarbeitsplatzes eine wichtige Rolle spielt, wird an dieser Stelle von einer weiteren Diskussion des nötigen Hör- und Sprechvermögens abgesehen. Ähnliches gilt für weitere sensorische Fähigkeiten (z.B. Haptik) der Person.

Telefahrende, die mit drei Punkten angestellt werden, würden bereits bei einem zusätzlichen Punkt die charakterliche Eignung verlieren. Betriebsinterne strengere Regelungen würden voraussichtlich die Folge sein.

Ausbildung

Die Fachleute stimmen der These zu, dass die Lerninhalte während der Ausbildung den Besonderheiten der Telefahrt und den zusätzlichen Aufgaben für eine telefahrende Person Rechnung tragen müssen.

Bei der Telefahrt übernimmt die telefahrende Person die Fahrzeugsteuerung auf Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene und ist für die sichere Fahrt verantwortlich. Die Besonderheiten und zusätzlichen Aufgaben für die telefahrende Person liegen darin, dass bei der Teleoperation Videosignale, Fahrzeugzustände und Steuersignale zwischen Teleoperationsarbeitsplatz und Fahrzeug ausgetauscht werden. Daraus ergeben sich Herausforderungen bzgl. der Latenz und in der Folge möglicher Effekte auf Fahrperformanz, Motion Sickness und Workload. Weitere Herausforderungen bei der Telefahrt sind ausreichendes Situationsbewusstsein und Präsenzgefühl. Aus dem Teleoperationssetting ergeben sich – abhängig vom jeweiligen Use Case und Betriebskonzept – mögliche weitere Aufgaben für die telefahrende Person (z.B. Interaktion mit Fahrgästen im Fahrzeug). Vor diesem Hintergrund ergibt sich eine Liste von theoretischen Ausbildungsinhalten, die mit den Fachleuten diskutiert wurde: (1) Teleoperationsbetrieb: gesetzliche Grundlagen, Technik, Ablauf, Übernahme und Rückgabe der Fahrzeugkontrolle, Beteiligte und Rollen, Organisation, Richtlinien und Regelungen, Use Cases, Betriebsbereiche und -bedingungen, (2) Teleoperationsarbeitsplatz: Komponenten, Technik, Bedienung, Login, Einbindung in Kontrollzentrum, (3) Latenz: Ursachen, Folgen, Kompensation durch telefahrende Person, (4) Kommunikationsschnittstelle und Videoübertragung: Technischer Hintergrund, mögliche Fehler, (5) Virtualität: Sensorinformationen und Videodarstellung, Cyberkrankheit, Immersion und Präsenz, (6) Human-Factors Herausforderungen und Umgang damit: Workload, Situationsbewusstsein, Folgen für Fahrsicherheit, (7) Kommunikation mit anderem Betriebspersonal, Fahrgästen (falls vorhanden) und anderen Verkehrsteilnehmern, (8) Sicherheitsbewusstsein (Safety und Security) und Perspektivenübernahme bzgl. Komfort und Sicherheit, (9) Rolle von Ablenkung als Unfallursache und Sensibilisierung, gefährliche Ablenkung zu vermeiden. Auch wenn die genannten Inhalte nach Meinung der Fachleute passen (möglichst ergänzt um Pausenzeiten, Wettereinfluss und vorausschauendes Fahren), werden Bedenken geäußert. Die Auflistung der einzelnen Punkte erwecke den Eindruck, dass im Rahmen der Ausbildung ein tieferes technisches Verständnis vermittelt werden soll. Wichtiger sei jedoch nach Meinung einiger Fachleute die Vermittlung des korrekten Verhaltens und der korrekten Reaktion in bestimmten Fahrsituationen und bei bestimmten Herausforderungen während der Telefahrt. Es sollten jene Informationen gelehrt werden, die bei der konkreten Tätigkeit auch wirklich gebraucht werden. Ferner weisen die Fachleute darauf hin, dass geeignete didaktische Konzepte für eine erfolgreiche Vermittlung der Lehrinhalte wichtig sind.

Weiterhin wird den Workshopteilnehmenden eine Liste von praktischen Ausbildungsinhalten vorgestellt: (1) Teleoperation und Fahren in unterschiedlichen Verkehrsumgebungen (Stadt, Land, Autobahn) und Umgebungsbedingungen (Helligkeit, Wetterverhältnisse, Verkehrsdichte) – in Abhängigkeit von den tatsächlichen Einsatzszenarien der telefahrenden Person, (2) Prüfung und Sicherheitschecks (vor Abfahrt, während Fahrt, nach Abstellen des Fahrzeugs), (3) Fahren unter Latenzbedingungen (z.B. Jitter, höhere Latenz, Kommunikationsabbruch), (4) Bedienung und Anwendung von Assistenzsystemen und deren Funktion

(einschließlich möglicher Funktionsgrenzen), (5) Transitionen zwischen automatisierten Fahrsystemen und der manuellen Telefahrt sowie zwischen einer fahrenden Person im Fahrzeug und der telefahrenden Person. Die Fachleute stimmen diesen praktischen Ausbildungsinhalten zu. Alle wesentlichen Verkehrsvorgänge (z.B. Wenden, Einparken, Einfädeln), die in der täglichen Praxis vorkommen können, sollten im Rahmen des praktischen Trainings kennengelernt und geübt werden. Betont wird darüber hinaus, dass zukünftige telefahrende Personen die Perspektive des Fahrgasts erleben sollten, d.h. während der Ausbildung in einem Fahrzeug, das teleoperiert wird, mitfahren sollten. Weiterhin könne es bei der Teleoperation zu aufeinanderfolgenden Fahraufgaben kommen, die so bei einer fahrzeugführenden Person im Fahrzeug nicht vorkommen können (z.B. Steuern verschiedener Fahrzeuge ohne tatsächlich umzusteigen, Fahren auf Autobahn unmittelbar gefolgt vom Fahren in Kleinstadt). Falls solche Aufgabenfolgen vorkommen können, dann müsse die telefahrende Person entsprechende Trainingserfahrung diesbezüglich aufbauen können. Schließlich sollten die zu trainierenden Personen auch längere Fahrten trainieren (falls diese vorkommen können). Das Fernziel sei eine nahezu standardisierte Ausbildung für telefahrende Personen, die dann bei unterschiedlichen Betreibern tätig sein können. Beim jeweiligen Betreiber würden dann weitere Zusatzmodule gelehrt, die betreiberspezifische Inhalte umfassen (z.B. zum konkreten Arbeitsplatz, spezifische Use-Cases). Der Betreiber müsse jeweils bewerten, inwieweit und welche Zusatzmodule nötig sind.

Eine weitere These besagt, dass Umfang und Methode der initialen Schulung zur telefahrenden Person angemessen sein und theoretische ebenso wie praktische Unterrichtsmethoden beinhalten müssen. Auch wenn der Begriff „angemessen“ sehr allgemein ist, so stimmen die Arbeitsgruppen dieser These im Grundsatz zu. Die genaue Ausgestaltung und der Umfang der initialen Schulung müsse dabei abhängig vom jeweiligen Anwendungsfeld sein. Während des Workshops wird in diesem Kontext auch diskutiert, wer in Zukunft die Ausbildung durchführen wird (Teleoperationsbetreiber oder unabhängige Institutionen/Fahrschulen). Die mehrheitliche Einschätzung ist, dass die Ausbildung aufgrund der systemspezifischen Voraussetzungen beim jeweiligen Hersteller/Betreiber liegt.

Bzgl. der verwendeten Trainingsmethode postuliert eine These, dass die Verwendung von Simulatoren der teleoperierten Fahrzeugführung im Rahmen der Aus- und Fortbildung sinnvoll sein kann, um das Verhalten in bestimmten Szenarien zu üben, die in der Wirklichkeit kaum trainiert werden können. Die Fachleute schätzen den Einsatz von Simulation in Aus- und Weiterbildung als sehr sinnvoll ein. Auf diese Weise könne das praktische Training in realen Fahrzeugen (z.B. auf einem abgeschlossenen Gelände) sinnvoll ergänzt werden.

Die nächste These postuliert, dass die theoretische und praktische Abschlussprüfung durch eine Person durchzuführen ist, die an der Ausbildung nicht beteiligt war. Auch wenn diese These breite Zustimmung findet, besteht Uneinigkeit, ob die Person Teil des gleichen Unternehmens/Betriebs sein darf oder einer externen Stelle angehören muss. Die Tendenz in den Arbeitsgruppen geht eher in die Richtung, dass die Prüfung durch eine unabhängige Stelle durchgeführt werden muss, auch wenn die Ausbildung im Betrieb stattfindet. Vorstellbar wäre nach Meinung der Fachleute in diesem Zusammenhang, dass die Prüfung durch eine externe, unabhängige Person erfolgt und diese zur Prüfungsabnahme (praktischer Teil) in die Betriebsstätte kommt und dort die Prüfung am jeweiligen (evtl. betriebsspezifischen) Teleoperationssystem abnimmt.

Die These, dass die theoretische Prüfung die Fachkenntnisse in den genannten Themenbereichen abfragt und zu viele (sicherheitsrelevante) Fehler zum Nichtbestehen der theoretischen Prüfung führen, findet uneingeschränkt Zustimmung.

Ebenfalls zugestimmt wird der These, dass die praktische Prüfung die wesentlichen Verkehrsvorgänge bzgl. des zukünftigen Einsatzgebiets der telefahrenden Person abdecken sollte und die praktische Prüfung als nicht bestanden gilt, wenn ein sicherheitsrelevanter Fehler oder wiederholt Fehler gemacht werden.

Eine weitere These schlägt vor, dass neben teleoperierten Realfahrten auch Fahrten in Fahrsimulatoren Bestandteil der praktischen Prüfung sein können. Die Fachleute stimmen der These zu, betonen aber, dass es sich um keinen festen bzw. obligatorischen Bestandteil der Prüfung handeln sollte, sondern die Verwendung von Fahrsimulatoren eine Art Add-on darstellen sollte.

Weiterbildung

Zwei weitere Thesen besagen, dass (1) eine regelmäßige Weiterbildung der Telefahrenden die Befähigung des Personals gewährleisten sollte – vor allem bei technischen oder betrieblichen Veränderungen – und die entsprechenden Maßnahmen und der Erfolg der Teilnahme zu dokumentieren sind und (2) regelmäßige Auffrischungstrainings und Erfahrungen im realen Fahrzeug (das auch teleoperiert gesteuert wird) obligatorisch sind. Die Fachleute stimmen beiden Thesen zu und schlagen jeweils eine Durchführung in Form betriebsinterner Weiterbildung vor.

Überprüfung

Der Workshop diskutiert weiterhin, ob Eignungsüberprüfungen – angelehnt an die geltenden Regelungen für Bewerbende um die Erteilung oder Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Gruppe 2 (bzw. einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung) – regelmäßig vorgesehen werden sollten und dadurch festgestellt werden kann, ob die körperlichen, geistigen und leistungspsychologischen Eignungsvoraussetzungen einer telefahrenden Person weiterhin vorliegen. Auch wenn die Mehrheit der Fachleute der These zustimmt, bleiben einige Punkte umstritten. Denn die These impliziert, dass bei gleicher Fahrzeugklasse unterschiedliche Anforderungen in Abhängigkeit vom Fahrmodus (Fahren in Präsenz vs. Teleoperation) gestellt werden.²¹ Auch wenn die charakterlichen Voraussetzungen nicht Gegenstand der regelmäßigen Eignungsüberprüfung von Bewerbern um die Verlängerung einer Fahrerlaubnis der Gruppe 2 (bzw. der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung) sind, sollte diese nach Einschätzung einer Reihe von Fachleuten aufgrund der nicht unmittelbaren körperlichen Betroffenheit der Telefahrenden von ihren eigenen Fahreingaben regelmäßig überprüft werden.

Der These, dass die Fahrerlaubnis befristet für maximal 5 Jahre und eine Verlängerung nur erteilt werden sollte, wenn die körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignungsvoraussetzungen weiterhin vorliegen, wird von den Fachleuten zugestimmt.

²¹ So müssen z.B. Fahrende im Kurierdienst aktuell nicht regelmäßig überprüft werden, während Personen der Gruppe 2 regelmäßig bzgl. der vorliegenden Eignung gecheckt werden.

