Untersuchungen zum Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten

Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen

bast
Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen

Untersuchungen zum Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten

von

Thomas Jürgensohn, Cristina Platho, Vaishnavi Upradasta
HFC Human-Factors-Consult GmbH, Berlin

Simon Schoofs
TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG, Essen

Impressum

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 82.0810
Untersuchungen zum Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten

Fachbetreuung:
Alexander Frey, Referat „Automatisiertes Fahren“
Bernhard Kollmus, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“
Marek Zöller, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

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

https://doi.org/10.60850/fv-f2

Bergisch Gladbach, November 2025

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

bast
Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen

Kurzfassung - Abstract

Untersuchungen zum Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten

Großraum- und/oder Schwertransporte sind Fahrzeuge oder Fahrzeugkombinationen, bei denen beim Fahrzeug samt Ladung die gesetzlich zulässigen Maße und/oder Gewichte überschritten werden. Zur Durchführung von Transportfahrten bedarf es einer Sondererlaubnis, die nach Antrag in einem VEMAGS-Bescheid (Verfahrensmanagement für Groß- und Schwertransporte) erteilt wird. Die Bescheide enthalten eine Reihe von Auflagen, die u.a. sogenannte Streckenauflagen (in Anlage 3) enthalten. Bei einigen Transporten wird von den Genehmigungsbehörden die Besondere Auflage Nummer 21 RGST 2013 aufgenommen: „*der zu begleitende Schwertransport ist mit einem Beifahrer zu besetzen, der die angeordneten Auflagen sowie die Auflagenbereiche über Funk an das Begleitfahrzeug übermittelt*“. Seit einigen Jahren gibt es von zwei Herstellern in Deutschland Assistenzsysteme auf dem Markt, die als „digitale“ Beifahrer als Ersatz für menschliche Beifahrer dienen können.

Ziel des Projekts war es, einen technischen Anforderungskatalog für den Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten zu erstellen. Hierfür sollten die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes solcher Systeme (als Ersatz des menschlichen Beifahrers) wissenschaftlich untersucht werden, um die notwendigen technischen Bedarfe im Hinblick auf eine adäquate Mensch-Maschine-Schnittstelle vor dem Hintergrund der Wahrung und Steigerung der Verkehrssicherheit zu definieren. Aufgabe im Forschungsprojekt war die wissenschaftliche Untersuchung, in wie weit die Aufgaben eines menschlichen Beifahrers durch die Benutzung eines digitalen Beifahrers abgedeckt sind und welche Nach- oder Vorteile in Hinblick auf den Erfüllungsgrad der Auflagen einerseits und auf die Verkehrssicherheit andererseits entstehen. Außerdem sollte gezeigt werden, welchen Mehrwert die digitalen Systeme liefern können.

Die Aufgabe wurde durch umfangreiche Dokumentenanalysen, Befragungen in Speditionen und bei Fahrern sowie einer Sicherheitsanalyse gelöst. Weiterhin wurden über eine Wahrnehmungsstudie während eines Feldversuchs ergänzende Anforderungen an die Systeme bezüglich der Parameter der Systeme evaluiert, die mit der visuellen Wahrnehmbarkeit verknüpft sind. Aus allen Befunden wurde dann schließlich ein Anforderungskatalog für digitale Beifahrer abgeleitet.

Investigations into the Use of a Digital Co-Driver for Oversized and Heavy Transports

Heavy and/or oversized transports are vehicles or vehicle combinations that exceed the legally permissible dimensions and/or weights when loaded. To carry out such transports, a special permit is required, which is issued through a VEMAGS notice (Verfahrensmanagement für Groß- und Schwertransporte) after an application is submitted. These notices include a series of conditions, including so-called route conditions (found in Appendix 3). For some transports, the approving authorities include Special Condition Number 21 RGST 2013: "The heavy transport to be escorted must have a co-driver who communicates the imposed conditions and the areas covered by the conditions to the escort

vehicle via radio." For several years now, assistance systems from two manufacturers in Germany have been available on the market that can serve as "digital" co-drivers, potentially replacing human co-drivers. The aim of the project was to create a technical requirement catalogue for the use of a digital co-driver in large and heavy transports. To achieve this, the possibilities and limitations of using such systems (as a replacement for the human co-driver) were scientifically examined to define the necessary technical requirements for an adequate human-machine interface, considering the preservation and enhancement of road safety. The objective of the research project was to scientifically investigate to what extent the tasks of a human co-driver can be covered by using a digital co-driver, and what advantages or disadvantages arise with regard to the fulfilment of the conditions on the one hand and road safety on the other. Additionally, the added value that digital systems can provide was to be demonstrated. This was accomplished through extensive document analysis, surveys in transport companies and with drivers, as well as a safety analysis. Furthermore, a perception study conducted during a field test evaluated additional requirements for the systems concerning parameters linked to visual perception. Based on all findings, a requirement catalogue for digital co-drivers was eventually developed.

Summary

1. Objective

Heavy and/or oversized transports (GST) are vehicles or vehicle combinations that exceed the legally permissible dimensions and/or weights when loaded. To carry out such transports, a special permit is required, which is issued through a VEMAGS decision (Verfahrensmanagement für Groß- und Schwertransporte) after an application is submitted. These decisions include a series of requirements, including route requirements (found in Appendix 3). The possible requirements are listed in *Auflagenkatalog der Richtlinie zum Antrags- und Genehmigungsverfahren für die Durchführung von Großraum- und/oder Schwertransporten (RGST)* – translated to the requirements catalogue of the directive for the application and approval procedure for heavy and/or oversized transports (RGST) - and are identified by a code number. For some transports, the approving authorities include Special Requirement Number 21 RGST 2013 (hereinafter referred to as Requirement No. 21): "The heavy transport to be escorted must have a co-driver who communicates the imposed requirements and the areas covered by the requirements to the escort vehicle via radio." For several years now, assistance systems from two manufacturers in Germany have been available on the market that can serve as "digital" co-drivers, potentially replacing human co-drivers.

The objective of the research project was to scientifically investigate to what extent the tasks of a human co-driver can be covered by using a digital co-driver, and what advantages or disadvantages arise with regard to the fulfilment of the requirements on the one hand and road safety on the other. Furthermore, the project aimed to develop requirements for the appearance, functionality, hardware, and the assurance of transmission from the VEMAGS decision.

2. Approach

In addition to an extensive document analysis, the main focus of the project was on surveys and observations. Legally binding regulations, rulebooks, explanatory literature, feedback from a pilot project in Bavaria, and results from surveys initiated by the BASt (Federal Highway and Traffic Research Institute) in the federal states on the subject of digital co-drivers were analysed. Interviews were conducted with drivers and transport companies, representatives of authorities, and manufacturers of digital co-drivers. By accompanying heavy transports and conducting simultaneous interviews – both in the cab of the heavy vehicle and in escort vehicles (BF3, BF3+, BF4) – first-hand experiences and insights were gained from practical application. Several workshops with experts were held to derive the requirements that should be placed on the hardware and software, as well as on the use of digital co-drivers. Findings on the benefits and application areas of digital co-drivers, particularly in comparison to human co-drivers, were derived from an extensive survey study with heavy transport drivers who had experience with both human and digital co-drivers.

A perception study during a field test evaluated additional requirements for the systems concerning parameters linked to visual perception. Based on all findings, a requirement catalogue for digital co-drivers was eventually developed.

3. Requirement Catalogue for Digital Co-Drivers

The requirements were compiled for the following topics: "Functions," "Operating Requirements," "Hardware Requirements," "Software Requirements," "Safety," and "Miscellaneous":

3.1.1 Functions

- Announcement and visualization of routes, requirements, and requirement areas from Appendix 3 and other appendices with route requirements from specific VEMAGS decisions (PDF format).
- If the approved or permissible route (in the case of nationwide permits) is left, a warning must be issued for at least 15 seconds, both acoustically (voice output or tone) and visually (warning notice).

3.1.2 Operating Requirements

- The systems must be present simultaneously and with identical content in the driver's cab of the GST and in all private escort vehicles involved in the transport.
- The systems are tailored and valid for a specific permit. A combination of multiple VEMAGS decisions is not allowed.
- Responsibility for data transmission and the function of the digital co-driver, as well as compliance with hardware requirements, is separated.
- The person responsible for the function is the one who has entered the permit into the digital co-driver's software and is thus responsible for the correct transmission of the authority's decision and proper functioning.
- The "hardware" system manager is the person responsible for selecting and securing the hardware in the vehicles. Typically, this is the transport company.
- The providers of digital co-drivers must complete certificates of functionality (physically or digitally) in a uniform German format.
- When using a digital co-driver, a fully completed and signed functionality certificate of the system used must be carried during transport and handed over upon request or stored digitally in a way that it is readable during inspections by the responsible person.
- Manufacturers of digital co-drivers are themselves responsible for compliance with functional requirements. External certification is not provided.

3.1.3 Hardware Requirements

- Continuous location registration via GPS or an equivalent method with an accuracy of 10 meters.
- Acoustic and visual output via commercial tablet PCs, in-vehicle display units, or dedicated hardware for navigation systems.
- When using external tablet PCs: Fixed vehicle mount on the dashboard or suction cup mount.

- The visual display should be on a screen of at least 9 inches (diagonal). Optimal screen sizes are between 9 and 12 inches.
- No obstruction of the driver's field of view by the screen.
- The screen must be mounted at an angle of <30°. In special cases, a viewing angle of up to 50% is possible due to specific structural conditions in the vehicle.
- Possibility of simultaneous acoustic and visual output.
- The volume must be adjustable.
- Acoustic announcements (initial announcement, usually 2000 meters before a requirement or earlier) of upcoming requirements must not be reduced in volume.
- Brightness must be adjustable (to prevent glare).
- Differentiation between day and night mode.
- Adjustment of comfort functions during driving via touch function or simple keypress.
- Automatic "stand-by" mode during transport is to be excluded.
- For external monitors: Power supply and charging function via the vehicle's onboard network must be ensured.
- Sufficient computing power and memory as specified by the manufacturers of digital co-drivers.

3.1.4 Software Requirements

- Truck navigation software with up-to-date maps with a route (or multiple routes in the case of nationwide permits) that has been transferred to the current hardware in the heavy transport vehicle and in the escort vehicles.

Requirements for acoustic output:

- Announcement of requirements in German. Other languages are possible.
- Timely advance announcement of upcoming requirements/requirement areas (at least 2000 meters in advance).
- Distance-based announcement of requirements and distance to the next requirement area according to condition-specific regulations.
- Implementation of special announcement solutions for closely spaced requirement areas, where overlapping would occur due to the duration of the announcements.
- Location-specific announcement of the start and end of the requirement area with an accuracy of less than 10 meters.
- Complete muting of the acoustic announcement is only possible if a "wake-up announcement" (similar to traffic announcements) with sufficient volume is provided in the advance announcement area (>2000m).
- Navigation instructions and requirement content must be distinguishable semantically or acoustically. This can be achieved by avoiding the use of the same key terms (e.g., "turn right") or by using easily distinguishable voices.

Requirements for visual output:

- Text output in German. Other languages are possible.
- A minimum font size should be maintained so that the lowercase "m" is displayed at a viewing angle of 0.145°. Viewing angles of 0.17° are desirable if all text information can still be displayed.
- Continuous display of driving speed.
- Visualization of the next requirement area on the map view or the next requirement areas in the case of closely spaced condition areas. The requirement area must be visually highlighted in the displayed route.
- Visualization of the next requirements and traffic sign plans/regulation plans according to the VEMAGS decision.

3.1.5 Safety

- Existence of a procedure to ensure error-free transfer of the VEMAGS decision to the digital co-driver. Possible assurance of transmission security: Four-eyes principle.
- No operation during driving except for individual key presses (via hard keys or touch operation).
- The drivers are still responsible for complying with the requirements.
- Drivers are required to study the VEMAGS decisions before starting the journey.

3.1.6 Miscellaneous

- The original VEMAGS decision must be carried in paper form or on separate hardware digitally when driving with a digital co-driver.
- Digital co-drivers may also be approved for long-term permits.
- Digital co-drivers may also be approved for nationwide permits, provided the software is capable of meeting the corresponding requirements. Differences in hardware and software requirements are not discernible based on the current state of technical possibilities.