Wenn die Überprüfung ergibt, dass die Fahreignung nicht gegeben ist und auch nicht wiederhergestellt werden kann, verliert die telefahrende Person (befristet oder dauerhaft) die Erlaubnis, ein Fahrzeug fernzusteuern. Die Person darf erst dann wieder eingesetzt werden, wenn die Zweifel an der Eignung durch eine erneute Überprüfung ausgeräumt werden konnten. Diese These ergibt sich nach Meinung der Fachleute aus der bewährten Praxis und findet allgemeine Zustimmung.

Zustimmung findet ebenfalls die These, dass regelmäßig überprüft werden sollte, ob die Fahrerlaubnis für die jeweils gesteuerte Fahrzeugklasse noch vorliegt bzw. deren Gültigkeit nicht abgelaufen ist.

Der Begriff Handlungssicherheit umfasst die korrekte Anwendung der Kenntnisse und Fähigkeiten einer teleoperierenden Person. Die These dazu lautet, dass die Handlungssicherheit durch die geeignete Aufzeichnung und Kontrolle der Fahrperformanz bei durchgeführten Fahrten in der täglichen Praxis, durch begleitete Fahrten und/oder Prüffahrten in einem Fahrsimulator regelmäßig zu überprüfen ist. Während ein Teil der Fachleute dieser These zustimmt, äußert ein anderer Teil die Einschätzung, dass eine derartige Überprüfung aufgrund von Persönlichkeitsrechten nicht generell, sondern nur anlassbezogen (d.h. z.B. bei vorliegenden Auffälligkeiten) erfolgen darf.

Defizite in der Handlungssicherheit sollten zu konkreten Unterstützungsmaßnahmen, Nachschulungen und weiterführenden Trainingsmaßnahmen führen. In Abhängigkeit von Art und Schwere der Defizite sollte die telefahrende Person bis zum erneuten Nachweis ihrer Handlungssicherheit nicht mehr als telefahrende Person eingesetzt werden. Dieser These wird von den Fachleuten zugestimmt, da Nachschulungen und Unterweisungen gängige und bewährte Praxis seien.

Aufsicht

Da Ablenkung eine wichtige Unfallursache ist und die telefahrende Person voraussichtlich ebenso anfällig für Ablenkung ist wie eine fahrende Person im Fahrzeug, wurde folgende These diskutiert: Um die nötige Aufmerksamkeit der telefahrenden Person dauerhaft zu gewährleisten, sollte eine entsprechende Kontrolle der situativen Aufmerksamkeit stattfinden. Die These wird kontrovers diskutiert. Einige Fachleute lehnen ein solches Vorgehen ab, da z.B. bei Taxi- und Busführenden ebenfalls keine derartige Kontrolle der Aufmerksamkeit vorgenommen würde. Andere geben an, dass ein solches Vorgehen angemessen ist und die Aufsicht durch eine Person oder ein technisches System stattfinden kann.

Für die Neuzulassung von Pkw in der EU wird aktuell der Einbau von Aufmerksamkeits- und Kontrollsystemen in Fahrzeugen gefordert (vgl. EU-Verordnung 2019/2144). Aus dem Grund beinhaltet die nächste diskutierte These, dass ein technisches System die telefahrende Person dabei unterstützen sollte, sich auf die Verkehrssituation zu konzentrieren und eine Information ausgeben, wenn sie abgelenkt ist. Bei anhaltender Unaufmerksamkeit sollte die Information/Warnung eskalieren, bis schließlich ein Minimal Risk Manöver eingeleitet wird. Die Ergebnisse der Diskussion während des Workshops entsprechen denen der vorgehenden These.

Entsprechend wird auch die These kontrovers diskutiert, dass, falls eine technische Kontrolle nicht möglich sein sollte, ein Teamleiter die Arbeit der Telefahrenden beaufsichtigen und bei erkannter Ablenkung Maßnahmen ergreifen muss.

Die nächste These schlägt ein Verbot der Handynutzung vor, was von den Fachleuten begrüßt wird.

Der Vorschlag, Trinken bzw. Essen nur zu erlauben, während das Fahrzeug steht, wird dagegen abgelehnt. Es sollte kein generelles Verbot des Trinkens oder Essens ausgesprochen werden, sondern eine entsprechende Formulierung als Empfehlung für Betriebe/Unternehmen, die teleoperieren, vorgesehen werden. Insbesondere das Zusichnehmen von nicht-alkoholischen Getränken sollte nicht verboten werden.

Die nächste These proklamiert, dass eine betreiberinterne Überprüfung der Fahrperformanz sowie ein praktiziertes Incident-Management Vorfälle dokumentieren und auswerten sollte, um auf diese Weise nicht nur situative Ursachen für Vorfälle herauszuarbeiten, sondern auch Telefahrende zu identifizieren, die durch häufige Vor- und Unfälle auffallen. Während eine Arbeitsgruppe der These zustimmt, gibt eine zweite Arbeitsgruppe ihre Zustimmung nur bzgl. des Incident-Managements. Demnach darf durch den Betreiber keine dauerhafte Überprüfung der Fahrperformanz im Sinne einer dafür notwendigen, nicht anlassbezogenen Kontrolle stattfinden. Es würden somit die gleichen Argumente wie bei der dauerhaften Kontrolle der Aufmerksamkeit gelten.

Die nächste These fordert eine Sicherheitskultur, die das gemeinsame Streben nach Verkehrssicherheit, Professionalität, Kundenzufriedenheit und -akzeptanz in den Vordergrund stellt. Die Fachleute sprechen sich für diese These aus.

Die folgende These fordert eine Fahrzeit- und Pausenregelung, die dafür sorgt, dass Telefahrende unabhängig von Tageszeit und Arbeitsbelastung leistungsfähig, konzentriert und aufmerksam bleiben. Die Fachleute stimmen dieser These zu. Die Regelung sollte aber nicht technisch, sondern organisatorisch/organisational bewerkstelligt werden. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass sich für unterschiedliche Use Cases möglicherweise bestimmte spezifische Anpassungen ergeben.

Die nächste These fokussiert auf die Fahrtüchtigkeit und fordert, dass Maßnahmen sicherstellen müssen, dass die telefahrenden Personen fahrtüchtig sind. Während ein Teil der Fachleute der These zustimmt, wird diese von einem anderen Teil abgelehnt, da die Fahrtüchtigkeit in der persönlichen Verantwortung der Beschäftigten liege. Da beim Telefahren eine Kontrolle der Fahrtüchtigkeit der fahrzeugführenden Person vor Ort (d.h. im öffentlichen Straßenraum) nicht möglich ist, muss sichergestellt werden, dass im Falle von Auffälligkeiten oder eines Unfalls dennoch – soweit nötig – die Fahrtüchtigkeit der telefahrenden Person durch die zuständigen Behörden abgeklärt werden kann. Entsprechende Vorkehrungen sind demnach nötig (z.B. bzgl. des Betretens des Betriebsgebäudes zur Vornahme der Kontrolle).

Entsprechend wird die nachfolgende These diskutiert. Diese besagt, dass diese Maßnahmen eine Beurteilung durch den Teamleiter, eine Kontrolle der Fahrperformanz (z.B. Spurhaltung) und/oder die Verhinderung von Fahrten unter Einfluss psychoaktiver Substanzen sein können.

Der These, dass ein vollständiges Verbot des Fahrens unter dem Einfluss von Alkohol oder anderer berauschender Stoffe gilt, wird zugestimmt.

Schließlich wird die These diskutiert, dass die Einhaltung des Alkoholverbots unter Beachtung der arbeitsrechtlichen Rahmenbedingungen in Form stichprobenartiger Testungen regelmäßig überprüft werden sollte bzw. alternativ Alcolocks als technische Maßnahme

verwendet werden können, um ein teleoperiertes Führen von Fahrzeugen unter Alkoholeinfluss zu verhindern. Diese These wird von den Arbeitsgruppen sehr kritisch diskutiert und letztlich abgelehnt. Eine nicht-anlassbezogene, stichprobenartige Testung sei nicht rechtens. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass die zuständigen Behörden Telefahrende bzgl. ihrer Fahrtüchtigkeit kontrollieren können.

Fazit

Als Gesamtfazit aus dem Workshop zeigt sich, dass einer Vielzahl der aufgestellten und abgeleiteten Thesen und Empfehlungen von den Fachleuten grundsätzlich zugestimmt wird. Dennoch zeigen sich teilweise unterschiedliche Einschätzungen bzgl. Vorerfahrung und Eignung, Aus- und Weiterbildung sowie Überprüfung und Aufsicht. Bei der Ableitung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen werden diese wertvollen Einschätzungen im Folgenden einbezogen.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Führen eines Fahrzeugs im Straßenverkehr ist eine anspruchsvolle, sensumotorische Tätigkeit, die unter hochdynamischen Umgebungsbedingungen durchgeführt wird. Dadurch ergeben sich entsprechend hohe Ansprüche an die Fahrenden hinsichtlich der Schnelligkeit und Korrektheit der Verarbeitung sensorischer Informationen (insbesondere visueller Art). Bei der Telefahrt übernimmt die telefahrende Person die Fahrzeugsteuerung auf Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene und ist für die sichere Fahrt verantwortlich. Dafür werden Videosignale, Fahrzeugzustände und Steuersignale zwischen dem Teleoperationsarbeitsplatz und dem Fahrzeug auf der Straße ausgetauscht. Aus dem Grund wird die Teleoperation immer mit dem Problem der Latenz einhergehen, d.h. einer technisch bedingten Verzögerungszeit. Die videovermittelte Darstellung der Verkehrsumgebung und die latenzbehaftete Übertragung können nicht nur die Fahrperformanz beeinträchtigen und zu Symptomen der Bewegungskrankheit führen, sondern auch zu zusätzlichem Workload, beeinträchtigtem Situationsbewusstsein und verringertem Präsenzgefühl. Weitere Aufgaben an die telefahrende Person ergeben sich aus dem Teleoperationssetting und können unter anderem die Interaktion mit anderen Mitarbeitenden des Kontrollzentrums, Fahrgästen im Fahrzeug oder Einsatzkräften vor Ort beinhalten. Eine genaue Beschreibung dieser weiteren Aufgaben hängt vom jeweiligen Use Case und dem Betriebskonzept ab.

Die Aufgaben einer telefahrenden Person unterscheiden sich von der manuellen Steuerung durch eine im Fahrzeug präsente Person. Entsprechend sind auch die Anforderungen an die telefahrende Person nicht die gleichen wie an eine Person im Fahrzeug.

Tabelle 6 stellt die Aufgaben einer telefahrenden Person dar, die im Vergleich zum „normalen“ Steuern eines Fahrzeugs im Straßenverkehr gleichbleiben, dazu kommen bzw. wegfallen.

Was kommt bei der Telefahrt an Aufgaben für die fahrende Person dazu?	Was bleibt gleich?	Was fällt bei der Telefahrt an Aufgaben für die fahrende Person weg?
Umgang mit Latenz	Fahrzeugsteuerung (alle 3 Ebenen)	Ladungssicherung
Videoubertragung und Virtualität	Verkehrsregeln	Tanken, Wartung etc.
Präsenz trotz Nicht-Anwesenheit	Sicherheit als oberste Priorität	Anschnallen, Lüftung
Fern-Kommunikation mit Betriebspersonen oder Fahrgästen	Erkennen von Gefahren	Schulterblick
Veränderte Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden		Absichern bei Unfall

Was kommt bei der Telefahrt an Aufgaben für die fahrende Person dazu?	Was bleibt gleich?	Was fällt bei der Telefahrt an Aufgaben für die fahrende Person weg?
Perspektivenübernahme bzgl. Komfort und Sicherheit		Erste Hilfe bei Unfall
Technikcheck und Abfahrproben		

Tabelle 6: Aufgaben einer telefahrenden Person im Vergleich zu einer Person im Fahrzeug

6.1 Anforderungen bzgl. Selektion und Eignung von telefahrenden Personen

Die Anforderungen an Bewerber für die Tätigkeit als telefahrende Person werden im Folgenden bezüglich folgender Kriterien dargestellt: (1) Fahrerlaubnis, (2) Mindestalter, (3) Fahrerfahrung, (4) Schulabschluss/Ausbildung, (5) körperliche und geistige Eignung, (6) leistungspsychologische Eignung und (7) charakterlichen Eignung.

Die aktuellen Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung (vgl. Anlage 4 FeV; Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022) beschreiben eignungs ausschließende oder eignungseinschränkende körperliche und/oder geistige Mängel für Fahrerlaubnisbewerber. Für Telefahrende gibt es bislang keinen entsprechenden Leitfaden zu notwendigen Eignungsvoraussetzungen. Aus diesem Grund werden im Folgenden die zentralen Anforderungen bzgl. Selektion und Eignung von telefahrenden Personen hergeleitet.

Die Telefahrt eines Fahrzeugs erfordert in gleicher Weise Kenntnisse und Fähigkeiten zur Fahrzeugführung wie sie eine fahrende Person im Fahrzeug braucht. Auch die technische Aufsicht muss bei manuellem Fahrbetrieb eine Fahrerlaubnis der Klasse des jeweiligen Fahrzeugs besitzen, das teleoperiert gesteuert wird. Auch aus rechtlicher Sicht ist das Vorliegen einer Fahrerlaubnis der entsprechenden Klasse notwendig, da bei der Telefahrt Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr bewegt werden.

Die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen/Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten bedarf einer besonderen Vorsicht und Verantwortung. Für das Telefahren gilt dies insbesondere aufgrund der fehlenden, unmittelbaren, körperlichen Betroffenheit der telefahrenden Person. Aus diesem Grund wird ein Mindestalter von 21 Jahren vergleichbar der Regelung bei der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung empfohlen. Ein damit einhergehendes Mindestmaß an Fahrerfahrung erscheint überdies notwendig, um ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen eigenem Fahrverhalten und dem daraus resultierenden Verhalten des Fahrzeugs aufzubauen.

Die tatsächliche Fahrerfahrung mit und im Fahrzeug ist für die Telefahrt nötig. Fahrerfahrung ist jedoch durch die Dauer des Führerscheinbesitzes nicht einfach operationalisierbar (da diese von der tatsächlichen Fahrleistung abhängt). Teilweise erfordert die Erteilung einer Fahrerlaubnis bereits eine Mindestdauer des Besitzes der Fahrerlaubnis einer oder mehrerer anderer Fahrzeugklassen. Grundsätzlich sollte eine telefahrende Person mindestens drei Jahre aktive Fahrerfahrung bzgl. der teleoperierten Fahrzeugklasse haben. Eine praktische Umsetzung wird aller Voraussicht nach schwierig sein. Mögliche Nachweise für eine aktive tatsächliche Fahrerfahrung könnten sein, dass die sich bewerbende Person ein Kraftfahrzeug der betreffenden Fahrerlaubnisklasse besitzt oder in ausreichendem Maß

Car-Sharing Nutzung eines Kraftfahrzeugs der entsprechenden Fahrerlaubnisklasse dokumentierten kann. Alternativ könnte eine vorausschauende und sichere Fahrweise durch das Urteil einer Fahrlehrkraft oder während einer Praxisfahrt in einem konventionellen Fahrzeug der entsprechenden Fahrerlaubnisklasse durch den Ausbildungsbetrieb nachgewiesen werden.

Der Schulabschluss oder eine evtl. vorherige berufliche Ausbildung gehen nicht mit einer grundsätzlich sichereren Fahrzeugführung einher. Aufgrund der intellektuellen Anforderungen während des Trainings wird jedoch ein Schulabschluss (mind. Sekundarstufe 1) empfohlen. Ein Betreiber sollte jedoch in der Lage sein, auch Personen ohne Schulabschluss bei bestandenem Training zur telefahrenden Person eine Beschäftigung zu bieten. In diesem Fall zeigt das Bestehen der Abschlussprüfung zur telefahrenden Person in ausreichender Weise, dass die Person die Anforderungen des Trainings erfüllt hat.

Die Verantwortung für die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen/Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten bedarf entsprechender körperlicher und geistiger Eignungsvoraussetzungen. Aufgrund der besonderen Anforderungen an die telefahrende Person (z.B. wegen möglicher auftretender Latenzen) sollte die körperliche und geistige Eignung entsprechend der Gruppe 2 gemäß FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung Voraussetzung für die Zulassung als telefahrende Person sein (unabhängig davon, ob während der Telefahrt Personen befördert werden oder nicht). Bei der Sehfähigkeit sollte insbesondere die Fähigkeit zum Erkennen relevanter Informationen auf einem Bildschirm geprüft werden.²² Bezüglich der Voraussetzungen ans Hörvermögen spielt die konkrete Ausgestaltung des Teleoperationsarbeitsplatzes eine wichtige Rolle. Ob bestimmte Anforderungen an das Hörvermögen zu stellen sind und damit eine regelmäßige Überprüfung der Anforderungen ans Hörvermögen notwendig ist, hängt z.B. davon ab, ob bestimmte Signale nicht nur akustisch, sondern auch haptisch übermittelt werden und ob im Rahmen des Telefahrbetriebs die Notwendigkeit zur mündlichen Kommunikation besteht.

Bezüglich körperlicher Einschränkungen, die Ausschlusskriterien für Gruppe 2 bilden, sollte geprüft werden, ob diese auch zwangsläufig zu fehlender Eignung bei der Telefahrt führen. Die Tätigkeit als telefahrende Person könnte auch Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen eine Chance für eine berufliche Laufbahn bieten. Dennoch bleiben körperliche Einschränkungen von Bedeutung, da kontinuierliche Fahrerfahrung und Fahrpraxis in der manuellen Führung des entsprechenden Kraftfahrzeugs notwendig sind. Wie Fahrpraxis auch bei körperlichen Beeinträchtigungen in ausreichendem Maß erlangt werden kann, muss im konkreten Fall geklärt werden.

Die teleoperationsspezifischen Gegebenheiten können höhere leistungspsychologische Anforderungen hervorrufen als bei einer fahrenden Person im Fahrzeug. Deshalb sollte die leistungspsychologische Eignung entsprechend der Voraussetzungen für Gruppe 2 gemäß FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung vorliegen. Eine Prüfung der psychischen Leistungsfähigkeit ist aufgrund der Verantwortung für die verkehrssichere Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrgästen/Ladung und der potentiellen Gefährdung von Dritten notwendig. Die im Vergleich mit Gruppe 1 höheren Anforderungen hinsichtlich der leistungspsychologischen Eignung begründen sich insbesondere dadurch, dass sich in diesem Bereich vorliegende Einschränkungen aufgrund der telefahrtsspezifischen Gegebenheiten

²² Die Spezifizierung eines geeigneten Tests konnte im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht geleistet werden.

(z.B. Latenz) potenziell stärker negativ auf die Fahrleistung auswirken können als bei Fahren in Präsenz.

Die Zuverlässigkeit und charakterliche Eignung einer telefahrenden Person sind vor dem Hintergrund der fehlenden direkten Betroffenheit bei einem Vor- bzw. Unfall zentral. Deshalb sollte die charakterliche Eignung anhand eines amtlichen Führungszeugnisses nachgewiesen werden. Weiterhin sollte der Punktestand im Fahreignungsregister maximal 3 Punkte betragen. Auch wenn Erfahrungen mit anderen Teleoperationssystemen evtl. förderlich sein können, um mit den Herausforderungen einer sicheren Teleoperation im Straßenverkehr umzugehen, sollten aufgrund der Besonderheiten der Telefahrt im Straßenverkehr auch für Personen aus anderen Teleoperationsbereichen die oben genannten Anforderungen an Selektion und Eignung Gültigkeit besitzen. Ähnliches gilt für sich Bewerbende aus anderen Verkehrs- oder Transportbereichen.

6.1.1 Einfluss der Übertragungslatenz auf Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person

Die Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Kontrollzentrum wird immer mit einer gewissen Latenz behaftet sein. Die indirekte, videovermittelte und damit latenzbehaftete Telefahrt erschwert die Informationsaufnahme der Fahrzeugumgebung und die Steuerung des Fahrzeugs. Beispielsweise werden Abweichungen von der geplanten Trajektorie in Abhängigkeit von der aktuellen Latenz verzögert dargestellt. Die telefahrende Person kann somit erst später reagieren, während gleichzeitig die Steuerbefehle latenzbehaftet an das Fahrzeug gesendet werden. In der Folge kann es zu Abweichungen von der geplanten Solltrajektorie kommen. Hinzu kommen weitere Einschränkungen der sensorischen Wahrnehmung, da propriozeptive Informationen fehlen (die z.B. Informationen über Beschleunigungen und Beschleunigungsveränderungen liefern).

Auch wenn die telefahrende Person in der Lage ist, Verzögerungen zumindest teilweise zu kompensieren, wirken sich Latenzen und vor allem variable, sich verändernde Latenzen (sog. Jitter) auf die Performanz der Fahrzeugführung aus. Weiterhin führen höhere und variable Latenzen zu einer höheren Workload auf Seiten der telefahrenden Person. Je nach Höhe der Latenzzeit ist es unter Umständen nicht mehr möglich, eine manuelle Fernsteuerung zu erreichen. Weiterhin können größere Latenzen zu Bewegungs- bzw. Cyberkrankheit führen, da die Effekte der Fahreingaben später als üblich visuell wahrgenommen werden. Ein weiterer Effekt hoher Latenz besteht darin, dass das Präsenzerleben der telefahrenden Person beeinträchtigt wird.

Als Folge dieser Effekte der Latenz auf Telefahrende und die Telefahrt sollten vom Teleoperationsbetreiber Personen ausgewählt werden, die ausreichend schnelle Reaktionen in leistungspsychologischen Tests zeigen und wenig anfällig für die Cyberkrankheit (evtl. Arbeitsprobe bzw. Simulatorfahrt) sind.

Weiterhin sollten zukünftige Telefahrende im Rahmen des initialen Trainings über eine Reihe von Sachverhalten informiert werden, die die verwendete Kommunikationstechnik und die Latenz, ihrer Ursachen und Folgen zum Inhalt haben. Neben dieser theoretischen Einführung sollte das Fahren unter Latenzbedingungen trainiert werden, damit Telefahrende aufgrund eines latenzbedingt später möglichen Eingriffs in der Folge keine überkompensierenden Fahreingaben tätigen. Dabei ist ein schrittweises Heranführen an schnellere und schwierigere Fahraufgaben anzuraten, da dies nicht nur das Lernen des ferngesteuerten Fahrens unterstützt, sondern auch möglichen Problemen mit der Cyberkrankheit vorbeugt. Daneben sollten Situationen trainiert werden, in denen sich Probleme

mit der Kommunikation zwischen Kontrollzentrum und Fahrzeug zeigen (z.B. Jitter, höhere Latenz, Kommunikationsabbruch), um die telefahrende Person auf diese Situationen vorzubereiten und Verhaltensregeln (z.B. Reduzieren der Geschwindigkeit bzw. auf Seitenstreifen ausweichen) zu trainieren (soweit Fahrparameter nicht automatisch an die schlechtere Verbindungsqualität angepasst werden).

Grundsätzlich sollte ein Schwerpunkt der Ausbildung und des wiederkehrenden Trainings auf das Sicherheitsbewusstsein der Telefahrenden gelegt werden. Dies betrifft sowohl Safety- als auch Securityaspekte. Bezüglich Safety sollte jede telefahrende Person verinnerlichen, dass die Verkehrssicherheit unter allen Umständen Vorrang vor anderen betrieblichen Zielen hat. Bezüglich Security ist darüber aufzuklären, welche Maßnahmen und Richtlinien gelten, damit keine Angriffe von außen auf die Kommunikation zwischen Kontrollzentrum und Fahrzeug möglich sind.

Neben den Anforderungen an die telefahrende Person muss das Fahrzeug mit entsprechenden Systemen zur Risikominimierung bei Verbindungsproblemen und -abbrüchen (z.B. Minimal Risk Maneuver) ausgestattet sein. Die telefahrende Person sollte über diese technischen Maßnahmen zur Kompensation unterrichtet werden.

Weiterhin gibt es eine Reihe von technischen Maßnahmen am Teleoperationsarbeitsplatz, die die telefahrende Person bei der Fahrzeugführung unter Latenzbedingungen unterstützen können. Dazu zählen z.B. prädiktive Displays oder Assistenzsysteme für die Quer- und Längsführung des Fahrzeugs. Inwieweit und unter welchen Bedingungen solche Assistenzsysteme hilfreich sein können, ist nach aktuellem Forschungsstand unklar. Eine generelle Empfehlung zum Einsatz solcher Systeme kann deshalb nicht ausgesprochen werden. Falls solche Systeme jedoch vorhanden sind, sollte die telefahrende Person in der Bedienung und Anwendung dieser Systeme trainiert werden.