1 Einleitung 10

2 Aufgabenstellung und Vorgehen 10

3 Analyse der Güterbeförderung bei Großraum- und Schwertransporten 11

4 Sichtung von Abfragen der BASt an die Bundesländer 15

5 Analyse der Anforderungen und der Erfahrungsberichte aus dem Freistaat Bayern 33

6 Ableitung der Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer 40

7 Analyse der Funktionsweisen bereits bestehender Systeme von Digitalen Beifahrern 44

8 Expertenbefragungen und Evaluierung Digitaler Beifahrer im Einsatz 48

9 Anforderungskatalog für e-Beifahrer 70

10 Literatur 80

11 Anhang I 81

12 Anhang II Stellungnahme zum Thema verpflichtende Zertifizierung von Digitalen Beifahrern des TÜV Nord 84

13 Anhang III Hazard Analysis and Risk Assessment (HARA) für den Digitalen Beifahrer 84

14 Tabellenverzeichnis 88

15 Bilderverzeichnis 89

1 Einleitung

Großraum- und/oder Schwertransporte (kurz: GST) sind Fahrzeuge oder Fahrzeugkombinationen, bei denen beim Fahrzeug samt Ladung die gesetzlich zulässigen Maße und/oder Gewichte überschritten werden. Da GST die Straßen und Brücken über die ursprüngliche Bemessung oder über den aktuellen Erhaltungszustand hinaus beanspruchen und den restlichen Verkehr beeinträchtigen, bedarf es einer Sondererlaubnis, die nach Antrag in einem VEMAGS-Bescheid (Verfahrensmanagement für Groß- und Schwertransporte) erteilt wird. Die Bescheide enthalten eine Reihe von Auflagen, die in Allgemeine Auflagen (Anlage 1), Besondere Auflagen (Anlage 2) sowie Streckenauflagen (Anlage 3) unterteilt sind. Zu erheblichen Teilen schreiben sie das Verhalten des Transportes auf oder unter Brücken vor. Die möglichen Auflagen sind im *Auflagenkatalog der Richtlinie zum Antrags- und Genehmigungsverfahren für die Durchführung von Großraum- und/oder Schwertransporten* (RGST) verzeichnet und mit einer Kennnummer versehen. Die Richtlinie existiert seit 1992 und befindet sich z. Z. in der Überarbeitung. Die aktuelle Version ist die Version RGST 2013. Neben weiteren Auflagen, die z. B. Umleitungen, Fahrtzeiten, Absicherung durch Begleitfahrzeuge, etc. regeln, wird bei einigen Transporten von den Genehmigungsbehörden die Besondere Auflage Nummer 21 RGST 2013 (im Folgenden Auflage Nr. 21 genannt) aufgenommen: „*der zu begleitende Schwertransport ist mit einem Beifahrer zu besetzen, der die angeordneten Auflagen sowie die Auflagenbereiche über Funk an das Begleitfahrzeug übermittelt*“. Ergänzend ist dort vermerkt, dass diese Auflage bei mehr als 3 anderen bestehenden Streckenauflagen (Anlage 3 VEMAGS-Bescheid) erteilt werden soll.
Seit einigen Jahren gibt es von zwei Herstellern in Deutschland Assistenzsysteme auf dem Markt, die als „digitale“ Beifahrer als Ersatz für menschliche Beifahrer dienen können. Beide Systeme sind als reine Software realisiert, die jeweils auf kommerziellen Tablet-PCs arbeitet. Die Hersteller benennen ihre Systeme selbst als *e-Beifahrer*. Die Begriffe *Digitaler Beifahrer* und *e-Beifahrer* werden im Folgenden synonym und wechselnd verwendet.
Obwohl bundesweit noch nicht zugelassen, gibt es schon zahlreiche Erprobungsergebnisse – ermöglicht durch ein Pilotprojekt der Behörden in Bayern, wo seit 01.11.2021 auch Digitale Beifahrer zur Aufgabenerfüllung der Auflage Nr. 21 zugelassen sind. Inzwischen laufen entsprechende Erprobungsphasen auch in anderen Bundesländern. Zur Zeit der Berichtslegung (Sommer 2024) haben sich alle Bundesländer sowie die Autobahn GmbH dem Pilotbetrieb für Digitale Beifahrer bei Großraum- und Schwertransporten angeschlossen.

2 Aufgabenstellung und Vorgehen

Ziel des Projekts ist es, einen technischen Anforderungskatalog für den Einsatz eines Digitalen Beifahrers bei Großraum- und Schwertransporten zu erstellen. Hierfür sollen die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes solcher Systeme (als Ersatz des menschlichen Beifahrers) wissenschaftlich untersucht werden, um die notwendigen technischen Bedarfe im Hinblick auf eine adäquate Mensch-Maschine-Schnittstelle vor dem Hintergrund der Wahrung und Steigerung der Verkehrssicherheit zu definieren. Aufgabe im Forschungsprojekt war die wissenschaftliche Untersuchung, in wie weit die Aufgaben eines menschlichen Beifahrers durch die Benutzung eines Digitalen Beifahrers abgedeckt sind und welche Nach- oder Vorteile in Hinblick auf den Erfüllungsgrad der Auflagen einerseits und auf die Verkehrssicherheit andererseits entstehen. Weiterhin

sollten in dem Projekt Bedingungen an das Erscheinungsbild, die Funktionalität, die Hardware und die Sicherstellung der Übertragung aus den VEMAGS-Bescheiden erarbeitet werden.
Neben einer umfangreichen Dokumentenanalyse bilden Befragungen und Beobachtungen den Schwerpunkt der Arbeiten im Projekt. Analysiert wurden rechtlich bindende Regelungen, Regelwerke, erläuternde Literatur, Rückläufe der Erfahrungen des Pilotprojektes in Bayern und von Ergebnissen aus Befragungen, die die BASt in den Bundesländern zum Thema Digitaler Beifahrer initiiert hatten. Es wurden Interviews mit Fahrern und Speditionen, mit Behördenvertretern und den Herstellern der Digitalen Beifahrer durchgeführt. Durch Mitfahrten in Schwertransporten mit gleichzeitigen Befragungen – sowohl im Führerstand des Schwerfahrzeugs, als auch bei Begleitfahrzeugen (BF3, BF3+, BF4) – wurden eigene Erfahrungen und Erkenntnisse im praktischen Einsatz gesammelt. In mehreren Workshops mit Experten wurden die Bedingungen abgeleitet, die an Hard- und Software sowie an die Benutzung der Digitalen Beifahrer gestellt werden sollen. In einer Wahrnehmungsstudie während eines Feldversuchs wurden ergänzende Bedingungen an die Systeme bezüglich Parameter der Systeme evaluiert, die mit der visuellen Wahrnehmbarkeit verknüpft sind.
Das Projekt wurde von der HFC Human-Factors-Consult GmbH in Zusammenarbeit mit dem TÜV Nord durchgeführt.

3 Analyse der Güterbeförderung bei Großraum- und Schwertransporten

Ziel der Analyse war es, die Rahmenbedingungen zur Durchführung von Großraum- und Schwertransporten zu beschreiben. Dabei wurde sowohl die bisherige Praxis mit einem menschlichen Beifahrer beleuchtet als auch die erforderlichen technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz eines Digitalen Beifahrers geprüft.

3.1 Analyse der Rahmenbedingungen

Abgeleitet aus vorhandenen Dokumenten (z. B. RGST 2013) zur Güterbeförderung bei Großraum- und Schwertransporten wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen und die Vorgehensweisen in den dazugehörigen Antrags- und Genehmigungsverfahren gesichtet und zusammengefasst. Dabei wurden in Zusammenarbeit mit Speditionen punktuell Anträge und Auflagen nach Genehmigung gesichtet und bewertet. Ein besonderer Schwerpunkt lag in der Analyse der Aufgaben und Qualifikationen des menschlichen Beifahrers sowie der Rolle des Begleitfahrzeugs.
Die relevanten rechtlichen Grundlagen für den Einsatz von Schwertransporten und speziell für den Einsatz eines menschlichen Beifahrers sind § 29 Absatz 3 der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), die Regelungen zu § 29 in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) und die schon erwähnten RGST 2013. Während die Möglichkeit einer Beifahrer-Auflage in der StVO gar nicht und in der VwV-StVO zu § 29 nur beiläufig (Rn. 120) erwähnt sind, finden sich die entscheidenden Passagen in den RGST. Dort finden sich mit dem Auflagentext und dem Anwendungsbereich der Besonderen Auflage Nr. 21 die wesentlichen Regelungen zum Einsatz eines menschlichen Beifahrers. Zusammenfassend ergeben sich daraus folgende explizite und implizite Anforderungen an einen menschlichen Beifahrer und damit gleichzeitig nicht verlangte – jedenfalls nicht explizit verlangte – Fähigkeiten:

3.2 Aufgaben und geforderte Fähigkeiten menschlicher Beifahrer nach Auflage Nr. 21 Teil IV RGST 2013

Anforderungen:	- muss der deutschen Sprache mächtig sein[1]. - Ein Nachweis des Vermögens, VEMAGS-Bescheide interpretieren zu können, ist nicht notwendig. - Ein Nachweis der Fähigkeit, mit nicht Deutsch sprechenden Fahrern kommunizieren zu können, ist nicht vorgeschrieben.
Aufgaben:	1. Studium des VEMAGS-Bescheids, insb. Anlage 3. 2. Beobachtung der Kilometrierung zur Prädiktion des Orts mit nächster Auflage. 3. Visuelle Identifikation des mit Auflage belegten Auflagenbereichs (in der Regel ein Bauwerk). 4. Rechtzeitige Ankündigung von Ort und Inhalt der Auflage an Begleitfahrzeuge (mit letzteren über Funk) 5. Die Ankündigung von Ort und Inhalt der Auflage an Fahrer oder Fahrerin ist explizit nicht vorgeschrieben (siehe Diskussion unten)

Wörtlich steht in der von den Genehmigungsbehörden geforderten Erfüllung der Auflage Nr. 21 RGST wie schon erwähnt: „*der zu begleitende Schwertransport ist mit einem Beifahrer zu besetzen, der die angeordneten Auflagen sowie die Auflagenbereiche über Funk an das Begleitfahrzeug übermittelt*“. Ergänzend ist dort vermerkt, dass diese Auflage bei mehr als drei bestehenden anderen Auflagen erteilt werden soll, was im Umkehrschluss bedeutet, dass bei Fahrten mit weniger als vier Auflagen auf einen Beifahrer verzichtet werden kann. Die RGST ist z. Z. (2024) in der Bearbeitung. Im Entwurf gibt es nur geringfügige Änderungen – insbesondere die Wahl des Kommunikationsmittels und die Dauer der Besetzung betreffend: „*Der zu begleitende Schwertransport ist auf der gesamten Strecke mit einem Beifahrer zu besetzen, der die angeordneten Auflagen sowie die Auflagenbereiche über ein geeignetes Kommunikationsmittel an die Begleitung übermittelt*“. Zusätzlich ist eine abgewandelte Formulierung vorgesehen, mit der auf bestimmten genannten Teilstrecken ein Beifahrer angeordnet wird.
Die Auflage 21 thematisiert nur die Übermittlung von Informationen an das Begleitfahrzeug. Wie der Fahrer oder die Fahrerin die Informationen über die Auflagen erhält, wird nicht thematisiert. Es scheint so zu sein, dass der Zusatz „Kommunikation an

[1] In den RGST steht die generelle Auflage, dass während des Transports eine Person beteiligt sein muss, die der deutschen Sprache mächtig sein soll. Außerdem sind die Bescheide auf Deutsch verfasst und auch die Kommunikation mit der Polizei geschieht i. d. R. auch auf Deutsch. Allerdings kann man sich die Konstellation vorstellen, dass es eine rein ausländische Besatzung von GST und Begleitfahrzeugen mit entsprechend übersetztem VEMAGS-Bescheid gibt, und ein Mitglied ist zusätzlich des Deutschen mächtig.