6.1.2 Einfluss der Nicht-Präsenz auf Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit der telefahrenden Person

Im Gegensatz zu einer „normalen“ Person im Fahrzeug ist die telefahrende Person nicht im gesteuerten Fahrzeug präsent. Die Nicht-Präsenz im gesteuerten Fahrzeug ist definierendes Merkmal der Teleoperation und kann Situationsverständnis und Entscheidungen der telefahrenden Person beeinflussen. Sie ist durch ihre Entscheidungen nicht selbst betroffen und erlebt Konsequenzen ihrer Bedien- und Steuerungseingaben für den eigenen Komfort bzw. die eigene Sicherheit nicht persönlich. Aus diesem Grund ist Empathie und Präsenzgefühl umso wichtiger. Beides wird durch eine immersive Gestaltung des Arbeitsplatzes ebenso erleichtert wie durch die Erfahrung und das Training in der realen Situation vor Ort.

Somit ist eine ausreichende Vorerfahrung der telefahrenden Person in der traditionellen Steuerung des Fahrzeugs notwendig und sollte Voraussetzung für die Tätigkeit sein. Auch sollten regelmäßige Auffrischungstrainings absolviert und Erfahrungen im zu steuernden Fahrzeug gesammelt werden. Die Fahrerlaubnis für das teleoperierte Fahrzeug sollte aus diesem Grund auch während der Tätigkeit als telefahrende Person weiterhin vorliegen (was wiederum Auswirkungen auf die notwendige körperliche Eignung telefahrender Personen hat, die z.B. weiterhin die Fahrzeugführung im Fahrzeug vor Ort ausführen können müssen).

Nicht-Präsenz kann nicht nur zu einer Distanzierung vom realen Fahrgeschehen vor Ort führen, sondern auch zu mangelndem Situationsbewusstsein. Dieses ist eine zentrale Anforderung der Teleoperation an die verantwortliche telefahrende Person. Das Situationsbewusstsein beinhaltet die mentale Repräsentation der aktuellen Fahrsituation und besteht aus den drei Ebenen Wahrnehmung, Verstehen und Antizipation. Ein ausreichendes Situationsbewusstsein ist Voraussetzung für die Auswahl und Ausführung adäquater Steuereingaben und damit für eine angemessene Fahrperformanz. Dieser Zusammenhang sollte den Telefahrenden im Rahmen ihrer Ausbildung verdeutlicht werden.

1. Eine wichtige Voraussetzung für Telepräsenz (und in der Folge Situationsbewusstsein), d.h. das Gefühl als telefahrende Person an dem Ort anwesend zu sein, an dem sich das gesteuerte Fahrzeug befindet, ist Immersion. Um diese zu erzeugen, ist der Teleoperationsarbeitsplatz immersiv zu gestalten. Dafür muss die Fahrumgebung ausreichend realistisch dargestellt werden, so dass die telefahrende Person sich subjektiv in der realen Fahrsituation wähnt. Über die Darstellung relevanter Sensorinformationen (z.B. zu den Wetterbedingungen) und der Fahrumgebung (z.B. ausreichendes Sichtfeld und Qualität der Kamerasicht) sollten Telepräsenz und Situationsbewusstsein gefördert und die telefahrende Person in die Lage versetzt werden, die richtigen Handlungsentscheidungen zu treffen und die Fahrtätigkeit korrekt auszuführen.
2. Die Telepräsenz als Gefühl, sich in der realen Fahrumgebung zu befinden, in dem sich auch das gesteuerte Fahrzeug befindet, beinhaltet neben der kognitiven auch eine emotionale Komponente. Auch die erlebten Emotionen der telefahrenden Person (z.B. Überraschung) beeinflussen das Verhalten. Entsprechend sollte auch eine telefahrende Person in der Lage sein, nicht nur kognitiv die Perspektive des zu steuernden Fahrzeugs zur Grundlage des Teleoperationsbetriebs zu machen, sondern auch emotional zu reagieren.

6.1.3 Rechtliche Regelungen zu Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von operierenden Personen in sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen und deren Übertragbarkeit auf das Telefahren

Die Anforderungen an die Eignung und Befähigung von telefahrenden Personen im Straßenverkehr wurde bislang wissenschaftlich kaum untersucht. Eine Betrachtung der rechtlichen Situation in Straßenverkehr allgemein sowie in anderen sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen kann demnach wichtige Vergleichsmaßstäbe liefern:

In den verschiedenen Verkehrs- und Transportbereichen gibt es eine Reihe von rechtlichen Regelungen zu Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit des operierenden Personals. Folgende rechtlichen Regelungen zu Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit sollten für die Regelung der Telefahrt übernommen werden:

Für das Führen von Kraftfahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr ist eine Fahrerlaubnis für die jeweilige Fahrzeugklasse nötig (vgl. StVG, FeV). Diese Vorgabe gilt auch für Telefahrende. Somit sind auch die entsprechenden fahreignungsbezogenen Voraussetzungen für die Erteilung der Fahrerlaubnis von der telefahrenden Person zu erfüllen. Eine ähnliche Regelung findet sich auch für die technische Aufsicht (vgl. AFGBV). Ähnlich wie bei Triebfahrzeugführenden (vgl. TfV), könnte eine Zusatzbescheinigung bei Telefahrenden beschreiben, mit welchen teleoperierten Betriebsverfahren und innerhalb welcher Betriebsbereiche die Person operieren darf.

Das Mindestalter für die Erteilung einer Fahrerlaubnis ist abhängig von der Fahrzeugklasse (vgl. FeV). Angelehnt an die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung, die im Allgemeinen ein Mindestalter von 21 Jahren vorsieht²³, erscheint eine ähnliche Altersgrenze auch für Telefahrende sinnvoll. Ein Mindestalter ergibt sich weiterhin implizit aus der Vorgabe, im Besitz der Fahrerlaubnis für die teleoperierte Fahrzeugklasse zu sein. In Analogie zur Überprüfung der Eignung von Berufskraftfahrenden bzw. Gruppe 2 sollte ein regelmäßiger Nachweis zum Vorliegen der Fahreignung erbracht werden müssen.

Die Erteilung einer Fahrerlaubnis für Kraftfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr stellt keine Anforderungen an den Schulabschluss (vgl. StVG, FeV). Triebfahrzeugführende müssen mindestens die Sekundarstufe I absolviert haben (vgl. TfV). Aufgrund der Anforderungen, die eine Vermittlung der relevanten Schulungsinhalte für eine telefahrende Person erfordert (z.B. Verständnis von verschiedenen verkehrspsychologischen Konzepten wie Situationsbewusstsein oder Telepräsenz) kann diskutiert werden, ob die Maßgabe der abgeschlossenen Sekundarstufe I auch für angehende Telefahrende gelten sollte. Die hohen Anforderungen an eine technische Aufsicht (vgl. AFGBV) erscheinen nicht nötig, da eine telefahrende Person keine Verantwortung für die Sicherheit des gesamten Teleoperationsbetriebs trägt, sondern für die Steuerung eines jeweils einzelnen Fahrzeugs verantwortlich ist.

Zur Erteilung einer Fahrerlaubnis müssen körperliche, geistige und leistungspsychologische Anforderungen erfüllt sein (vgl. FeV). Die Anforderungen an die Fahreignung hängen von der Fahrerlaubnisklasse ab und werden in zwei Gruppen unterschiedlicher Anforderungshöhe eingeteilt. Aufgrund der hohen Verantwortung für die Verkehrssicherheit und Nicht-Präsenz im Fahrzeug sollten an Telefahrende ähnliche Anforderungen an die Fahreignung gestellt werden wie bei der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung. Für die Erlaubnis zur Fahrgastbeförderung ist ein Nachweis der charakterlichen Eignung (in Form eines amtlichen Führungszeugnisses) nötig (vgl. FeV). Personen, die als technische Aufsicht tätig sind (vgl. AFGBV), dürfen zusätzlich im Fahreignungsregister nicht mehr als drei Punkte haben. Ein entsprechender maximaler Punktestand erscheint auch für Telefahrende angebracht, da bei zu vielen Verkehrsverstößen die Zuverlässigkeit bezüglich Aufgabenwahrnehmung und Verantwortung nicht gegeben erscheint. Für weitere Details zur Begutachtung der körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignung sei auf die Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022) verwiesen. Die Fahreignung als telefahrende Person sollte regelmäßig überprüft werden – spätestens alle 5 Jahre (vgl. FeV).

Ziel der Fahrschul Ausbildung ist die Befähigung zur sicheren, verantwortungsvollen und umweltbewussten Verkehrsteilnahme (vgl. FahrschAusbO). Die Ausbildungsinhalte umfassen die Fahrzeugbeherrschung, die Verkehrsvorschriften, die Gefahrenwahrnehmung und –vermeidung, die Selbsteinschätzung, rücksichtsvolles Verhalten und Verantwortung. Die technische Aufsicht muss eine Schulung des Kraftfahrzeugs und seiner Fahrfunktionen absolviert haben. Auch die Ausbildung zur telefahrenden Person sollte die genannten Aspekte beinhalten bzw. wiederholen und weiterhin die teleoperationsspezifischen Inhalte (z.B. Betriebsverfahren, technische Grundlagen, Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten, Verhalten bei Unregelmäßigkeiten; vgl. auch TfV) umfassen. Nach einer angemessenen

²³ Das Mindestalter einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung bei Beschränkung auf Krankenkraftwagen beträgt 19 Jahre.

Ausbildungszeit, die theoretische und praktische Unterrichtseinheiten enthält (vgl. Fahr-schAusbo, TfV), sollte die telefahrende Person ihre Befähigung in einer theoretischen und praktischen Prüfung nachweisen müssen (vgl. FeV). Die praktische Prüfung sollte alle wesentlichen Verkehrsvorgänge beinhalten (vgl. FeV), die auch im Rahmen des späteren Einsatzes auftauchen. Der Prüfende sollte nicht in die Ausbildung der telefahrenden Person eingebunden gewesen sein (vgl. BOStrab, TfV).

6.2 Anforderungen bzgl. Form und Inhalt der Aus- und Weiterbildung von telefahrenden Personen

Für die verantwortungsvolle Tätigkeit als telefahrende Person muss die entsprechende Person geeignet und befähigt sein. Für die Aus- und Weiterbildung von Telefahrenden ergibt sich dadurch eine Reihe von Anforderungen:

Die Lerninhalte sollten entsprechend der Besonderheiten und zusätzlichen Aufgaben einer telefahrenden Person auf diese zugeschnitten sein. Das bedeutet, dass neben den Inhalten, die bereits bei der Fahrerlaubnisausbildung gelehrt wurden, unter anderem folgende Themen behandelt werden sollten: (1) Teleoperationsbetrieb (gesetzliche Grundlagen, Technik, Ablauf, Übernahme und Rückgabe der Fahrzeugkontrolle, Beteiligte und Rollen, Organisation, Richtlinien und Regelungen, Use Cases, Betriebsbereiche und -bedingungen), (2) Teleoperationsarbeitsplatz (Komponenten, Technik, Bedienung, Login, Einbindung in Kontrollzentrum), (3) Informationsübertragung und Virtualität (Kommunikations-schnittstelle, Videoübertragung inkl. mögliche Fehler, Sensorinformationen), (4) Latenz (Ursachen, Folgen, Kompensation durch telefahrende Person), (5) Human-Factors-Herausforderungen und Umgang damit (Immersion, Präsenz, Workload, Situationsbewusstsein, Folgen für Fahrsicherheit, Vermeidung von Ablenkung), (6) Kommunikation mit anderem Betriebspersonal, Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmenden, (7) Sicherheitsbewusstsein (Safety und Security), Verantwortung und Perspektivenübernahme bzgl. Komfort und Sicherheit, vorausschauendes Fahren, (8) Teleoperation und Fahren in unterschiedlichen Verkehrsumgebungen (Stadt, Land, Autobahn; inkl. Ortskenntnisse), Betriebs-(inkl. Incidents) und Umgebungsbedingungen (Helligkeit, Wetterverhältnisse, Verkehrsdichte), (9) Regelungen bzgl. Fahr- und Pausenzeiten.