den Fahrer“ bei der Formulierung unabsichtlich ausgelassen wurde, weil man davon ausging, dass der Fahrer die Kommunikation automatisch mithört. Dies ist aber nur bei verbaler Kommunikation möglich. Der Entwurf der RGST (2024) lässt auch digitale Kommunikationsmittel zu, die im Führerhaus nicht automatisch wahrnehmbar sind. Für diesen Fall gibt es kein „Mithören“ und die Übertragung an die fahrende Person müsste separat geregelt werden.
Das Ziel der Einführung eines menschlichen Beifahrers war wahrscheinlich aus der Erkenntnis erwachsen, dass das Lesen der fahrenden Person in einem mehrere Seiten langen Auflagenkatalog möglicherweise sicherheitsgefährdend sein könnte. Nach Auskunft älterer interviewter Fahrer (siehe Kapitel 8.1) war zum Zeitpunkt der Erstellung der RGST die durchschnittliche Anzahl von Auflagen pro Transport allerdings noch so gering, dass vier Auflagen offensichtlich schon als viel galten. Unter anderem im Zuge eines zunehmenden Bewusstseins über die Notwendigkeit, Brückenbauwerke vor übermäßigen Belastungen schützen zu müssen und/oder der zunehmenden Zahl von nur noch eingeschränkt und unter klaren Vorgaben mit Schwertransporten befahrbaren Brücken in Deutschland ist die Zahl der Auflagen pro Transport drastisch gestiegen. In Interviews mit Fahrern wurde von Fahrten mit über 300 Auflagen berichtet (siehe Kapitel 8.1).
Trotz der Anweisung in den RGST, ab 4 Auflagen in einer Fahrt die Auflage Nr. 21 zu setzen, weicht die heute von den Bewilligungsbehörden gelebte Praxis teilweise davon ab. Aus Interviews mit Speditionen und Fahrern (siehe Kapitel 8.1) ergab sich in der Vergangenheit eine geschätzte Rate von nur 4 %-8 % der Fahrten mit mehr als 3 Auflagen, bei denen auch ein Beifahrer vorgeschrieben war. Bei der Befragung von Fahrern stellte sich heraus, dass diese Fahrer von Schwertransporten auch schon Fahrten mit sehr vielen Auflagen (bis zu 300) ohne menschliche Unterstützung durchführen mussten.
Befragungen bei den Speditionen ergaben weiterhin, dass von Fahrern und Spediteuren bisher keine Systematik erkannt wurde, wann von Behördenseite die Auflage Nr. 21 RGST gesetzt wurde (siehe Kapitel 8.1). Auch durch weitere Recherchen konnten keine zusätzlichen Ausführungsbestimmungen neben denen der in der RGST verschriftlichten identifiziert werden. Das legt den Schluss nahe, dass bei der Frage, ob die Auflage Nr. 21 RGST gesetzt oder nicht gesetzt wurde, ein großer Zufallsanteil auf Grund der heterogenen Maßstäbe der vielen hundert Erlaubnis- und Genehmigungsbehörden in Deutschland vorhanden ist.
Allerdings zeigt die Expertenbefragung in Kapitel 8.1, dass der Prozentsatz der Fahrten mit gesetzter Auflage 21 ab ca. 2023 stark gestiegen ist und noch steigt.
Das Besetzen eines GST mit einer zusätzlichen Person ist für die Speditionen mit Kosten verbunden. Die Speditionen sind deshalb bestrebt, die Kosten für einen menschlichen Beifahrer möglichst gering zu halten. Da die RGST außer der Kenntnis der deutschen Sprache keine spezifischen Anforderungen an die Qualifikation der menschlichen Beifahrer stellen, wird nach Auskunft der interviewten Speditionen von den Speditionen häufig versucht, möglichst kostengünstige Beifahrer einzusetzen. Bei Interviews wurde beispielsweise der Einsatz von Rentnern oder der Einsatz von Lehrlingen berichtet. Teilweise werden die Beifahrer auch nur für bestimmte Streckenabschnitte, bei denen die Auflage Nr. 21 gesetzt ist, eingekauft. Diese steigen dann vor den entsprechenden Streckenabschnitten zu und am Ende des Abschnittes aus. Kosten entstehen dann auch für die Sicherstellung des Transports der Beifahrer. Generell werden die menschlichen

Beifahrer nur für die Ansage der Auflagen in Anlage 3[2] am jeweiligen Auflagenbereich[3] eingesetzt. Die anderen Auflagen der VEMAGS-Bescheide müssen von den Fahrern(innen) im Vorfeld der Fahrt gesichtet werden. Deren Einhaltung (z. B. Einhaltung von Fahrtzeiten) ist alleinige Aufgabe der Fahrer.
Die Aufgaben des Beifahrers sind wie erläutert relativ gering. Bei großen Entfernungen zwischen zwei Auflagen müssen die Beifahrer außer der Beobachtung der Kilometrierung nichts Weiteres machen. Die Monotonie in der Aufgabe in Verbindung mit einer späten Nachtzeit zwischen 00 und 04 Uhr führt zu berichtetem häufigen Einschlafen der Beifahrer (siehe Kapitel 8.1). Nach subjektivem Empfinden einiger befragter Fahrer schlafen 50 % bis 100 % der Beifahrer während einer Nachtfahrt – zumindest kurz – einmal ein. Tatsächlich ergab sich bei der Auswertung von 20 Fahrern (Kapitel 8.1) ein Mittelwert von 30 % schlafenden Beifahrern. Ein interviewter Fahrer berichtete von einem Beifahrer, der die halbe Nacht geschlafen habe.
In der Tat ist die Aufgabe eine typische, wissenschaftlich intensiv untersuchte, monotone Tätigkeit, die bei fehlender intrinsischer Motivation, wie sie der Beifahrer hat, relativ schnell und häufig zum Einschlafen führt. Ähnliche Befunde gibt es reichlich im Rahmen von Untersuchungen zu Müdigkeit durch Monotonie in Fahrsimulatoruntersuchungen bei Nacht- bzw. Dunkelfahrten (ROSE; 2006).
Zusammenfassend kann man sagen, dass die bei Einführung des menschlichen Beifahrers in den RGST intendierte Entlastung des Fahrers in der heute feststellbaren Praxis wohl nur eingeschränkt erfüllt ist. Ein Grund dafür liegt darin, dass in der RGST keine „Qualitätsanforderungen“ an die menschlichen Beifahrer formuliert sind. Die Ergebnisse der Befragungen und der Experteninterviews zeigen, dass es bei menschlichen Beifahrern eine nicht unerhebliche Quote von Fehlern gibt, die von den Fahrern abgefangen werden.

3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen für den Einsatz eines Digitalen Beifahrers

Der Einsatz eines Digitalen Beifahrers als Ersatz eines durch Auflage Nr. 21 RGST vorgeschriebenen menschlichen Beifahrers war bisher nicht bundesweit zulässig. Die Genehmigungen sind Ländersache. In einem mehrmals verlängerten Pilotprojekt in Bayern (01.11.2021 bis 31.10.2024) wurde die Möglichkeit eröffnet, statt eines menschlichen Beifahrers einen Digitalen Beifahrer einzusetzen. Zwischenzeitlich hatten sich weitere Länder mit Erlassen zu Pilotversuchen angeschlossen. Inzwischen (Sommer 2024) sind alle Bundesländer und die Autobahn GmbH einer Aufforderung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr gefolgt und werden den Einsatz unter einheitlichen Bedingungen im Rahmen einer bundesweiten Erprobung zulassen.

3.4 Einbindung eines Digitalen Beifahrers in die Fahrzeuginnenstruktur und Stromversorgung

Die bekannten Realisierungen Digitaler Beifahrer sind ausschließlich als Software, ohne eigene Hardware realisiert. Die Hardware besteht aus kommerziellen, tragbaren Flachrechnern in leichter Ausführung mit einem Touchscreen, jedoch ohne ausklappbare mechanische Tastatur (Tablet-PC). Eine bestimmte Bildschirmgröße ist bisher noch nicht

[2] Und eventuell in Auflage Nr. 36 und in weiteren Anhängen, die als Pdf-Dateien lokaler Behörden angehängt sind.
[3] Mit Auflagenbereich ist Anfang und Ende eines befahrenen Streckenverlaufs gemeint, innerhalb dessen die jeweilige aktuelle Auflage gilt, also beispielsweise der Streckenbereich einer unter- oder überfahrenen Brücke.

vorgeschrieben. Ein Ziel der Wahrnehmungsstudie (Kapitel 8.3) war es, wissenschaftlich fundierte Vorschläge dafür abzuleiten.
Die Tablet-PC werden mit handelsüblichen Befestigungselementen in guter Sichtbarkeit für den Fahrer angebracht. In allen bisher analysierten Fällen war dies auf oder in der Nähe der Mittelkonsole der Fall. Die Tablet-PC arbeiten alle mit einer Stromversorgung durch die eingebauten, wiederaufladbaren Batterien (Akkubetrieb). Während der Fahrt besteht in der Regel eine dauernde Verbindung zu einem bestehenden Stromausgang des Bordnetzes, über das die Batterie permanent aufgeladen wird. Eine zeitweise Abkopplung vom Ladekabel hat keinen Einfluss auf die Funktionalität des Digitalen Beifahrers. Die wiederaufladbaren Batterien haben durchgängig mehrere Stunden Laufzeit.
Generell wäre die Realisierung eines Digitalen Beifahrers auch auf einer eigenen, separaten Hardware möglich. Befragungen bei mehreren Herstellern von Zusatzgeräten im Automobilbereich haben allerdings ergeben, dass dies – zumindest für Deutschland – angesichts der damit verbunden Entwicklungskosten einerseits und dem relativ kleinen Markt der Schwertransporte äußerst unwahrscheinlich ist. Dennoch ist es nicht auszuschließen, dass beispielsweise Hersteller von Navigationssystemen als weitere Hersteller auf dem Markt erscheinen würden. Diese könnten dann auf vorhandener, selbst entwickelter Hardware operieren. Da aber zur Zeit der Bearbeitung des Projektes keine solchen Systeme auf dem Markt existierten, wurden Systeme mit eigener Hardware aus den weiteren Überlegungen ausgeschlossen.

4 Sichtung von Abfragen der BASt an die Bundesländer

Die BASt hat die Bundesländer hinsichtlich der Tätigkeiten eines Beifahrers und bezüglich einer potentiellen Übernahme dieser Aufgaben befragt. Die Befragungen beinhalten auch Vor- und Nachteile eines technischen Systems, der rechtlichen Verbindlichkeit der Kenntnisgabe der Auflagen und weiterer Faktoren. Zum Zeitpunkt der Abfrage waren allerdings nur geringe Erkenntnisse über die Funktionsweise von e-Beifahrern vorhanden. Die Antworten aus den Ländern müssen deshalb vor diesem Kontext bewertet werden. Die Antworten waren als Informationsquelle aber dennoch wertvoll, da die Fragen auch auf die Aufgaben/Tätigkeiten des menschlichen Beifahrers (als Vergleichsbasis) abzielten. Diese Befragungen wurden gesichtet und ausgewertet. In den folgenden Tabellen sind die Fragen aufgelistet und in der rechten Spalte auf Basis der RGST, der Analyse bestehender elektronischer Beifahrer und der explorativen Befragungen zu Beginn des Projektes kommentiert.

Legende

✓	Originäre Hauptanforderung aus RGST gemäß Text
✗	**Keine** Aufgabe des menschlichen Beifahrers nach RGST gemäß Text
☑	Nach Ansicht der AN korrekte Aussage
☒	Nach Ansicht der AN nicht korrekte Aussage
?	Bemerkung ist unverständlich

Tabelle 4.1: Frage: Welche einzelnen Tätigkeiten führt ein menschlicher Beifahrer aus? Bitte nennen Sie alle Tätigkeiten, die zu leisten sind.