Es sollte darauf geachtet werden, dass das theoretische Verständnis des Telefahrens als Grundlage für das korrekte Verhalten und die korrekten Reaktionen in verschiedensten betrieblichen Situationen dient. Die Vermittlung eines technischen Verständnisses ist somit kein Selbstzweck, sondern liefert primär die Informationen, die bei der Ausführung der Tätigkeit gebraucht werden.

Daneben ist eine Reihe von praktischen Ausbildungsinhalten relevant: (1) Teleoperation und Fahren in unterschiedlichen Verkehrsumgebungen (Stadt, Land, Autobahn) und Umgebungsbedingungen (Helligkeit, Wetterverhältnisse, Verkehrsdichte) – in Abhängigkeit von den tatsächlichen Einsatzszenarien der telefahrenden Person, (2) Prüfung und Sicherheitschecks (vor Abfahrt, während Fahrt, nach Abstellen des Fahrzeugs), (3) Fahren und unvorhergesehene Situationen (z.B. Jitter, höhere Latenz, Kommunikationsabbruch), (4) Bedienung und Anwendung von Assistenzsystemen und deren Funktion (einschließlich möglicher Funktionsgrenzen), (5) Transitionen zwischen automatisierten Fahrsystemen und der manuellen Telefahrt sowie zwischen einer fahrenden Person im Fahrzeug und der telefahrenden Person, (6) Training längerer Fahrten und möglicher aufeinanderfolgender Fahraufgaben, die so bei einer fahrzeugführenden Person im Fahrzeug nicht vorkommen

können (z.B. Steuern verschiedener Fahrzeuge, ohne tatsächlich umzusteigen), (7) Erleben des Telefahrens aus Kundenperspektive (d.h. Mitfahrt in teleoperiert gefahrenem Fahrzeug).

Insgesamt sollten im Rahmen der praktischen Ausbildung alle wesentlichen Verkehrsvorgänge (z.B. Wenden, Einparken, Einfädeln), die in der täglichen Praxis vorkommen können, kennengelernt und geübt werden.

Umfang und Methode der initialen Schulung zur telefahrenden Person sollten angemessen sein und theoretische wie praktische Unterrichtsmethoden beinhalten. Die Verwendung von Simulatoren der teleoperierten Fahrzeugführung im Rahmen der Aus- und Fortbildung ist sinnvoll, um das Verhalten in bestimmten Szenarien zu üben, die in der Wirklichkeit kaum trainiert werden können.

Am Ende der Ausbildung sollte eine theoretische und praktische Abschlussprüfung durch eine Person stehen, die an der Ausbildung nicht beteiligt war. Die theoretische Prüfung fragt die Fachkenntnisse in den genannten Themenbereichen ab. Zu viele (sicherheitsrelevante) Fehler führen zum Nichtbestehen der theoretischen Prüfung. Die praktische Prüfung sollte die wesentlichen Verkehrsvorgänge bzgl. des zukünftigen Einsatzgebiets der telefahrenden Person abdecken. Sie gilt als nicht bestanden, wenn ein sicherheitsrelevanter Fehler oder wiederholt Fehler gemacht werden. Neben teleoperierten Realfahrten können auch Fahrten in Fahrsimulatoren Bestandteil der praktischen Prüfung sein.

Die prüfende Person sollte einer externen Stelle angehören und zur Prüfungsabnahme (praktischer Teil) in die Betriebsstätte kommen, um dort die Prüfung am jeweiligen Teleoperationssystem abzunehmen.

Eine regelmäßige Weiterbildung der Telefahrenden gewährleistet die Befähigung des Personals – vor allem bei technischen oder betrieblichen Veränderungen. Die entsprechenden Maßnahmen und der Erfolg der Teilnahme sollten dokumentiert werden. Durch begleitete Fahrten, Prüffahrten in einem Fahrsimulator oder die geeignete Aufzeichnung und Kontrolle der Fahrperformanz bei durchgeführten Fahrten in der täglichen Praxis sollte die Handlungssicherheit der telefahrenden Person regelmäßig überprüft werden.

Defizite in der Handlungssicherheit sollten zu konkreten Unterstützungsmaßnahmen, Nachschulungen und weiterführenden Trainingsmaßnahmen führen. In Abhängigkeit von Art und Schwere der Defizite sollte die telefahrende Person bis zum erneuten Nachweis ihrer Handlungssicherheit nicht mehr eingesetzt werden.

6.3 Anforderungen an die regelmäßige Überprüfung der telefahrenden Person

Neben der Auswahl geeigneter Telefahrender und einer entsprechenden Ausbildung werden in sicherheitsrelevanten Anwendungsgebieten regelmäßige Fortbildungen und Überprüfungen angewandt.

Während die Fahreignung zeitlich relativ stabil ist und die Fahrfertigkeit durch Training, Übung und Erfahrung aufgebaut und aufrechterhalten wird, kann sich die Fahrtüchtigkeit aufgrund äußerer Faktoren oder dem Zustand der fahrenden Person verändern. Die Überprüfung einer telefahrenden Person sollte sich entsprechend an dieser zeitlichen Charakteristik orientieren.

Eignungsüberprüfungen sollten regelmäßig vorgesehen werden und feststellen, ob die körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignungsvoraussetzungen einer telefahrenden Person weiterhin vorliegen. Die Fahrerlaubnis sollte entsprechend immer nur befristet für maximal 5 Jahre und eine Verlängerung nur erteilt werden, wenn die körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignungsvoraussetzungen weiterhin vorliegen.

Bei gerechtfertigten Zweifeln an der Fahreignung sollte die Überprüfung gegebenenfalls in kürzeren zeitlichen Abständen durchgeführt werden. Auch sollte regelmäßig (z.B. halbjährlich) geprüft werden, ob die Fahrerlaubnis für die jeweils gesteuerte Fahrzeugklasse noch vorliegt bzw. deren Gültigkeit nicht abgelaufen ist. Wenn die Überprüfung ergibt, dass die Fahreignung nicht gegeben ist und auch nicht wiederhergestellt werden kann, sollte die telefahrende Person (befristet oder dauerhaft) die Erlaubnis verlieren, ein Fahrzeug fernzusteuern. Sie sollte erst dann wieder eingesetzt werden, wenn die Zweifel an der Eignung durch eine erneute Überprüfung bei einer zuständigen und geeigneten Stelle ausgeräumt werden konnten.

Eine regelmäßige Weiterbildung der Telefahrenden sollte die Befähigung garantieren – vor allem bei technischen oder betrieblichen Veränderungen. Die entsprechenden Maßnahmen und der Erfolg der Teilnahme sollten dokumentiert werden. Wenn sich an Betrieb, System oder Funktionalität der Teleoperation etwas ändert, dann sollte bedarfsbezogen nachgeschult werden. Die korrekte Anwendung der Kenntnisse und Fähigkeiten (sogenannten Handlungssicherheit) sollte durch die geeignete Aufzeichnung und Kontrolle der Fahrperformanz bei durchgeführten Fahrten in der täglichen Praxis geprüft werden. Entsprechende Dokumentationspflichten und Aufzeichnungssysteme sollten Bestandteil zukünftiger Teleoperationssysteme sein. Trainings- und Bewertungsfahrten in einem Fahrsimulator können die Überprüfung der Handlungssicherheit ergänzen, da sie die kontrollierte Herstellung von zu testenden Fahrsituationen erlauben (unabhängig von deren Wahrscheinlichkeit in der realen Fahrpraxis).

Defizite in der Handlungssicherheit sollten zu konkreten Unterstützungsmaßnahmen, Nachschulungen und weiterführenden Trainingsmaßnahmen führen. In Abhängigkeit von Art und Schwere der Defizite, sollte die telefahrende Person bis zum erneuten Nachweis ihrer Handlungssicherheit nicht mehr eingesetzt werden. Sobald die Defizite durch die getroffenen Maßnahmen beseitigt bzw. ausreichend kompensiert werden konnten, sollte die Telefahrtätigkeit wieder ausgeführt werden dürfen. Wenn Defizite in der konkreten Fahrpraxis auftauchen, die auf eine fehlende charakterliche Eignung hindeuten, sollte auf die telefahrende Person eingewirkt werden, um zukünftige Fehler zu verhindern. Falls dies nicht erfolgreich ist, sollte die Person nicht mehr im Telefahrdienst eingesetzt werden.

Weiterhin sollten Maßnahmen sicherstellen, dass die Telefahrenden fahrtüchtig sind. Hierbei ist an die persönliche Verantwortung jedes Beschäftigten zu appellieren. Ein vollständiges Verbot von Alkohol und anderen berauschenden Stoffen während der Telefahrt erscheint dringend erforderlich. Bei Auffälligkeiten eines Beschäftigten sollten unter Beachtung der arbeitsrechtlichen Rahmenbedingungen die notwendigen Schritte eingeleitet werden (z.B. Freistellung vom Dienst). Weiterhin ist zu gewährleisten, dass die zuständigen Behörden die Fahrtüchtigkeit von Telefahrenden an deren Arbeitsplatz überprüfen können (z.B. zur Beweissicherung nach Unfällen). Entsprechende Vorkehrungen (z.B. bzgl. des Betretens des Betriebsgebäudes) sind vorzusehen.

6.4 Kontrolle der situativen Aufmerksamkeit der telefahrenden Person

Ablenkung ist eine wichtige Unfallursache, und die telefahrende Person ist voraussichtlich ebenso anfällig für Ablenkung wie eine traditionelle fahrende Person im Fahrzeug. Selbst wenn eine telefahrende Person grundsätzlich für ihre Tätigkeit geeignet ist, die nötigen Kompetenzen besitzt und aktuell fahrtüchtig ist, kann eine unzureichende Aufmerksamkeit auf die aktuelle Fahrumgebung zu einer potentiellen Gefährdung führen. Ähnlich wie bei traditionellen Fahrenden im Fahrzeug kann die Ablenkung von der Fahraufgabe hin zu einer anderen Tätigkeit die Erkennung fahrrelevanter Informationen be- und verhindern. Durch die Tätigkeit in einem Kontrollzentrum können voraussichtlich Ablenkungen durch andere Mitarbeitende und sonstige Ereignisse nicht ausgeschlossen werden.

Als Maßnahme, um die nötige Aufmerksamkeit der telefahrenden Person dauerhaft zu gewährleisten, sollte eine entsprechende Kontrolle der situativen Aufmerksamkeit stattfinden. Diese kann auf verschiedene Weise erfolgen: ein technisches Kontrollsystem²⁴ (z.B. Blickverhaltenserkennung) oder eine Teamleitung, die die Arbeit der Telefahrenden in angemessener Weise beaufsichtigt. Basierend auf den Umständen vor Ort sollte entschieden werden, welches System eine telefahrende Person dabei unterstützt, sich auf die Verkehrssituation zu konzentrieren und sich nicht ablenken zu lassen.

Bei Abwendung vom Fahrgeschehen sollte in beiden Fällen eine entsprechende Information bzw. Aufforderung der telefahrenden Person stattfinden. Ein technisches System bietet weiterhin die Möglichkeit, bei anhaltender fehlender Aufmerksamkeit die Meldung zu eskalieren, indem z.B. neben einer visuellen auch eine akustische Aufforderung getriggert wird. Wendet sich die telefahrende Person dann immer noch nicht der Verkehrsumgebung zu, sollte ein Minimal Risk Manöver eingeleitet werden, das das Fahrzeug sicher zum Stillstand bringt.

Eine Überprüfung der Fahrperformanz sowie ein praktiziertes Incident-Management sollte Vorfälle dokumentieren und auswerten, um auf diese Weise nicht nur situative Ursachen für Vorfälle herauszuarbeiten, sondern auch Telefahrende zu identifizieren, die durch häufigere Vor- und Unfälle auffallen. Auch das Auslösen von Ablenkungswarnungen oder Minimal Risk Manövern sollte im Rahmen dieser Auswertung analysiert werden. Die Ursachen für Ablenkungen von der Fahraufgabe sollten herausgearbeitet werden. Die Ergebnisse der Auswertung sollten offen, transparent und konstruktiv im Team besprochen werden. Dafür sollte auf eine Sicherheitskultur geachtet werden, die das gemeinsame Streben nach Verkehrssicherheit, Professionalität, Kundenzufriedenheit und –akzeptanz in den Vordergrund stellt (im Gegensatz zu möglichen Strafen oder Sanktionen).