Welche einzelnen Tätigkeiten führt ein menschlicher Beifahrer aus? Bitte nennen Sie alle Tätigkeiten, die zu leisten sind

Antworten aus den Ländern	Bewer-tungen	Kommentar
Art der Tätigkeit/Fähigkeit		
Kenntnis der Inhalte des Erlaubnisbescheides und des Transportweges des Großraum- oder Schwertransportes (GST)	✓	
Wahrnehmung von Überwachungs- und Informationsaufgaben (auditiv und visuell) während der Fahrt, auch Müdigkeitswarnung	✘	
Beachtung von Wegstreckenpunkten (Streckenkilometrierung, Bauwerke)	✓	Originäre Aufgabe zur Erfüllung der Hauptaufgabe nach RGST.
Kontrolle von Zeitvorgaben	✘	Die RGST beschreibt keine Kontrolle der Zeitvorgaben als Aufgabe des Beifahrer.
Abgleich Inhalt und Auflagen im Bescheid zum jeweiligen Standort des Transports, Umsetzung/Ansage der Fahrauflagen	✓	Richtig bis auf „Umsetzung“
Entlastung, Vermeidung von Ablenkung des Fahrzeugführers GST vom Verkehrsgeschehen bei mehr als vier Fahrauflagen	✓	Implizite Wirkung nach Erfüllung der Hauptaufgabe
rechtzeitige Übermittlung (i. d. R. 200 m vorher) von Fahrauflagen an den Fahrzeugführer Begleit-Fzg (BF) per Funk	✓	
Vorausschauende Beobachtung und Einschätzung der Verkehrslage, des Streckenverlaufs, Schutz der Straßen- und Brückeninfrastruktur	✘	unklar, was mit der Aufgabe „Schutz der Straßen- und Brückeninfrastruktur“ gemeint ist.
Kontrolle und Beobachtung der Rundumsicht unter Berücksichtigung der Maße von Fahrzeug und Ladung sowie Kontrolle der Ladung	✘	
Unterstützung des Fahrers des Schwertransportes bei außergewöhnlichen Problemen (Gefahrenstellen, Wetterlagen, etc.)	✘	

Kommunikation mit Polizei, Deutsche Bahn, Servicefirmen, etc.	✘	
Übersetzung von Auflagen, Hinweisen in Landessprache der Fahrzeugführer	✘	
Hilfestellung bei Rückwärtsfahrten/Einweisen des Fahrzeugführers GST z. B. bei Unterfahrungen	✘	
Orts-/Streckenkundigkeit oder ggf. Vorbereitung zum Streckenverlauf	✘	Wäre aber sinnvoll
Funktion eines „Transportführers“	✘	Transportführer ist der Fahrer (außer in Ausnahmefällen von Verbänden).
Resultierende Anweisungen an den Fahrzeugführer GST		
Veranlassung von Spurwechseln	✘	
Geschwindigkeits-, Positions-, Abstandsanpassung (nach vorne)	✘	
Verkehrsbeobachtung, Mitteilung von Änderungen, Gefahren, Wetterdaten	✘	
Resultierende Anweisungen an die Fahrzeugführer des/der BF		
Angabe zur Auswahl des Verkehrszeichens	✓	
Vorgabe des zu nutzenden Fahrstreifens, der Fahrposition	✓	
Sonstiges/Hinweise		
Der Verzicht auf einen Beifahrer hat sich bewährt und es können dadurch keine Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit und der Infrastruktur verzeichnet werden.	Die Fahrer klagen über zu hohe Belastungen bei Fahrt mit vielen Auflagen. Die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit ist in der Tat nicht an Unfallzahlen ablesbar. Eine Minderung der Verkehrssicherheit ist dennoch aus theoretischen Betrachtungen heraus wahrscheinlich. Die Fahrer-Befragungen (8.1) haben gezeigt, dass die Unterlassungsrate (nicht eingehaltene Auflagen) bei (richtiger) Beifahrerunterstützung geringer ist und damit auch die Beeinträchtigung der Infrastruktur geringer ist. Am geringsten ist die Unterlassungsrate bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer (siehe Bild 8.14).	
Angesichts des Fehlens rechtlicher und fachlicher Anforderungen an den Beifahrer ist nur die Anwesenheit des Beifahrers nicht aber die	. ☑	Das ist in der Tat der Fall und wurde oben schon kommentiert.

Aufgabenerledigung durch den Beifahrer kontrollierbar		

Tabelle 4.2: Frage: Welche einzelnen Tätigkeiten eines menschlichen Beifahrers können durch einen Digitalen Beifahrer übernommen werden?

Welche einzelnen Tätigkeiten eines menschlichen Beifahrers können durch einen Digitalen Beifahrer übernommen werden?		
Antworten aus den Ländern	**Bewer-tungen**	**Kommentar**
Art der Tätigkeit/Fähigkeit		
alle – ausgenommen die Beobachtung des tatsächlichen Verkehrs und die Berücksichtigung dessen bei der Einleitung gebotener Maßnahmen.	☑	Da letzteres keine Aufgabe für menschliche Beifahrer ist, wäre der Umkehrschluss „alle“. Allerdings übernimmt der Digitale Beifahrer keine Kommunikationsaufgaben. Bei gleichzeitiger Fahrt aller beteiligter Fahrzeuge mit derselben Variante eines Digitalen Beifahrers kann man aber von einer „impliziten Kommunikation“ sprechen, die über die Gleichheit der fahrtspezifischen Inhalte von GST und Begleitfahrzeug realisiert ist.
Nur helfende Aufgaben, keine vollumfängliche Übernahme möglich, keine situative Unterstützung	?	Es ist nicht völlig klar, was mit „vollumfängliche Übernahme“ gemeint ist. Es hat den Anschein, dass dies Aufgaben sind, die wie in Tabelle 4.1 erläutert irrtümlich als Aufgaben eines menschlichen Beifahrers angesehen werden.
Übermittlung der Auflagen, Einschränkungen, Beschränkungen und Fahranweisungen entsprechend den Kilometrierungen sowie die Fahrtwegkontrolle, nur mittels GPS und nicht visuell	☑, ?	Dies sind tatsächlich die Tätigkeiten, die von einem Digitalen Beifahrer übernommen werden können. Die Einschränkung „nicht visuell“ deutet darauf hin, dass die bestehenden Systeme keine Erkennung auf Basis von Bildauswertealgorithmen realisieren. Es ist nicht klar, ob dieser Zusatz als Kritik gemeint ist.
Beachtung von Vorgaben für die Fahrt und Übermittlung von Auflagen sowie die jeweiligen Bereiche entlang der Strecke über Funk an das BF	☑	Das erste ist wesentliche Aufgabe der Digitalen Beifahrer. Der zweite Teil wäre auch eine Aufgabe, abgeleitet aus dem Wortlaut der RGST. In den bestehenden Realisierungen würde dies dadurch gelöst, dass das/die BF alle auch einen synchron agierenden Digitalen Beifahrer besitzen und damit alle notwendigen

		Informationen nicht nur verbal, sondern auch visuell dargeboten bekommen (siehe Vorschlag in Kapitel 9.2).
Einhaltung der genehmigten Fahrtstrecke sowie Routenführung, Übermittlung und Einhaltung der behördlichen Auflagen, ggf. Übermittlung der Auflagen an Begleitfahrzeug, Fahrerentlastung	☑ ☒	Die Einhaltung der Fahrtstrecke ist Aufgabe der Fahrer. Die bestehenden Digitalen Beifahrer warnen aber bei Verlassen der genehmigten Fahrtstrecke. Der zweite Teil wurde schon kommentiert.
Streckenkontrolle durch Navigationssystem, Erkennen der Auflagenbereiche	☑	
Durch geobasierte Zeit- und ortsgenaue Kenntnisgabe der angeordneten Auflagen Übernahme fast alle Tätigkeiten eines menschlichen Beifahrers theoretisch möglich	☑	
Nur „Wiedergabe- und Unterstützungsfunktion“	?	
optische und akustische Wiedergabe der genehmigten Fahrstrecke und Fahrauflagen/-hinweise bei hinreichend präziser Lokalisierung per GPS	☑	Außerorts liegt die Genauigkeit von GPS bei ca. 10 Meter. Dies ist für die Beifahreraufgabe, die allein in der Vorankündigung und Hinweisung liegt, völlig ausreichend.
Resultierende Anweisungen an den Fahrzeugführer GST		
Geschwindigkeits-, Abstandsanpassung	(☑)	
Vorlesen des Bescheides und seine Bedingungen und Auflagen	(☑)	Die Bescheide sind in der Regel wesentlich mehr als der Teil mit den fahrtrelevanten Auflagen. Reines Vorlesen wäre zu wenig. Zu den Aufgaben des Digitalen Beifahrers gehört auch die richtige Interpretation der Bescheide, sowie Vorankündigen.
Unterstützung bei der Spurhaltung	☒	Keine Aufgabe, weder für den menschlichen Beifahrer, noch für den digitalen.
Mitteilung der Fahrposition	(☑)	Korrekt, wenn damit „Mitteilung der Fahrposition laut Auflage“ gemeint ist.
Resultierende Anweisungen an die Fahrzeugführer des/der BF		
Weitergabe von Informationen an das BF (Verkehrszeichen, Position)	☑	Korrekt

Durchsage von Sperrungen, Umleitungen, Wetterbedingungen und Infrastrukturdaten. (Brückenhöhen, Steigungen, Gefälle, usw.)	☒	Keine Aufgabe, weder für den menschlichen Beifahrer, noch für den digitalen in seiner jetzigen Zielsetzung. Mögliche Erweiterungen sind für die Zukunft aber durchaus denkbar.
Technische Umsetzung und Anforderungen an das System		
Verpflichtender Verbau des Systems in der Fahrerkabine des GST und in den BF	☑	Siehe Kapitel 9.2
Kommunikationsmöglichkeit zwischen den Systemen GST und BF	☒	Eine Kommunikation ist nicht notwendig, da die gemeinsame Basis die Georeferenzierung ist. Absprache von möglichen Korrekturen ist nicht notwendig, da Abweichungen von den genehmigten Verläufen nicht erlaubt sind.
Festlegung eines einheitlichen Formates für die umzusetzenden Auflagen (einschl. der diesen zugeordneten Wege-/Streckenpunkte und Texte) in chronologischer Auflistung entsprechend dem Fahrweg (notwendige Bedingung)	☒	Ein einheitliches Format ist zur Umsetzung eines Digitalen Beifahrers, der die Aufgaben eines menschlichen Beifahrers übernimmt, nicht notwendig. Ebenso nicht die Auflistung aller Auflagen. Tatsächlich sind die Auflagen aber intern weggeordnet abgespeichert.
Positionsbestimmung durch Satellitennavigation	☑	Unbedingt erforderlich
Georeferenzierte Angaben zu Länge und Lage von Bauwerken müssen im Navigationsmodul des Systems abgelegt sein	☑	
Zugänglichkeit zu aktuellen Infrastrukturdaten (Brückenhöhen, Steigungen, etc.)	☑	
Standortabhängige, akustische und optische Mitteilung von (Strecken)-Auflagen, Warnungen/Hinweisen	☑	
Implementierung von aktuellen Meldungen aus dem Verkehrswarndienst	☒	Ist für den Fahrer und BF-Fahrer interessant, für die Aufgabe des Digitalen Beifahrers aber nicht notwendig.
Keine Ablenkung des Fahrers [des BF] bezgl. Position, Größe, Lautstärke und Bedienung des Anzeigegerätes (z. B. Sprach- statt berührungssensitiver Steuerung)	☑	In bestehenden Systemen ist während der Fahrt keine Eingabe notwendig.