Daneben ist der Teleoperationsarbeitsplatz so zu gestalten, dass für die Steuerung des Fahrzeugs relevante Informationen (z.B. Fahrzeugstatus, umgebender Verkehr, Nahumfeld des Fahrzeugs, Verkehrsregelung) in den relevanten Fahrsituationen deutlich erkennbar dargestellt werden. Inwieweit und in welchen Situationen eine Augmentierung, d.h. die

²⁴ Auch für die Neuzulassung von Pkw wird in Zukunft ein technisches System zur Aufmerksamkeitskontrolle gefordert (vgl. EU-Verordnung 2019/2144). Eine unaufmerksame fahrende Person wird dadurch aufgefordert, sich auf die Verkehrsumgebung zu konzentrieren. Bei anhaltender Unaufmerksamkeit eskaliert die Information/Warnung.

Ergänzung der per Video übertragenen Verkehrssituation durch die Darstellung zusätzlicher Elemente (z.B. die Hervorhebung von entgegenkommenden Fahrzeugen oder Personen auf dem Gehsteig, die sich zur Straße hin orientieren), die telefahrende Person unterstützen kann, ist eine offene Forschungsfrage, die der Klärung bedarf.

Weiterhin sollte Ablenkung durch organisatorisch-betriebliche Maßnahmen reduziert werden. Dies betrifft z.B. den Aufbau und die Gestaltung des Teleoperationsarbeitsplatzes (z.B. Sichtschutz, so dass die Fahrtätigkeit anderer Telefahrender nicht ablenkend wirkt; keine Laufwege zwischen den Teleoperationsarbeitsplätzen). Weiterhin sollte eine Fahrzeit- und Pausenregelung dafür sorgen, dass Telefahrende unabhängig von Tageszeit und Arbeitsbelastung leistungsfähig, konzentriert und aufmerksam bleiben können.

Telefahrende sollten durch entsprechende Schulungsmaßnahmen über die Rolle der Ablenkung als Unfallursache informiert und sensibilisiert werden, Ablenkung zu vermeiden. Klare Regelungen sollten die telefahrende Person informieren, welche Nebentätigkeiten beim Telefahren in welchen Situationen erlaubt sind. So sollte beispielsweise ein Verbot der Handynutzung ausgesprochen werden und das Zusichnehmen von nicht-alkoholischen Getränken nur erlaubt sein, wenn die Fahrsicherheit nicht beeinträchtigt wird.

6.5 Virtuelle Teleoperation als Instrument der Personalauswahl und -entwicklung

Eine effiziente und effektive Personalauswahl und -entwicklung sind zentrale Voraussetzungen für sicheres Telefahren. Nur eine telefahrende Person, die für ihre Tätigkeit geeignet sowie gut ausgebildet und trainiert ist, kann auch in unerwarteten Situationen das Fahrzeug sicher fernsteuern. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit neben den klassischen Instrumenten der Personalauswahl und -entwicklung ein Fahrstand zur teleoperierten Steuerung eines virtuellen Fahrzeugs verwendet werden kann, um geeignetes Personal auszuwählen, auszubilden und die Handlungssicherheit zu trainieren. Ein entsprechendes Ausbildungs-, Fortbildungs- und Überprüfungskonzept kann davon profitieren, dass beim virtuellen Telefahren eine gezielte Herstellung von Trainingsszenarien möglich ist, die in einer realistischen Weise und in einem sicheren Umfeld durchfahren werden. Entsprechend werden Fahrsimulatoren bereits in einem weiten Anwendungsfeld (z.B. Flugverkehr, Schienenverkehr, Straßenverkehr) genutzt.

Insbesondere im Bereich der Aus- und Weiterbildung hat sich die Nutzung der Fahrsimulation als höchst effektive Trainingsmethode bewährt. Auch wenn die Entwicklung, Umsetzung und Evaluation von simulatorgestützten Trainings einigen Aufwand benötigt, so kann daraus ein sicheres und ressourcenschonendes Trainingskonzept entstehen, das letztlich auch kosteneffizient ist. Der Fuhrpark kann für den eigentlichen Betrieb verwendet werden, anstatt im Rahmen von Trainings genutzt und blockiert zu werden. Das Training findet in sicherer Umgebung statt und kann damit zur gefahrungslosen Vorbereitung auf den beruflichen Alltag als telefahrende Person dienen. Daneben können trainingsrelevante Einflussgrößen auf das Telefahren kontrolliert variiert werden. Auf diese Weise kann z.B. das Fahren unter verschiedenen Latenzbedingungen und bei verschiedenen Bildqualitäten ebenso geübt werden wie das korrekte Verhalten in spezifischen Verkehrssituationen (z.B. unter verschiedenen Wetter- und Verkehrsbedingungen). Durch die Interaktion mit dem Instruktionspersonal lassen sich auch betriebliche Situationen herstellen, die durch die Kommunikation mit weiterem Betriebspersonal (z.B. technische Aufsicht, Servicemitarbeitende vor Ort) oder Fahrgästen gekennzeichnet sind.

Die Trainingssituationen lassen sich gezielt herstellen, replizieren und variieren und sind damit für die Aus- und Weiterbildung ebenso geeignet wie für das Training der Handlungssicherheit in selten vorkommenden und damit evtl. kritischen Fahrsituationen. Szenarien können z.B. andere Verkehrsteilnehmende beinhalten, die unaufmerksam fahren und Fehler machen. Dies erfordert von der telefahrenden Person vorausschauendes und sicheres Fahren und das frühzeitige Antizipieren von Fehlern anderer. Auch im Rahmen von praktischen Prüfungsteilen kann die Fernsteuerung eines virtuellen Fahrzeugs in der Fahrsimulation verwendet werden.

Die immer wieder als Einwand gegen die Verwendung von Fahrsimulatoren vorgebrachte Kritik, diese würden das Fahren eines „echten“ Fahrzeugs im realen Straßenverkehr nicht ausreichend gut darstellen, ist beim Telefahren nur sehr eingeschränkt gültig, denn die eingeschränkte Realitätstreue ist ein bestimmendes Merkmal des Arbeitsplatzes einer telefahrenden Person. Entsprechende Einschränkungen (z.B. zweidimensionale Darstellung der dreidimensionalen Fahrsituation, potenziell reduziertes Präsenzerleben) sind damit sowohl für den tatsächlichen Arbeitsplatz der telefahrenden Person als auch die Verwendung einer simulationsgestützten Trainingsumgebung für telefahrende Personen charakteristisch. Auch mögliche Probleme von Unwohlsein und Unbehagen beim Telefahren sind sowohl beim Telefahren als auch beim Fernsteuern eines virtuellen Fahrzeugs möglich. Hier lässt sich unter Umständen vielmehr die Simulationsumgebung nutzen, um entsprechend anfällige Personen frühzeitig an das Telefahren und die fehlenden bzw. reduzierten Sinneseindrücke zu gewöhnen.

7 Fazit und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Als Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Literaturanalyse, Fachinterviews und Workshopdiskussion werden im Folgenden Empfehlungen bzgl. der Auswahl und Eignung von Telefahrenden, der Ausbildung und Weiterbildung sowie der regelmäßigen Überprüfung gegeben. Daneben wird erarbeitet, ob und in welchem Maße die telefahrende Person bei der Ausübung ihrer Fahrtätigkeit kontrolliert werden sollte.

Basierend auf den Erkenntnissen können im Hinblick auf die zu erwartenden Tätigkeiten einer telefahrenden Person folgende vorläufige Empfehlungen gegeben werden (Tabelle 7):

Empfehlungen bzgl. Vorwissen und Vorerfahrung
<ul style="list-style-type: none">• Gültige Fahrerlaubnis, die der Klasse des teleoperierten Fahrzeugs entspricht• Mindestalter von 21 Jahren vergleichbar der Regelung bei der Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung• Regelmäßige Überprüfung der Eignung• Mindestens 3 Jahre aktive Fahrerfahrung bzgl. der teleoperierten Fahrzeugklasse mit entsprechendem Nachweis (z.B. Fahrzeughalter, Praxisfahrt oder Fahrlehrerurteil)• Keine Vorgabe bzgl. Schulabschluss/Ausbildung
Empfehlungen bzgl. Eignungsvoraussetzungen
<ul style="list-style-type: none">• Körperliche und geistige Eignung entsprechend der Voraussetzungen für Gruppe 2 gemäß FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung• Prüfung der Sehfähigkeit bzgl. des Erkennens relevanter Informationen auf einem Bildschirm• Bezüglich körperlicher Einschränkungen, die Ausschlusskriterien für Gruppe 2 bilden, sollte geprüft werden, ob diese zwangsläufig auch zu fehlender Eignung bei der Telefahrt führen (dabei ist jedoch zu gewährleisten, dass regelmäßige Praxiserfahrung im realen Fahrzeug vorliegt)• Leistungspsychologische Eignung entsprechend der Voraussetzungen für Gruppe 2 gemäß FeV und Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung• Nachweis der charakterlichen Eignung in Form eines amtlichen Führungszeugnisses; Punktestand von maximal 3 Punkten im Fahreignungsregister
Empfehlungen bzgl. Aus- und Weiterbildung
<ul style="list-style-type: none">• Theoretische Lerninhalte entsprechend der Besonderheiten und zusätzlichen Aufgaben einer telefahrenden Person:<ul style="list-style-type: none">○ Teleoperationsbetrieb (gesetzliche Grundlagen, Technik, Ablauf, Übernahme und Rückgabe der Fahrzeugkontrolle, Beteiligte und Rollen, Organisation, Richtlinien und Regelungen, Use Cases, Betriebsbereiche und -bedingungen)○ Teleoperationsarbeitsplatz (Komponenten, Technik, Bedienung, Login, Einbindung in Kontrollzentrum)

- Informationsübertragung und Virtualität (Kommunikationsschnittstelle, Videoübertragung inkl. mögliche Fehler, Sensorinformationen)
- Latenz (Ursachen, Folgen, Kompensation durch telefahrende Person)
- Human-Factors-Herausforderungen und Umgang damit (Immersion, Präsenz, Workload, Situationsbewusstsein, Folgen für Fahrsicherheit, Vermeidung von Ablenkung)
- Kommunikation mit anderem Betriebspersonal, Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmenden
- Sicherheitsbewusstsein (Safety und Security), Verantwortung und Perspektivenübernahme bzgl. Komfort und Sicherheit, vorausschauendes Fahren
- Teleoperation und Fahren in unterschiedlichen Verkehrsumgebungen (Stadt, Land, Autobahn; inkl. Ortskenntnisse), Betriebs- (inkl. Incidents) und Umgebungsbedingungen (Helligkeit, Wetterverhältnisse, Verkehrsdichte)
- Regelungen bzgl. Fahr- und Pausenzeiten
- **Praktische Ausbildungsinhalte:**
 - Teleoperation und Fahren in unterschiedlichen Verkehrsumgebungen (Stadt, Land, Autobahn) und Umgebungsbedingungen (Helligkeit, Wetterverhältnisse, Verkehrsdichte) – in Abhängigkeit von den tatsächlichen Einsatzszenarien der telefahrenden Person
 - Prüfung und Sicherheitschecks (vor Abfahrt, während Fahrt, nach Abstellen des Fahrzeugs)
 - Fahren und unvorhergesehene Situationen (z.B. Jitter, höhere Latenz, Kommunikationsabbruch)
 - Bedienung und Anwendung von Assistenzsystemen und deren Funktion (einschließlich möglicher Funktionsgrenzen)
 - Transitionen zwischen automatisierten Fahrsystemen und der manuellen Telefahrt sowie zwischen fahrenden Personen im Fahrzeug und der telefahrenden Person
 - Training längerer Fahrten und möglicher aufeinanderfolgenden Fahraufgaben, die so bei einer fahrzeugführenden Person im Fahrzeug nicht vorkommen können (z.B. Steuern verschiedener Fahrzeuge ohne tatsächlich umzusteigen)
 - Erleben des Telefahrens aus Kundenperspektive (d.h. Mitfahrt in teleoperiert gefahrenem Fahrzeug).
- **Angemessener Umfang und Methode der initialen Schulung, die theoretische wie praktische Unterrichtsmethoden beinhaltet**
 - Die Verwendung von Simulatoren der teleoperierten Fahrzeugführung im Rahmen der Aus- und Fortbildung ist sinnvoll, um das Verhalten in bestimmten Szenarien zu üben, die in der Wirklichkeit kaum trainiert werden können.
- **Theoretische und praktische Abschlussprüfung durch eine Person, die an der Ausbildung nicht beteiligt war**
 - Die theoretische Prüfung fragt die Fachkenntnisse in den genannten Themenbereichen ab. Zu viele (sicherheitsrelevante) Fehler führen zum Nichtbestehen der theoretischen Prüfung.
 - Die praktische Prüfung sollte die wesentlichen Verkehrsvorgänge bzgl. des zukünftigen Einsatzgebiets der telefahrenden Person abdecken.

<p>Sie gilt als nicht bestanden, wenn ein sicherheitsrelevanter Fehler oder wiederholt Fehler gemacht werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Neben teleoperierten Realfahrten können auch Fahrten in Fahrsimulatoren Bestandteil der praktischen Prüfung sein. ● Regelmäßige Weiterbildung der Telefahrenden – vor allem bei technischen oder betrieblichen Veränderungen ● Regelmäßige Auffrischungstrainings und Erfahrungen im realen Fahrzeug (das auch teleoperiert gesteuert wird)
Empfehlungen bzgl. Überprüfung
<ul style="list-style-type: none"> ● Die Fahrerlaubnis sollte befristet für maximal 5 Jahre und eine Verlängerung nur erteilt werden, wenn die körperlichen, geistigen, leistungspsychologischen und charakterlichen Eignungsvoraussetzungen weiterhin vorliegen. ● Bei fehlender Fahreignung verliert die telefahrende Person (befristet oder dauerhaft) die Erlaubnis, ein Fahrzeug fernzusteuern. Die Person darf erst dann wiedereingesetzt werden, wenn die Zweifel an der Eignung durch eine erneute Überprüfung einer zuständigen und geeigneten Stelle ausgeräumt werden konnten. ● Durch begleitete Fahrten, Prüffahrten in einem Fahrsimulator oder die geeignete Aufzeichnung und Kontrolle der Fahrperformanz bei durchgeführten Fahrten in der täglichen Praxis ist die Handlungssicherheit regelmäßig zu überprüfen. <ul style="list-style-type: none"> ○ Defizite in der Handlungssicherheit sollten zu konkreten Unterstützungsmaßnahmen, Nachschulungen und weiterführenden Trainingsmaßnahmen führen.
Empfehlungen bzgl. Aufsicht während der Tätigkeit
<ul style="list-style-type: none"> ● Basierend auf den Gegebenheiten im Kontrollzentrum angemessene Kontrolle der situativen Aufmerksamkeit durch ein technisches System oder die Teamleitung ● Fahrzeit- und Pausenregelung ● Vollständiges Verbot von Alkohol und anderen berauschenden Stoffen ● Incident-Management, das Vorfälle dokumentiert und auswertet

Tabelle 7: Zusammenfassung der Empfehlungen bzgl. Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von telefahrenden Personen

7.2 Ausblick

Noch findet Telefahren auf öffentlichen Straßen nicht im Regelbetrieb statt. Zukünftige Betriebskonzepte werden sich jedoch im Hinblick auf den Betriebsbereich und anderer Charakteristika unterscheiden.

Viele grundsätzliche Anforderungen an die telefahrende Person sind über den konkreten Anwendungsfall hinweg gleich. Entsprechend können auch die Forderungen bzgl. Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit übernommen werden. Auch wenn die telefahrende Person (ähnlich wie eine fahrzeugführende Person im Fahrzeug) auf Navigations-, Bahnführungs-, und Stabilisierungsebene durch Assistenzsysteme unterstützt werden kann, so bleiben die Anforderungen an die Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit gleich. Falls Assistenzfunktionen während der Telefahrt genutzt werden, sollten sie im Rahmen der Telefahr-Ausbildung entsprechend behandelt werden, so dass ihre Funktion (einschließlich möglicher

Funktionsgrenzen) den Telefahrenden bekannt ist und die Bedienung sicher beherrscht wird. Dies betrifft insbesondere auch die Funktionsweise der Systeme (z.B. Spurhalteunterstützung) in Zusammenhang mit den teleoperationsspezifischen Gegebenheiten, wie z.B. einer latenzbehafteten Übertragung von Informationen zum/vom Fahrzeug.

Die Anforderungen bzgl. der vorhandenen Fahrerlaubnis (d.h. eine Fahrerlaubnis der jeweils teleoperierten Fahrzeugklasse inkl. Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung, falls Fahrgäste befördert werden) und der Fahrerfahrung mit der jeweiligen Fahrzeugklasse beziehen sich auf den jeweiligen Anwendungsfall.

Weiterhin ist für jeden Anwendungsfall eine Aufgabenanalyse nötig, die die Tätigkeiten und Anforderungen an die telefahrende Person konkretisiert und beschreibt. Aus dieser Beschreibung heraus sollten die Lerninhalte für die Ausbildung ebenso extrahiert werden wie die praktisch zu übenden Fahrsituationen. Das gleiche gilt für die Funktionalität des Teleoperationsarbeitsplatzes, die der telefahrenden Person vollständig bekannt sein und sicher beherrscht werden muss.

Das Fernziel ist eine nahezu standardisierte Ausbildung für telefahrende Personen, die dann bei unterschiedlichen Betreibern tätig sein können. Beim jeweiligen Betreiber werden dann weitere Zusatzmodule gelehrt, die betreiberspezifische Inhalte umfassen (z.B. zum konkreten Arbeitsplatz, spezifische Use-Cases). Der jeweilige Betreiber muss bewerten, inwieweit und welche Zusatzmodule nötig sind.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wer in Zukunft die Ausbildung von Telefahrenden durchführt. Aufgrund der spezifischen Anwendungsfälle und technischen Voraussetzungen wird voraussichtlich ein signifikanter Anteil der Ausbildung beim jeweiligen Hersteller des technischen Systems bzw. beim Teleoperationsbetreiber liegen. Daneben können unabhängige externe Institutionen Teile der Ausbildung übernehmen (gegebenenfalls ist das auch abhängig davon, ob theoretische oder praktische Inhalte unterrichtet werden).

Literatur

- Adamides, G., Katsanos, C., Parmet, Y., Christou, G., Xenos, M., Hadzilacos, T., & Edan, Y. (2017). HRI usability evaluation of interaction modes for a teleoperated agricultural robotic sprayer. *Applied ergonomics*, 62, 237–246.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. In *Analysis, design and evaluation of man-machine systems* (S.129-135). Elsevier.
- Berghaus, G. & Brenner-Hartmann, J. (2012). Fahreignung, Fahrsicherheit und deren Begutachtung – Grundlagen. In: B. Madea, F. Mußhoff & G. Berghaus (Hrsg.). *Verkehrsmedizin – Fahreignung, Fahrsicherheit, Unfallrekonstruktion*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Bodell, O., & Gullikson, E. (2016). Teleoperation of Autonomous Vehicle With 360° Camera Feedback.
- Bout, M. (2017). A Head-Mounted Display to Support Remote Operators of Shared Automated Vehicles (Master's Thesis). University of Twente.
- Brandenburger, N. & Naumann, A. (2018). From in-cabin driving to remote interventions—train driver tasks change with railway automation.
- Bubb, H. (2015). Das Regelkreisparadigma der Ergonomie. In: *Automobilergonomie. ATZ/MTZ-Fachbuch*. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2297-0_2
- Bundesanstalt für Strassenwesen (2022). Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 115). Wirtschaftsverlag NW, Bergisch-Gladbach (Stand 01. Juni 2022).
- AG Forschungsbedarf Teleoperation (2023). Abschlussbericht der Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“ (Vorabveröffentlichung). Fachveröffentlichung der Bundesanstalt für Straßenwesen“.
- Chen, J. Y., Haas, E. C., & Barnes, M. J. (2007). Human performance issues and user interface design for teleoperated robots. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(6), 1231–1245.
- Chucholowski, F. (2015). Eine vorausschauende Anzeige zur Teleoperation von Straßenfahrzeugen. PhD thesis, Technische Universität München, München.
- Cummings, M., Li, S., Seth, D. & Seong, M. (2021). Concepts of Operations for Autonomous Vehicle Dispatch Operations (Final Report). Collaborative Sciences Center for Road Safety.
- Dey, D., Ackermans, S., Martens, M., Pflieger, B., & Terken, J. (2022). Interactions of automated vehicles with road users. *User experience design in the era of automated driving*, 533-581.
- Donges, E. (2009). Fahrerhaltensmodelle. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*, 15-23.

- EASA (2019). Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex IV Commercial air transport operations [Part-CAT] of Commission Regulation (EU) 965/2012 on air operations (Consolidated version including Issue 2, Amendment 16). European Union Aviation Safety Agency.
- Endsley, M. R. (1988). Situation awareness global assessment technique (SAGAT). *Proceedings of the IEEE 1988 national aerospace and electronics conference*, 789–795.
- Ferraro, J. C., Mouloua, M., Mangos, P. M. & Matthews, G. (2022). Gaming experience predicts UAS operator performance and workload in simulated search and rescue missions. *Ergonomics*, 65(12), 1659-1671.
- Fries, W., Wilkes, F. & Lössl, H. (2008). *Fahreignung bei Krankheit, Verletzung, Alter, Medikamenten, Alkohol und Drogen. Ein Leitfaden für Betroffene, Ärzte, Psychologen, Rechtsanwälte, Behörden*. C.H. Beck.
- Georg, J.-M., Putz, E., & Diermeyer, F. (2020). Longtime effects of videoquality, videocanvases and displays on situation awareness during teleoperation of automated vehicles. *2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 248–255.
- Gerdes, K. E. (2011). Empathy, sympathy, and pity: 21st-century definitions and implications for practice and research. *Journal of Social Service Research*, 37(3), 230-241.
- Gilg, T., Hutzler G., Tourneur, D. & Eisenmenger, W. (1998). Medizinische und technische Evaluation von alkoholsensitiven Zündsperrern am Beispiel des Alcolock System – Anwendungsmöglichkeiten und Verkehrssicherheitsaspekte. *Blutalkohol* (35), S. 331–343.
- Gnatzig, S., Chucholowski, F., Tang, T. & Lienkamp, M. (2013). A System Design for Teleoperated Road Vehicles. In *Proceedings of the 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO-2013)*, S. 231-238.
- Gnatzig, S. (2015). *Trajektorienbasierte teleoperation von straßenfahrzeugen auf basis eines shared-control-ansatzes [PhD Thesis]*. Technische Universität München.
- Gomer, J. A. & Pagano, C. C. (2011). Spatial perception and robot operation: Should spatial abilities be considered when selecting robot operators? In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Bd. 55, S.1260-1264). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Grippenkoven, J. D., Meirich, C., Roth, M. H., Caspar, M. & Hungar, H. (2020). Teleoperierte Triebfahrzeugführung als Rückfallebene der Hochautomation. *Signal + Draht*, (6), 6-13.
- Hofbauer, M., Kuhn, C. B., Petrovic, G., & Steinbach, E. (2020, October). Telecarla: An open source extension of the carla simulator for teleoperated driving research using off-the-shelf components. In *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 335-340). IEEE.
- Habibovic, A., Andersson, J., Malmsten Lundgren, V., Klingegård, M., Englund, C., & Larsson, S. (2019). External vehicle interfaces for communication with other road users? In *Road Vehicle Automation 5* (pp. 91-102). Springer International Publishing.
- HF-IRADS (2020). *Human Factors Challenges of Remote Support and Control – A Position Paper from HF-IRADS (Informal document No. 8 - September 2020 session of WP.1)*, 7th

GRVA, 21-25 September 2020. Human Factors in International Regulations for Automated Driving Systems.

Hosseini, A., & Lienkamp, M. (2015). Fahrerassistenzsysteme zur präzisen und sicheren Steuerung von teleoperierten Straßenfahrzeugen. 7. Tagung Fahrerassistenz.

Hosseini, A., Richthammer, F., & Lienkamp, M. (2016). Predictive haptic feedback for safe lateral control of teleoperated road vehicles in urban areas. In 2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring) (pp. 1-7). IEEE.

Huang, M. P. & Alessi, N. E. (1999). Presence as an emotional experience. In *Medicine meets virtual reality* (S.148-153). Los Press.