Kennzeichnung von Auflagen, die nicht Teil der RGST Anlage 3 sind	?	Unklar, wofür
Schnittstelle zu VEMAGS[-INS-Modul]	☒	Ist für erfolgreiche Implementierung eines Digitalen Beifahrers nicht notwendig.
Mehrsprachlichkeit der Software (Sprachmodul)	☒	Ist keine Anforderung an einen menschlichen Beifahrer. Wenn technisch möglich, würde das aber einen Mehrwert darstellen.
Kontinuierliche Energieversorgung des Systems (kein Stand-By)	☑	Korrekt
Keine Möglichkeit einer Stummschaltung/Deaktivierung	☒	Die Befragung von Fahrern und die Auswertung aus dem Expertenrat ergab, dass eine Stummschaltung bis zu einem bestimmten Grad erlaubt werden sollte. Eine Deaktivierung oder anderweitige Boykottierung (z. B. Überkleben der Darstellung, Abschalten des PC), ist technisch nicht auszuschließen. Dies erscheint aber vor dem von den interviewten Fahrern (siehe Kapitel 8.1) einstimmig geäußerten Wunsch mit den Systemen zu fahren unwahrscheinlich.
Back-Up Lösung bei Systemausfall	☑	Sinnvolle Forderung. Wird durch den ausgearbeiteten Vorschlag (Kapitel 9.2) durch das gleichzeitige Vorhandensein mindestens zweier Systeme (im GST und im BF) realisiert.
Speicherung der Umsetzung der Auflagen in einer „Blackbox“ (Event Recorder?)	☒	Würde zusätzlicher Sensorik bedürfen. Nur schwer für alle Auflagen technisch umsetzbar. Es gibt eventuelle datenschutzrechtliche Bedenken. Die Bearbeitung dieser Frage war nicht Gegenstand der Studie.
Simulationsmöglichkeit der gesamten genehmigten Strecke mit allen Auflagen vor dem Transport zur Vorbereitung aller Beteiligten einschließlich Fahrzeitsimulation zur Unterstützung von Entscheidungen zur Einhaltung der Ruhezeiten, evtl. auch zukünftig in Verbindung mit einem Parkplatzbewirtschaftungssystem.	☒	Sinnvoll, aber nicht unbedingt zur Erfüllung der Aufgabe, einen menschlichen Beifahrer zu ersetzen, notwendig.
Sonstiges/Hinweise		

Soll Digitaler Beifahrer den menschlichen ersetzen, ergänzen oder über dessen Aufgaben hinausgehen?	?	Gute Frage. Bisherige Systeme gehen darüber hinaus, indem sie im Schnitt fehlerfreier operieren und neben akustischen Ansagen auch visuelle Anzeigen enthalten, die noch einen wesentlich höheren Informationsgehalt vermitteln.
Haftungsfragen und Verantwortlichkeiten von Personen müssen geklärt werden	☑	Sind geklärt. Der Fahrer ist rechtlich verantwortlich.
In Anbetracht der Nachteile erscheint derzeit der Einsatz eines Digitalen Beifahrers eher ergänzend bzw. unterstützend	☒	Nachteile wurden nicht genannt. Bisher sind nur Vorteile bekannt. Der Aussage wird deshalb nicht zugestimmt.
Sinnvolle Ergänzung, vollständiger Ersatz des menschlichen Beifahrers nur bei GST mit geringer bis mittlerer Maßüberschreitung	☒	Einschränkung des Einsatzes ist aus den Aufgaben und Fähigkeiten des Digitalen Beifahrers nicht begründet.

Tabelle 4.3: Frage: Welche der Auflagen gemäß RGST sollten vom Digitalen Beifahrer grundsätzlich übernommen werden?“

Welche der Auflagen gemäß RGST sollten vom Digitalen Beifahrer grundsätzlich übernommen werden?		
Antworten aus den Ländern	**Bewer-tungen**	**Kommentar**
Anweisung an Fahrzeugführer		
„navigationsmäßige“ Angabe des festgelegten Fahrtwegs	☑	Eigentlich nicht originäre Aufgabe eines menschlichen Beifahrers und deshalb eigentlich auch nicht des digitalen. In der Praxis ist es aber realisiert. Manche Fahrer fahren noch nach einem separaten Navigationssystem
Einhaltung des vorgegebenen Fahrtwegs	☒	Die Systeme halten keinen Fahrtweg ein, sie sorgen aber dafür, dass dieser eingehalten wird.
Ankündigung von Teilstrecken mit privater Transportbegleitung; Kommunikation mit privater Transportbegleitung	☒	Eine Kommunikation ist nicht notwendig, da die gemeinsame Basis die Georeferenzierung ist. Absprache von möglichen Korrekturen ist nicht notwendig, da Abweichungen von den genehmigten Verläufen nicht erlaubt sind.
Ankündigung von Abschnitten mit polizeilicher Begleitung	☑	
Ansage eines bevorstehenden Auflagenbereichs mit	☑	

Auflageninhalt und Handlungsanweisung		
Ansage konkreter Fahrverhaltensanweisungen	(☑)	Soweit die die Einhaltung der Auflagen betreffen
Einhaltung vorgegebener Fahrtzeiten (ggf. abschnittsbezogen)	☒	Nicht originäre Aufgabe eines menschlichen Beifahrers und deshalb auch nicht des digitalen.
Anweisung an Begleitfahrzeug		
Kommunikation mit Fahrzeugführer GST	☒	Eine Kommunikation ist nicht notwendig, da die gemeinsame Basis die Georeferenzierung ist.
Übermittlung eines bevorstehenden Auflagenbereichs mit Auflageninhalt und Handlungsanweisung	☑	
Anzeige des vorgegebenen Bildes der WVZ-Anlage	☑	Ist aus den Aufgaben des menschlichen Beifahrers nicht ableitbar, wird bei den bestehenden Systemen aber gemacht.
Ansage konkreter Fahrverhaltensanweisungen	(☑)	soweit sie Auflagen betreffen
Einhaltung des vorgegebenen Fahrtwegs	☒	Die Systeme sorgen dafür, dass Fahrtwege eingehalten werden. Die Einhaltung ist Aufgabe der fahrenden Person.
Sonstiges/Hinweise		
Es wird eingeschätzt, dass die Auflagen gemäß Nr. 21 nicht vollumfänglich durch einen „Digitalen Beifahrer“ wahrgenommen werden können.	☒	Einschränkungen gibt es nur bezüglich der Vorgabe der RGST zu einer Sprechfunkkommunikation. Diese wird durch die Redundanz der Systeme im BF ausgeglichen.
Nur die Streckenauflagen, nicht die allgemeinen Auflagen können durch den elektronischen Beifahrer übernommen werden.	(☑)	Das ist korrekt. Allerdings ist die Übernahme der allgemeinen Auflagen auch nicht Aufgabe der menschlichen Beifahrer.
Soll/kann die Kommunikation bei Polizeibegleitung ebenfalls berücksichtigt werden?	?	Frage unklar
Vom Digitalen Beifahrer soll keine Auswahl von Auflagen übernommen werden, sondern dieser soll die Fahrzeugführenden mittels rechtzeitiger und ortsgenauer akustischer und optischer Wiedergabe aller Auflagen unterstützen. Der Digitale Beifahrer ist jedoch anders als ein menschlicher Beifahrer nicht mit	(☑)	Ein menschlicher Beifahrer ist nie „Transportführer“

einem „Transportführer“ gleichzusetzen.		
Über die hier gegenständliche Befassung mit der Auflage 21 der RGST hinaus wäre es denkbar, dass die Fahrtunterbrechungen vorgeplant werden könnten und hier zukünftig hinsichtlich der Parkplatzauslastungen Informationen eingeholt und dargestellt werden könnten, um die Einhaltung der Fahrzeitauflagen zu gewährleisten.	☒	Dies wären eine Erweiterung und ein möglicher Mehrwert eines Digitalen Beifahrers. Aus den originären Aufgaben eines menschlichen Beifahrers ist das allerdings nicht ableitbar.

Tabelle 4.4: Vor- und Nachteile des Digitalen Beifahrers

Vor- und Nachteile des Digitalen Beifahrers		
Antworten aus den Ländern	**Bewer-tungen**	**Kommentar**
Vorteile		
Technische Aspekte		
Automatische Hinweise/Echtzeit	☑	
Tagesaktuelle Informationen	(☒)	Ist selten vorgesehen
Präzisere Anzeige und Ansage der Fahrauflage, sicheres und genaueres Befolgen der Streckenauflage und der Fahrauflagen	☑	
Referenzpunkte werden auch nachts oder bei schlechter Sicht erkannt	☑	
Mehrsprachigkeit des Systems/Ansagen in Landessprache des Fahrers möglich (muss auch bei Fahrerwechsel schnell anpassbar sein)	☑	
Visualisierung von Beschilderungen, Warnung vor Beeinträchtigungen	?	Unklar, was damit gemeint ist
Beitrag zur Digitalisierung	(☑)(☒)	Nicht wesentlicher Vorteil
Nutzung auch in Pandemien problemlos möglich.	☑	
Vermeiden von Beschädigungen an bzw. Schonung der Infrastruktur und Ingenieurbauwerke	☑	Indirekt durch höhere Auflagenerfüllungsquoten

Im Falle eines Notfalls könnten sofort Rettungskräfte verständigt werden	☑	Nebeneffekt
Personelle und ökonomische Aspekte		
Einsparung von Personal	☑	
Kostengünstiger als menschlicher Beifahrer	(☒)	Ist nicht automatisch und immer der Fall.
Entlastung des Gewerbes (Beifahrermangel, Kosten, Qualifikationsmangel)	☑	
Entlastung des Fahrers (höhere Konzentration auf den fließenden Verkehr)	☑	
Software steht permanent zur Verfügung, keine zeitlichen Einschränkungen (keine Personalfindungsschwierigkeiten, keine Ruhepausen)	☑	
Keine „menschlichen Fehler“ (z. B. Unaufmerksamkeit, mangelnde Ortskenntnis, fehlende Sicht)	☑	
Bei einem Digitalen Beifahrer können spezifische Mindeststandards bzw. Vorgaben festgelegt werden	☑	
Für alle Beteiligten (Fahrzeugführer GST und Begleitfahrzeug(e), ggf. Polizei etc.) gleichsam und gleichzeitig nutzbar.	☑	
Nachteile		
Technische Aspekte		
Technischer Ausfall des Systems/Gerätes möglich	(☒)	Hohe Sicherheit durch Redundanz der Systeme. Kleinere Ausfallwahrscheinlichkeit als bei menschlichem Beifahrer
Keine Berücksichtigung unmittelbarer, unvorhergesehener Ereignisse, keine Berücksichtigung des tatsächlichen Verkehrs und dessen evtl. Einflüsse auf die Umsetzung der gebotenen Auflagen	(☒)	Dies Berücksichtigung wird auch vom menschlichen Beifahrer nicht vorgenommen
Wenn Netzabdeckung benötigt wird: nicht überall gegeben	☒	Netzabdeckung ist keine Voraussetzung für Funktion.

Softwarefehler möglich	☑	Grundsätzlich ja. Muss mit menschlichen Fehlern verglichen werden.
Software muss in Bezug auf das Streckennetz stets aktuell sein (Kostenaufwand)	☑	Ja. Hat Einfluss auf die Kostengestaltung der Anbieter. Wird durch Marktmechanismen geregelt.
Eingabe- und Übermittlungsfehler	☑	Sind möglich. Es sind Kontroll- und Korrekturmechanismen notwendig und in den bestehenden Systemen realisiert.
Anforderungen an Datenschutz/Zertifizierung	?	Zielrichtung der Bemerkung unklar
Haftungsfrage bei Falschansagen, Anwendungsfehlern (z. B. bei der behördlichen Bescheiderstellung, bei Übernahme des behördlichen Bescheids in das private System des Digitalen Beifahrers, bei Missachtung der Ausgaben des Digitalen Beifahrers durch die Fahrzeugführenden) oder bei Programmierfehlern.	☑	Wurden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Bisher gibt es noch keine umfassende Regelung. Die betrifft aber auch jetzt schon die Frage, wer bei Fehlern bei der behördlichen Bescheiderstellung haftbar ist. Generell wird die rechtliche Verbindlichkeit durch den VEMAGS-Bescheid in ausgedruckter oder digitaler Form definiert. Der Fahrzeugführer ist für die Erfüllung der Auflagen verantwortlich.
Technik muss in allen Fahrzeugen vorhanden sein.	☑	Stellt angesichts der bisherigen Realisierungen als reine Software mit kommerziellen Tablet-PC kein Problem dar.
Arbeitstätigkeit/Faktor Mensch		
Menschlichen Beifahrer kann im Vergleich zu einem Digitalen Beifahrer: o flexibler auf spontane Situationen (z. B. Unfälle, Umleitungen) reagieren o situative Unterstützung/Hilfestellung geben, o durch Kommunikation Einfluss auf den Fahrer nehmen o zuverlässiger und umfassender Gefahren und schwierige/potenziell gefährliche Situationen einschätzen, besser Situationen wahrnehmen o Digitaler Beifahrer kann physischen/psychischen	☒	Keine Nachteile des Digitalen Beifahrers, da auch keine Aufgaben des menschlichen Beifahrers.