IMO (2018). Working group report in 100th session of IMO Maritime Safety Committee for the regulatory scoping exercise for the use of maritime autonomous surface ships (MASS). Maritime Safety Committee 100th session, International Maritime Organization.

Kalaiyarasan, A., Simpson, B., Jenkins, D., Mazzeo, F., Hao, Y., Obazele, I., Kourantidis, K., Courtier, M., Wong, M. C. S., Ball, P. & Wilford, R. (2021). Remote operation of connected and automated vehicles. <https://doi.org/10.58446/jtwi9672>

Kallioniemi, P., Burova, A., Mäkelä, J., Keskinen, T., Ronkainen, K., Mäkelä, V., Hakulinen, J., & Turunen, M. (2021). Multimodal warnings in remote operation: The case study on remote driving. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(8), 44.

Kashevnik, A., Shchedrin, R., Kaiser, C., & Stocker, A. (2021). Driver distraction detection methods: A literature review and framework. *IEEE Access*, 9, 60063-60076.

Kay, G., Dolgin, D., Wasel, B., Langelier, M. & Hoffmann, C. (1999). Identification of the cognitive, psychomotor, and psychosocial skill demands of uninhabited combat aerial vehicle (UCAV) operators. Naval Air Warfare Center Aircraft Div, Patuxent River MD.

Kettwich, C., Schrank, A., & Oehl, M. (2021). Teleoperation of highly automated vehicles in public transport: User-centered design of a human-machine interface for remote-operation and its expert usability evaluation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(5), 26.

Law Commission (2023). Remote Driving: Advice to Government (Report). UK Law Commission.

Long, L. O., Gomer, J. A., Wong, J. T. & Pagano, C. C. (2011). Visual spatial abilities in uninhabited ground vehicle task performance during teleoperation and direct line of sight. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 20(5), 466-479.

Luko, L. & Parush, A. (2017). Targeted cognitive training of spatial skills: Perspective taking in robot teleoperation. In 13th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2017). Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik.

Lu, Z., & de Winter, J. (2015). A review and framework of control authority transitions in automated driving (presented at 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics). *Procedia Manufacturing* 3, 2510 – 2517.

Lu, S., Zhang, M. Y., Ersal, T., & Yang, X. J. (2019). Workload management in teleoperation of unmanned ground vehicles: Effects of a delay compensation aid on human operators' workload and teleoperation performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(19), 1820–1830.

- Luo, Y., Wang, J., Liang, H. N., Luo, S., & Lim, E. G. (2021, August). Monoscopic vs. stereoscopic views and display types in the teleoperation of unmanned ground vehicles for object avoidance. In 2021 30th IEEE international conference on robot & human interactive communication (RO-MAN) (pp. 418-425). IEEE.
- Majstorović, D., Hoffmann, S., Pfab, F., Schimpe, A., Wolf, M.-M. & Diermeyer, F. (2022). Survey on Teleoperation Concepts for Automated Vehicles. In 2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (S.1290-1296). IEEE.
- Mallam, S. C., Nordby, K., Van De Merwe, K., Veitch, E., Nazir, S. & Veitch, B. (2022). Empathy from Afar? Towards Empathy for Future Maritime Designers and Remote Operators. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Bd. 66, S.508-512). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Masson, É., Richard, P., Garcia-Guillen, S. & Adell, G. M. (2019). TC-Rail: Railways remote driving. In Proceedings of the 12th World Congress on Railway Research, Tokyo, Japan (Bd. 28).
- McKinley, R., McIntire, L. K. & Funke, M. A. (2009). Operator selection for unmanned aerial vehicle operators: A comparison of video game players and manned aircraft pilots. Henry M Jackson Foundation for the Advancement of Military Medicine, Rockville MD.
- McNicol, J. (2022). Standardizing remote operation of vehicles. BSI – Centre for Connected & Autonomous Vehicles.
- Menchaca-Brandan, M. A., Liu, A. M., Oman, C. M., & Natapoff, A. (2007, March). Influence of perspective-taking and mental rotation abilities in space teleoperation. In Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-robot interaction (pp. 271-278).
- Neumeier, S., Wintersberger, P., Frison, A.-K., Becher, A., Facchi, C., & Riener, A. (2019). Teleoperation: The holy grail to solve problems of automated driving? Sure, but latency matters. Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 186–197.
- Pan, D., Zhang, Y., Li, Z. & Tian, Z. (2016). Association of individual characteristics with teleoperation performance. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 87(9), 772-780.
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human factors*, 39(2), 230-253.
- Paullin, C., Ingerick, M., Trippe, D. M. & Wasko, L. (2011). Identifying best bet entry-level selection measures for US Air Force remotely piloted aircraft (RPA) pilot and sensor operator (SO) occupations. Human Resources Research Organization, Alexandria VA.
- Pitzer, C. (2000). A Study of the Risky Positioning Behaviour of Operators of Remote Control Mining Equipment. Department of Mineral Resources, New South Wales, Australia.
- SAE (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0107>
- Schmid, D. & Stanton, N. A. (2019). The training of operators in single pilot operations: An initial system theoretic consideration.

- Schrank, A. & Kettwich, C. (2021). Roles in the Teleoperation of Highly Automated Vehicles in Public Transport. 7th International HUMANIST Conference (26.-27. October 2021), Rhodos, Griechenland.
- Serrano-Baquero, D., Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2009). Human factors issues relevant to automation design: Insights from research on uninhabited autonomous vehicles. Georgia Institute of Technology.
- Sharma, A., KIM, T., Nazir, S. & Chae, C. (2019). Catching up with time? Examining the STCW competence framework for autonomous shipping. In Proceedings of the Ergoship Conference, Haugesund, Norway (S.24-25).
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, 1(1), 120-125.
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Specht, F., Michels, A., Adebahr, F.-A., Meirich, C., Hofstädter, R., Milius, B. & Naumann, A. (2022). Automatisiertes Fahren in Niedersachsen. *Signal + Draht*, (114), 10-15.
- Strack, F. & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and social psychology review*, 8(3), 220-247.
- Szalma, J. L. & Taylor, G. S. (2011). Individual differences in response to automation: the five factor model of personality. *Journal of experimental psychology: Applied*, 17(2), 71.
- Tam, K., Hopcraft, R., Crichton, T. & Jones, K. (2021). The potential mental health effects of remote control in an autonomous maritime world. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 5(2), 40-55.
- Tang, T. (2015). Methods for improving the control of teleoperated vehicles [PhD Thesis]. Technische Universität München.
- UITP (2012). Metro Automation Facts, Figures and Trends: A global bid for automation: UITP Observatory of Automated Metros confirms sustained growth rates for the coming years. Union Internationale des Transports Publics.
- UITP (2018). Statistics Brief: World Report on Metro Automation 2018. Union Internationale des Transports Publics.
- Vagia, M. & Rødseth, Ø. J. (2019). A taxonomy for autonomous vehicles for different transportation modes. In *Journal of Physics: Conference Series* (Bd. 1357, S.012022). IOP Publishing.
- Witmer, B. G. & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240.
- Yoshida, M., Shimizu, E., Sugomori, M. & Umeda, A. (2020). Regulatory requirements on the competence of remote operator in maritime autonomous surface ship: Situation awareness, ship sense and goal-based gap analysis. *Applied Sciences*, 10(23), 8751.
- Zhang, T. (2020). Toward automated vehicle teleoperation: Vision, opportunities, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(12), 11347-11354.

Bilder

Bild 1: Einschätzungen der Befragten bzgl. der nötigen Fahrerlaubnis für Personen, die sich als Telefahrende ausbilden lassen wollen

Bild 2: Einschätzungen der Befragten bzgl. der nötigen „realen“ Fahrerfahrung mit der teleoperiert gesteuerten Fahrzeugklasse

Bild 3: Einschätzungen der Befragten bzgl. Mindestalter für Telefahrende

Bild 4: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Feststellung von charakterlicher Eignung (links) und weiterer geeigneter Eignungstests (rechts)

Bild 5: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Inhalte der initialen Schulung zur telefahrenden Person

Bild 6: Einschätzung der Befragten zum Umfang der initialen Schulung für Telefahrende

Bild 7: Einschätzungen der Befragten bzgl. der Notwendigkeit einer Prüfung nach Abschluss der initialen Schulung (links), der Prüfungsteile (Mitte) und der Prüfungsstelle (rechts)

Tabellen

Tabelle 1: Teleoperationskonzepte nach Majstorovic et al. (2022)

Tabelle 2: Definition von Telefahren und Teleassistenz

Tabelle 3: Rollen in Kontrollzentren (KETTWICH ET AL., 2021)

Tabelle 4: Auszug aus den Empfehlungen der LAW COMMISSION (2023).

Tabelle 5: Merkmale, die für Remote Operierende im Flugbetrieb besonders wichtig sind (vgl. Paullin et al., 2011)

Tabelle 6: Aufgaben einer telefahrenden Person im Vergleich zu einer Person im Fahrzeug

Tabelle 7: Zusammenfassung der Empfehlungen bzgl. Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von telefahrenden Personen

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

2023

M 338: Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation: Geschäftsmodelle und Kooperationsformen

Zabel, Duckwitz, Funk, Myshkina

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

M 339: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2021

Gruschwitz, Hölscher, van Nek, Busch, Wooten

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

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

Jänsch, Sperlich, Unruh, Johannsen

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

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

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

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

M 342: Vertiefende Analyse des Unfallgeschehens älterer Fahrzeugführender

Strauzenberg, Pohle

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

2024

M 343: Kommunikationsmaßnahmen zur Verbesserung der Radverkehrssicherheit

Manz, Müller, Engel

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

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

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

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

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

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

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

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

Pöppel-Decker, Bierbach, Piasecki, Schönebeck

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

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

Suing

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

M 348: Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren in der Ausbildung von Fahrschülern

Reindl, Thomas, Wottge, Satz

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

M 349: Novelle der Fahrerschülerausbildungsordnung – Erstellung von Ausbildungsverläufen und Kompetenzrahmen für alle Fahrerlaubnisklassen

Bittner, von Bressensdorf, Ewers-Lauer, Kopp, Napierski, Walkenhorst

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

M 350: Einfluss psychischer Unfallfolgen auf die verkehrssicherheitsrelevante Fahrkompetenz verunfallter Pkw-Fahrer

Tomzig, Metzulat, Hoffmann, Kenntner-Mabiala, Epe-Jungeblodt

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

M 351: Abweichendes Verkehrsverhalten und Nichtbefolgung von Regeln im Straßenverkehr – Entwicklung eines Sicherheitsindikators (SPI) und Ersterhebung

Kathmann, von Heel, Pušica, Bäumer, Pfeiffer, Sutter

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

2025

M 352: Die Entwicklung verkehrssicherheitsrelevanter Personenmerkmale von Seniorinnen und Senioren: Eine Längsschnittstudie über fünf Jahre

Karthus, Getzmann, Wascher, Rudinger, Graas

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

M 353: Potenzial von Lastenrädern und Fahrradanhängern – Analyse zur Anschaffung und Nutzung im privaten Bereich

Steiner, Weber, Schelewsky, Lacroix, Niehaus

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

M 354: Verbesserung der Erhebung vertiefter Verkehrsunfalldaten durch motivationale Anreize

Schmidt, Schmidtke, Schlenz, Wolff, Johannsen, Liers, Martins, Pöhr, Schenk

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

M 355: Versorgung von Straßenverkehrsunfällen durch den Rettungsdienst

Behrendt, Körner

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

M 356: Verlagerung der Berufswege vom MIV auf das Fahrrad/Pedelec: Analyse von Umweltfaktoren und persönlichen Faktoren

Schmidt, Steiner, Weber, Schelewsky, Hölscher, Huth, Rudolph, Schüte

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

M 357: SENIORRIDE Radfahren im Alter – Eine psychologische Analyse

Holte

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

M 358: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2023

van Nek, Belz, Busch, Woopen

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

M 359: Kraftfahrzeugführen in Teleoperation – Anforderungen an Eignung und Befähigung Mindestanforderungen an Eignung, Befähigung und Zuverlässigkeit von telefahrenden Personen

Maag, Gary, Neukum

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

Telefon (04 21) 3 69 03 - 0 · E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de

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

www.schuenemann-verlag.de

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



ISSN 0943-9315
ISBN 978-3-95606-881-2
<https://doi.org/10.60850/bericht-m359>

www.bast.de