Zustand des Fahrers nicht einschätzen und eingreifen/Hilfestellung leisten		
Menschlicher Beifahrer weiterhin notwendig bei/weil: o Großraum- und Schwertransport: wegen Risiken/Gefahren, die nicht durch Digitalen Beifahrer kompensiert werden können o Technische Probleme des „Digitalen Beifahrers“ während des Transportes (z. B. schlechte Netzabdeckung, Geräteausfall): aus Gründen der Verkehrssicherheit muss immer ein Rückgriff auf einen „menschlichen Beifahrer“ weiterhin möglich sein.	☒	Risiken und Gefahren kompensieren auch menschliche Beifahrer nicht. Die Verkehrssicherheit ist mit Digitalem Beifahrer eher höher. Netzabdeckung spielt keine Rolle.
Rechtliche Aspekte		
Keine rechtliche Verbindlichkeit der Auflage 21 in der aktuellen Form, da insoweit inhaltlich nicht hinreichend klar und bestimmt.	(☒)	Inzwischen durch die bundesweiten Pilotprojekte (siehe oben) verbindlich. Bundeseinheitliche Regelung steht aus. Dies ist aber eigentlich kein Nachteil eines Digitalen Beifahrers, sondern seiner Nutzbarkeit
Es kann in einer polizeilichen Kontrollsituation zu Sprachproblemen kommen, sofern ausländische Fahrzeugführende eingesetzt werden.	☒	Das kann durch begleitende BF gelöst werden. In einem Transport ist immer ein deutschsprachiges Mitglied vorhanden.
Es bedarf einer Bewertung, inwiefern die Nutzung einer derartigen App gemäß § 23 Absatz 1a StVO zulässig wäre.	☑	Die Systeme werden während der Fahrt nicht bedient. Es sind nur kurze, den Straßen-, Verkehrs-, Sicht- und Wetterverhältnissen angepasste Blickzuwendung zum Gerät bei gleichzeitig entsprechender Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen erforderlich.
Sonstiges		
Erlaubnis- und Genehmigungsbehörden müssen fahrtwegbezogen genau arbeiten, was dort den Aufwand und den internen Controllingaufwand erhöht.	☒	Aus heutiger Erfahrung müssen Erlaubnis- und Genehmigungsbehörden nicht anders arbeiten als bisher.

Tabelle 4.5: Frage: „Welche rechtliche Verbindlichkeit wird der Kenntnisgabe der Auflagen durch den Beifahrer beigemessen und welche Bedeutung kommt dem in der Praxis zu?“

Welche rechtliche Verbindlichkeit wird der Kenntnisgabe der Auflagen durch den Beifahrer beigemessen und welche Bedeutung kommt dem in der Praxis zu?		
Antworten aus den Ländern	**Bewer-tungen**	**Kommentar**
Rechtliche Verbindlichkeit		
i. d. R. Verzicht auf die Anwendung der besonderen Auflage Nr. 21	☑	Das ist korrekt. Siehe Ausführungen oben und Ausführung über die Fahrerbefragungen (Kapitel 9.2). Praxis kann sich bei Einführung Digitaler Beifahrer womöglich ändern.
Tätigkeit des Beifahrers im Auftrag des erlaubnisbehafteten Transporteurs, damit Handeln für und wider den Transporteur	☑	Ein Digitaler Beifahrer steht nicht im Interessenskonflikt gegenüber einem beauftragenden Transporteur.
Fahrzeugführer des GST trägt die Gesamtverantwortung, Beifahrer kann lediglich unterstützend wirken ohne rechtliche Verbindlichkeit, für den menschlichen oder Digitalen Beifahrer gibt es weder fachliche noch persönliche Vorgaben	☒	Für den Digitalen Beifahrer wird es Vorgaben geben (Vorschlag siehe Kapitel 9.2).
Die Beauftragung des Beifahrers durch die Behörde entlastet den Fahrer. Mit der Verschiebung der Aufgaben auf den Beifahrer sind auch die Ansagen des Beifahrers rechtlich für die Beteiligten verbindlich. Die transportverantwortliche Person bleibt jedoch der Fahrer.	☑	
Die rechtliche Verbindlichkeit müsste auf jeden Fall im Vorfeld juristisch abgeklärt werden.	☑	
Bedeutung in der Praxis		
Auch wenn der Kenntnisgabe der Auflagen durch einen Beifahrer keine rechtliche Verbindlichkeit zugerechnet werden kann, wird auf die Verlässlichkeit der Einschätzungen und Anordnungen des „menschlichen Beifahrers“ gegenüber dem Fahrer in der praktischen Transportdurchführung viel Wert gelegt. Er ist im Zuge der Transportdurchführung unverzichtbar. Der Beifahrer ist angehalten die	?	Keine Aussage zum Ersatz des menschlichen Beifahrers durch einen Digitalen Beifahrer.

Auflagen an das Begleitfahrzeug weiterzugeben und darauf zu achten das diese eingehalten werden.		
Die Formulierung in der RGST „Vgl. Nr. 20, im Regelfall jedoch nicht bei weniger als 4 Fahrauflagen (Anlage 3)“ macht deutlich, dass hier eine Ermessensausübung erforderlich ist. Dabei ist zunächst auf die Gesamtzahl der Fahrauflagen und ihre Häufung in kurzen Abständen Bezug zu nehmen. D. h. selbst bei mehr als 4 Fahrauflagen, die jedoch über einen größeren Streckenabschnitt jeweils einzeln und nicht unmittelbar aufeinanderfolgend ausgeführt werden müssen, kann ggf. auf den Beifahrer verzichtet werden. Andererseits kann es auch sachgerecht sein, bereits bei drei sehr komplexen kurz hintereinander zu befolgende Fahrauflagen, einen Beifahrer anzuordnen. Entscheidend ist immer der Grad der Ablenkung, die voraussichtlich beim Kraftfahrer eintritt. In der Regel wird diese Entscheidung letztendlich bei der Erlaubnis-/Genehmigungsbehörde abschließend zu treffen sein, da dort die Summe aller Fahrauflagen deutlich wird. Nur wenn klar ersichtlich ist, dass ein Beifahrer wegen der Häufung oder Komplexität der Fahrauflagen im Zustimmungsverfahren bereits für eine Teilstrecke angeordnet werden muss, soll dies durch die Anhörbehörde auch erfolgen. Darüber hinaus kann bereits in der Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO eine solche Auflage generell erteilt sein. Dann ist diese nicht nochmal in den Bescheid nach § 29 (3) StVO aufzunehmen (dies sieht nur die EGB). Die Auflage 21 wird eher selten und immer nach Einzelfallprüfung und Ermessensabwägung vergeben. In diesen Fällen wird derzeit (2021) in die Abwägung auch das Kontaktverbot aufgrund der EindämmungsVOen	☑	

einbezogen, d. h. in den notwendigen Einzelfällen wird bei der Entscheidung (möglichst nach Abstimmung mit dem Antragsteller) geprüft und abgewogen, ob die Einhaltung der Fahrauflagen vielleicht auch mit anderen Mitteln, z. B. Einsatz Digitaler Beifahrer oder Abstimmung über die Fahrauflagen vor Fahrtantritt und über Funk sichergestellt bzw. erreicht werden kann.		
Bei Nichtbeachtung von bspw. Höhenauflagen können Brücken beschädigt werden.	☑	

Tabelle 4.6: Weitere Anmerkungen

Antworten aus den Ländern	**Bewer-tungen**	**Kommentar**
Pflichten des Fahrers		
Der Einsatz des Digitalen Beifahrers darf den Fahrer nicht von seinen Pflichten (Kenntnisnahme des Bescheides und aller Nebenbestimmungen vgl. Allgemeine Bedingung der RGST 2013) entbinden. Der Digitale Beifahrer sollte daher nur unterstützend zum Einsatz kommen.	☑	Ist auch so vorgesehen
Fahrer muss trotzdem Deutsch können, auch wenn das System in anderen Sprachen kommunizieren kann (wg. Kontrollen, wenn während des Transports mit anderen Akteuren kommuniziert werden muss)	☒	Auf die Forderung kann verzichtet werden, wenn mindestens ein Begleitfahrzeug mit deutschsprachiger Besatzung besetzt ist.
Dateneingabe/Bescheide		
Erfordernis, dass alle von einer Software umzusetzenden Auflagen - einschließlich der diesen zuzuordnenden Wege-/Streckenpunkte- in einem vorab definierten einheitlichen Format von allen am Verfahren beteiligten Stellen festgelegt werden. (Standardisierung des Formats und Verbindlichkeit in der Anwendung)	☒	Ein einheitliches Format würde u. U. den Prozess billiger gestalten, die erfolgreichen bisherigen Realisierungen zeigen aber, dass dies nicht unbedingt notwendig sein muss. Es würde aber wahrscheinlich die Anzahl von Fehlern und Ungereimtheiten in den VEMAGS-Bescheiden reduzieren.
Um eine chronologische Ansage der Streckenauflagen überhaupt zu ermöglichen, ist es erforderlich, dass die Stellungnahmen der angehörten	☒	Die Aussage ist so nicht richtig. Eine chronologische Sortierung kann auch in den Digitalen Beifahrern erfolgen. Die

Stellen in entsprechender Form erfolgen. Nur wenn tatsächlich und technisch sichergestellt ist, dass der Ablauf des Transportes entsprechend dem Fahrtweg chronologisch mit den jeweiligen Auflagen erfolgt, wäre der Einsatz eines Digitalen Beifahrers erst sinnvoll und umsetzbar. Hinzu sind auch ggfs. entsprechende Schnittstellen zu schaffen, die es der EGB ermöglichen, den Bescheid den Anforderungen nach zu erstellen.		chronologische Korrektheit ist heute schon bei Digitalen Beifahrern gewährleistet. Die heute vorhandene digitale Schnittstelle über das portable digitale format ist ausreichend. Ein entscheidender Mehrwert würde über die bundesweite Vereinheitlichung von Schlüsselwörtern in den Bescheiden und einem Qualitätssicherungsprozess bei den VEMAGS-Bescheiden erzeugt werden.
Im Entwurf zur Änderung der RGST 2013 aus dem Jahr 2018 war auch eine Änderung der Anlage 3 u. a. insofern geplant, dass für jede Streckenauflage die Position auf der Strecke mit GPS-Koordinaten angegeben werden sollen. Eine dementsprechende Planung für den zukünftigen Einsatz von Digitalen Beifahrern sollte das berücksichtigen.	☒	Die GPS-Koordinatenangaben in den VEMAGS-Bescheiden sind für die Digitalen Beifahrer nicht unbedingt notwendig. Wichtig ist die Angabe der Kennung der Bauwerke. Bei der Änderung der RGST sollten zukünftig auch die Hersteller von Digitalen Beifahrern konsultiert werden.
Anforderungen an das System (HMI-Gestaltung, Software)		
Keine Ablenkung, Sprachsteuerung, Positionierung im Fz.	☒	Sprachsteuerung ist nicht notwendig, da nichts gesteuert wird. Ablenkung entspricht der eines Navigationsgeräts (visuell) und eines menschlichen Beifahrers (kognitiv)
Es muss sichergestellt werden, dass das Gerät ständig mit Strom versorgt ist und nicht in Standby-Modus oder stummgeschaltet werden kann.	☑	
Das System sollte vom Fahrer nicht deaktiviert werden können	(☒)	Siehe Bemerkung oben. Eine Deaktivierung ist nicht grundsätzlich auszuschließen. Es sind aber auch keine Gründe ersichtlich, warum diese erfolgen sollte. Eine „Deaktivierung“ des menschlichen Beifahrers wäre auch möglich – allein durch Nichtzuhören,
Das im System hinterlegte Navigationssystem muss die Brückenbauwerke beinhalten.	☑	Korrekt

Der „Digitale Beifahrer“ muss nicht nur für das Transportfahrzeug, sondern auch für das Begleitfahrzeug verpflichtend sein (dem Begleitfahrzeug müssen die Daten vom Transportfahrzeug vorliegen).	☑	Korrekt. Siehe Vorschlag Kapitel 9.2
Für den Fall des Systemausfalls muss eine entsprechende Backup-Lösung vorhanden sein.	☑	In den bestehenden Lösungen liegt die Backup-Lösung darin, dass es immer mindestens zwei Systeme gibt. Noch zu klären ist, ob es zusätzliche Backuplösungen geben muss. Die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Digitalen Beifahrers ist nach jetzigen Erkenntnissen nicht höher als die eines menschlichen Beifahrers.
Es muss verbindliche technische Mindestanforderungen geben	☑	Siehe Kapitel 9.2
Der Digitale Beifahrer sollte die Umsetzung der Auflagen (Strecke, Geschwindigkeit, usw.) für einen definierten Zeitraum speichern können (vgl. „Blackbox“), um die Kontrollbehörden zu unterstützen und die Straßeninfrastruktur indirekt zu schützen	☒	Die Kontrolle der Umsetzung der Auflagen ist technisch nur mit erheblichem Aufwand an zusätzlicher Sensorik, Rechentechnik und Software möglich. Alle Fahrzeuge müssten entsprechend umgerüstet werden. Dies müsste gesetzlich geregelt sein. Es ist nicht wahrscheinlich, dass dies in absehbarer Zeit geschieht.
Zu klärende Fragen		
Kann die verwendete Datengrundlage des Systems staatlicherseits festgelegt werden?	☒ ☑	Die Datengrundlage der Digitalen Beifahrer sind VEMAGS-Bescheide im Portable-digital-Format. Das erscheint ausreichend.
Fällt die Nutzung des „Digitalen Beifahrers“ unter § 23 Absatz 1a Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)?	☒	Die Systeme werden während der Fahrt nicht bedient. Es sind nur kurze, den Straßen-, Verkehrs-, Sicht- und Wetterverhältnissen angepasste Blickzuwendung zum Gerät bei gleichzeitig entsprechender Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen erforderlich.
Ausgestaltung des Digitalen Beifahrers: Soll der Digitale Beifahrer den menschlichen Beifahrer ergänzen, ersetzen oder über die bisherigen	(☑)	Eine Ergänzung ist nicht angedacht. Formal ist es die Ersetzung der Aufgaben und Tätigkeiten des menschlichen

Aufgaben des Beifahrers hinausgehen?		Beifahrers. In der Realität leisten die Digitalen Beifahrer mehr als die menschlichen.
Haftungsfragen und Verantwortlichkeiten von Personen müssen vorher zwingend geprüft und rechtlich einwandfrei umgesetzt werden	☑	
Sonstige Anmerkungen		
In Bayern wird versuchsweise und schrittweise der Digitale Beifahrer als Ersatz zum menschlichen Beifahrer seit 01.11.2021 getestet.	☑	Eine Auswertung der Erfahrungen erfolgt in diesem Projekt. Siehe Kapitel 5
Es sollten bei der gesamten Betrachtung die fachlichen Erkenntnisse der bisherigen Anwender und Hersteller der Software miteinbezogen werden.	☑	Das ist gewährleistet.

5 Analyse der Anforderungen und der Erfahrungsberichte aus dem Freistaat Bayern

Das Bayerische Staatsministerium des Innern, für Sport und Integration hat im Herbst 2021 zur Unterstützung der Fahrzeugführenden bei erlaubnis- oder genehmigungspflichtigen Großraum- und Schwertransporten für das Gebiet des Freistaats Bayern im Zuge einer Erprobung die Option eingeführt, dass Unternehmen anstelle eines Menschen als Beifahrer, ein digitales Fahrerassistenzsystem („e-Beifahrer“) einsetzen können. Für diese Assistenzsysteme wurden Mindestanforderungen (siehe 4.3) definiert. Zur Umsetzung im Erlaubnis-/Genehmigungsverfahren nach § 29 Abs. 3 bzw. § 46 Abs. 1 Nr. 5 StVO wurde eine erweiterte RGST 2013 Auflage 21 („e-Beifahrer“) bekanntgegeben, die den bayerischen Erlaubnis- und Genehmigungsbehörden (EGB) in einem Erprobungszeitraum anstelle der Standardauflage 21 der RGST zur Verwendung empfohlen wurde. Dies eröffnete den Transportdurchführenden die Option, statt eines Menschen zur Erfüllung der RGST 2013 Auflage 21, ein e-Beifahrer-System einzusetzen. Eine Pflicht hierzu bestand aber nicht. Voraussetzung des Vorgehens war, dass der Start- oder Endpunkt des Transports in Bayern lag.
Die e-Beifahrer-Alternative wurde zunächst für einen ersten Erprobungszeitraum vom 01.11.2021 bis einschl. 31.10.2022 zugelassen. In einem späteren Erlass im Herbst 2022 wurde der Erprobungszeitrum um zwei Jahre bis zum 31.10.2024 erweitert. Diese zweite Erprobungsperiode war bis zum Ende des vorliegenden Projektes noch nicht beendet. Mit dem ersten Erprobungszeitraum war eine Berichtspflicht verbunden: Die EGB wurden gebeten, Erfahrungen beim Einsatz des e-Beifahrers bis spätestens zum 14.01.2022 zu sammeln und rückzumelden. Außerdem wurden Erfahrungsberichte aus dem Transportverband und von Unternehmen gesammelt. Die gesammelten Rückläufe sind die Grundlage der im Folgenden dargestellten Analyse.

5.1 Auswertung der Erfahrungsberichte

Im Zuge der Evaluierung der Erfahrungen aus dem bayerischen Pilotprojekt wurden Fragen an Polizei und Behörden einerseits und an den Transportverband bzw. die betr. Unternehmen andererseits gestellt. Die Tabellen 5.1 bzw. 5.2 listen diese Frage auf:

1	**Gebrauch:** Wurde in Ihrem Zuständigkeitsbereich vom e-Beifahrer Gebrauch gemacht?
2	**Probleme:** Sind Probleme im Zuge des Einsatzes eines e-Beifahrers bekannt geworden?
3	**Bewertung:** Wird der Einsatz des e-Beifahrers aus Ihrer fachlichen Sicht befürwortet (bitte mit kurzer Begründung)?
4	**Anmerkungen:** Ggf. weitere Anmerkung?

Tabelle 5.1 Ausgangsfragen für Polizei und Behörden

1	**Gebrauch:** Wie oder in welchem Umfang wurde der e-Beifahrer bei den von Ihnen betreuten Unternehmen angenommen?
2	**Probleme:** Sind Probleme im Zuge des Einsatzes eines e-Beifahrers bekannt geworden?
3	**Bewertung:** Wird der Einsatz des e-Beifahrers aus Ihrer Sicht befürwortet (wenn möglich mit kurzer Begründung)?
4	**Anmerkungen:** Gibt es Ihrerseits weitere Anmerkungen zum e-Beifahrer?

Tabelle 5.2: Ausgangsfragen für den Transportverband bzw. die betr. Unternehmen

Die Antworten wurden in der bayerischen Evaluation getrennt ausgewertet für a) Polizeipräsidien, b) Regierungen, c) Transportverband. Von den Polizeipräsidien gab es insgesamt 8 Rückmeldungen mit insgesamt 46 Einzelkommentaren, von den Regierungen gab es 8 Rückmeldungen mit 31 Einzelkommentaren und von dem Transportverband 4 Rückmeldungen mit 15 Einzelkommentaren. In Tabelle 5.3 sind die Kommentare nach den Kategorien: Gebrauch, Probleme, Bewertung und Anmerkung gebündelt dargestellt. Wenn mit den Antworten eine Bewertung verbunden war, wurden die Antworten bezüglich ihrer Valenz klassifiziert (--/-/+/++). Bei der Bewertung der Häufigkeit ist zu berücksichtigen, dass die Erfahrungen aus der ersten Phase der Zulassung von e-Beifahrern stammen. Inzwischen ist die Nutzung stark angestiegen (siehe Kapitel 8.1).

Tabelle 5.3 geordnete Antworten aus der bayerischen Evaluation des Pilotprojektes „e-Beifahrer“

Kommentare aus Evaluation	**Valenz (--/-/0/+/++)**
Gebrauch: Behörden	
Ja, es wurde von e-Beifahrern Gebrauch gemacht	
Es wurde keine Zahlen über die Anwendung erhoben. Geschätzt waren es aber deutlich mehr als zehn Transporte	
Es wurde ganz selten vom E-Beifahrer Gebrauch gemacht	
In zahlreichen VEMAGS-Bescheiden, welche für Transporte im Zuständigkeitsbereich des PP erlassen wurden, war es dem Unternehmen	

freigestellt, statt eines menschlichen Beifahrers vom e-Beifahrer Gebrauch zu machen. In welcher Anzahl tatsächlich ein e-Beifahrer eingesetzt wurde, kann jedoch statistisch nicht erhoben werden.	
Im Bereich des PP SWS liegen bislang keine polizeilichen Erfahrungswerte vor. Dies begründet sich in dem Umstand, dass hiesige Firmen den e-Beifahrer noch nicht bzw. nicht nutzen.	
Eine Verwendung wird bei einer Firma angestrebt, es müssen aber erst noch die entsprechenden Endgeräte beschafft werden	
Eine große Firma im Bereich des PP SWS, würde den e-Beifahrer gerne einsetzen, es scheitert aber aktuell an dem Umstand, dass diese Firma länderübergreifend tätig ist und der e-Beifahrer aktuell nur in Bayern zugelassen ist[4].	
Der e-Beifahrer kommt regelmäßig zum Einsatz. In den Genehmigungen ist er als Alternative mit aufgenommen.	
Während des Erprobungszeitraumes wurde im Rahmen der Koordination von Großraum- und Schwertransporten bei den eingehenden VEMAGS-Genehmigungsbescheiden eine Vielzahl von behördlichen Anordnungen/Vorschlägen zur Verwendung des e-Beifahrers festgestellt.	
Ja, es wurde im Bereich des PP vom e-Beifahrer Gebrauch gemacht. Die Anzahl der Transporte mit e-Beifahrer kann jedoch nicht mehr festgestellt werden. Es lässt sich auch keine Aussage treffen, welcher Anteil an den Transporten mit e-Beifahrer durchgeführt wird.	
Im Erprobungszeitraum liegen für den Zuständigkeitsbereich des PP keine Erfahrungen hinsichtlich des Einsatzes des „e-Beifahrers“ vor.	
Da die Anordnung des e-Beifahrer jeweils optional erfolgt, kann keine Aussage darüber getroffen werden, in welchem Umfang vom e-Beifahrer tatsächlich Gebrauch gemacht wurde.	
Zwei Erlaubnisbehörden nutzten die Möglichkeit der Verwendung der erweiterten Auflage 21.	
Ja, es wurde in einigen Fällen vom e-Beifahrer Gebrauch gemacht.	
Ja, regen Gebrauch vom e-Beifahrer melden die Landratsämter A, B, C, D sowie der Landkreis D.	
Lediglich das LRA … hat tatsächlich davon Gebrauch gemacht.	
Ja, wir haben bereits von e-Beifahrer Gebrauch gemacht	
In unserem Zuständigkeitsbereich wird der e-Beifahrer regelmäßig eingesetzt.	
Gebrauch: Anwender	
Zu Beginn vereinzelt angenommen – nach ersten Fahrten folgten zu 80 % Folgeaufträge	
Es gibt meines Erachtens nach zwei Unternehmenstypen. Die einen verwenden den e-Beifahrer wirklich nur wenn er vorgeschrieben ist. Andere verwenden Ihn bei jeder Tour. Bei uns wurde es so gehandhabt, dass wir nie nur Bayern bearbeitet haben, sondern stets die gesamte Strecke in Deutschland. Die Unternehmen würden sich daher auch zeitnah eine deutschlandweite Einführung wünschen. Gerade die bayerischen Kunden, welche im Baumaschinentransport tätig sind, sehnen sich vor allem die Freigabe für Baden-Württemberg. Die Kunden sind international.	
Probleme: Behörden	

[4] Wie geschildert ist der e-Beifahrer Stand Sommer 2024 inzwischen in Pilotprojekten deutschlandweit zugelassen.

Es liegen uns keine Hinweise hinsichtlich einer auftretenden Problematik mit dem „e-Beifahrers“ vor.	++
Beim Einsatz der e-Beifahrer gab es keine Probleme.	++
Diesbezüglich konnten auch keine Probleme festgestellt werden.	++
Keine Dienststelle in Zuständigkeitsbereich hat Kenntnis von Problemen bei dem Einsatz des e-Beifahrers.	++
Fehlanzeige, keine Probleme	++
Bisher sind keine Probleme bekannt geworden	++
Im Bereich des PP wurden keine Problemstellungen in Zusammenhang mit dem Einsatz des e-Beifahrers bekannt.	++
Es sind keine Probleme bekannt geworden.	++
Es liegen uns keine Hinweise hinsichtlich einer auftretenden Problematik mit dem „e-Beifahrers“ vor.	++
Es sind keine Probleme mit dem e-Beifahrer bekannt.	++
Eine Genehmigungsbehörde teilte nach Rücksprache mit den Antragstellern mit, dass der e-Beifahrer nicht genutzt wird, da die erweiterte Auflage 21 tendenziell bei längeren Fahrtstrecken in andere Bundesländer mit vielen streckenbezogenen Auflagen gesetzt wurde und der Geltungsbereich der Erprobung lediglich das Gebiet des Freistaats Bayern umfasst. Ab Landesgrenze kann kein E-Beifahrer mehr eingesetzt werden, was den Einsatz betriebswirtschaftlich problematisch macht. Weiter ist diese Dienstleistung noch sehr teuer. Zurzeit sind bayernweit nur 2 Anbieter bekannt.	-
Nein, der Regierung von ... sind weder durch die Unternehmen selbst, die EGBs noch die Polizei Probleme im Zuge des Einsatzes eines e-Beifahrers bekannt geworden.	++
Es wurden keine Probleme genannt. Thematisiert wurde der Kostenfaktor, welcher jedoch nach Rücksprache der Landkreise mit den Unternehmern, gerne in Kauf genommen wird, da die Vorteile des Systems nur positiv hervorzuheben sind.	++
Nein, Probleme seien dort keine bekannt geworden.	++
Nein, von Problemen ist uns nichts bekannt	++
Probleme hat es im Zuge des Einsatzes nicht gegeben.	++
Probleme: Anwender	
Probleme traten dann auf, wenn die entsprechenden Vorgaben des Einsatzes missachtet wurden (z. B. mangelhaft verwendete Hardware entgegen den Vorgaben zur HW Nutzung – Akkudefekt/Displaydefekt usw. Mangelhafte Bereitschaft den Vorgaben aus dem e-Beifahrer zu folgen (analog der Missachtung einer Navigationsanweisung).	-
Soweit uns bekannt, läuft der Betrieb inzwischen weitestgehend reibungslos und sowohl Behörden als auch Unternehmen möchten auf den e-Beifahrer nicht mehr verzichten	++
Es kann sein, dass die Hardware zu alt ist und daher unsere App nicht lief – es musste neue Hardware angeschafft werden. Ähnlich war es manchmal bei der Bildschirmdiagonale, welche wir aber weiterhin befürworten. Probleme in der Anwendung wurden versucht zu vermeiden, durch eine ordentliche Einweisung der Fahrer und Disponenten.	-
Bewertung: Behörden	
Der Einsatz des e-Beifahrers wird befürwortet. Die Erfahrungen waren bislang ausschließlich positiv.	++

Durch die Fahrer können die Auflagen (Geschwindigkeit/Abstand/Fahrbahnseite) selbstständig und problemlos eingehalten werden.	++
Der e-Beifahrer weist akustisch im Vorfeld auf bevorstehende Auflagen hin und gibt akustisch rechtzeitig entsprechende Anweisungen. Für den Fahrer besteht nochmals eine visuelle Kontrollmöglichkeit.	++
Bei augenscheinlich kaum erkennbaren Gegebenheiten (z. B. unterirdische Brückenbauwerke) können vom Fahrer die geforderten Auflagen rechtzeitig umgesetzt werden.	++
Die Option mit der Simulation wurde als sehr gut empfunden, da bei längeren Strecken der Fahrer es leichter hat, den Streckenverlauf zu verstehen.	
Die Begleitungen verliefen reibungslos.	
Wir würden den Einsatz des E-Beifahrer nicht befürwortet. Aufgrund der zusätzlichen Kommunikation mit den Begleitfahrzeugfahrern, die in Zukunft zunehmen sollen/werden, kann der Fahrer vermutlich beides nicht gleichzeitig umsetzen. Auch hinsichtlich der Verantwortlichkeit bei Unfällen und Verstößen	--
Der Einsatz eines e-Beifahrers wird grundsätzlich befürwortet. Die technische Umsetzung scheint ausgereift. Die anzuwendenden Maßnahmen bzw. Verkehrszeichenpläne werden zuverlässig und rechtzeitig angezeigt. Der e-Beifahrer ist theoretisch in sämtlichen (Begleit-) Fahrzeugen parallel einsetzbar und ermöglicht dadurch, dass die Fahrer von Aufgaben entlastet werden und sich auf das Fahren, Setzen der Zeichen etc. konzentrieren können. Für die Fahrer und das Begleitpersonal stellt der Umgang mit dem technischen Gerät vermutlich keine größeren Probleme dar.	++
Grundsätzlich wird das System aus Sicht des PP befürwortet. Das System ermöglicht eine präzise, ortsgenaue Umsetzung der im Genehmigungsbescheid geforderten Auflagen. in Vorteil - gerade für oftmals ausländische Fahrer - besteht darin, dass das System in verschiedenen Sprachen eingestellt werden kann. Missverständnisse aufgrund möglicher Sprachbarrieren sind somit ausgeschlossen. Eine Nachfrage in Kraftfahrerkreisen, die das System bereits verwendet hatten, erbrachte durchwegs positive Rückmeldungen. Insgesamt wird die Einführung des „e-Beifahrers“ als substantieller Gewinn für die Verkehrssicherheit bewertet.	++
Der Einsatz eines e-Beifahrers wird befürwortet. In der Praxis liegt der Vorteil darin, dass der e-Beifahrer noch auf ein Tablet/Laptop im Lkw geladen werden kann, wenn er vorher vergessen wurde. Einen Beifahrer zu bekommen, gestaltet sich meist schwierig und hat zur Folge, dass der Schwertransport für diese Zeit steht mit den daraus resultierenden Schwierigkeiten vor Ort. Durch die digitalen Assistenzsysteme werden Auflagen, Beschränkungen und Fahrtanweisungen visuell und akustisch dem Fahrzeugführer in Echtzeit aufgezeigt und liegen allen Beteiligten gleichzeitig vor. Dadurch kann der Fahrzeugführer schneller auf Gefahren, Umleitungen etc. reagieren. Für den Fahrer entfällt das Blättern in den je nach Fahrtstrecke umfangreichen Erlaubnisbescheiden und erhöht somit die Verkehrssicherheit.	++
Das PP befürwortet auch nach dem Abschluss des Erprobungszeitraumes den weiteren Einsatz des e-Beifahrers. Neben den verständlichen Argumenten seitens der Transportunternehmer hinsichtlich der Einsparung von Personal und Kosten sehen wir insbesondere ++die bereits in der Erprobungsphase gezeigte hohe Leistungsfähigkeit der e-Beifahrer bei der Unterstützung der Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführer im Hinblick auf die Umsetzung von behördlichen Auflagen als gewinnbringend an. Die eingesetzten Geräte zeigen sich analog herkömmlicher	++

Navigationsgeräte bedien- und nutzerfreundlich. Die visuelle und auditive Darstellung erlaubt eine gute Wahrnehmung zu allen Tages- und Nachtzeiten. Zudem erfolgt die Übermittlung der Fahrauflagen an die Fahrerin bzw. den Fahrer stets zuverlässig und unabhängig von gegebenenfalls auf einen menschlichen Beifahrer einwirkenden äußeren Stressfaktoren, wie z. B. Witterungsverhältnisse, hohes Verkehrsaufkommen oder schwierige Streckenverläufe.	
Die Einführung des e-Beifahrers wird aus Sicht des PP sehr begrüßt. Die Auflagen des VEMAGS-Bescheides werden deutlich früher von einem elektronischen Gerät an den Fahrer grafisch visualisiert und akustisch übermittelt, als es ein menschlicher Beifahrer machen könnte. Der Fahrer kann in der Sprachausgabe seine bevorzugte Sprache angeben. Auch wenn er der deutschen Sprache mächtig ist, kann es unter Umständen sein, dass ein Fahrer in seiner Muttersprache sicherer ist und somit schneller die Ausgabe des e-Beifahrers erfasst und umsetzt. Durch das digitale Fahrerassistenzsystem können zudem menschliche Fehlerquellen minimiert werden, vorausgesetzt die Technik funktioniert reibungslos.	++
Gründe für den Einsatz des „e-Beifahrers“: • Standardisierte Technik: Der e-Beifahrer zählt zu den digitalen Fahrerassistenzsystemen mit einer standardisierten technischen Mindestanforderung. • Fehlerquelle Mensch: Ein mögliches menschliches Fehlverhalten eines personifizierten Beifahrers wird reduziert. • Datenvollständigkeit: Der Fahrer hat alles dabei. Dokumente, die im Zusammenhang mit dem Transport stehen, können weder vergessen, verloren, noch verschmutz bzw. unleserlich werden. Wichtige Daten werden zeitgerecht und vollständig, an den Streckenverlauf angepasst, vorgehalten. • Datenverfügbarkeit: Der Fahrer hat alles im Blick: Bescheide, Fahrtrouten und Fahrauflagen, werden visuell und auditiv wiedergegeben. Ablesefehler werden minimiert und die Ablenkung des Fahrzeugführers auf das erforderliche Maß reduziert. Schneller Zugriff auf notwendige Daten/Dokumente durch das Kontrollpersonal. • Warnhinweise als Aufmerksamkeitserreger: Der Fahrer, wie auch der Fahrer des Begleitfahrzeuges (BF) werden durch Warnhinweise (visuell und auditiv) auf das Verlassen der Route und mögliche Verstöße gegen behördliche Vorgaben/Auflagen hingewiesen. • Multilinguale Darstellung: Im Gerätemenü stehen bis zu 13 Sprachen zur Verfügung. Der Fahrer erfährt die Eindeutigkeit des Bescheids und der zur Verfügung gestellten Informationen in seiner Landessprache. Dies sorgt für eine breite Akzeptanz und beugt Missverständnissen und möglichen Fehlinterpretationen vor.	++
Ja, wir würden den e-Beifahrer befürworten. a) zuverlässiger als Mensch, erkennt alle Bauwerke und Durchlässe b) eindeutige Sprechstimme, deutsche Sprache c) dem Fahrer wird nur genehmigte Strecke angezeigt	++
Aus unserer Sicht ist der Einsatz des e-Beifahrers zu befürworten, da es eine Erleichterung für den Fahrer des Schwertransportes ist und ggf. die zuständige Polizei entlastet.	++
Bewertung: Anwender	
Auf jeden Fall wird der e-Beifahrer befürwortet. Nachweislich gehen die Schäden an der Infrastruktur zurück, die Transporte werden wesentlich wirtschaftlicher durchgeführt, da es keine Verzögerungen aufgrund falscher Interpretation von Auflagen und Fahrthinweisen gibt. Zudem wird zusätzliches Personal, was ja beim Beifahrer gefordert wird, eingespart.	++

Wir wollten hiermit eine positive Rückmeldung zum Einsatz des Digitalen Beifahrers geben und würden begrüßen diesen zeitnah Bundesweit einsetzen zu dürfen	++
Der Einsatz wird befürwortet, da die Fahrer sich mehr auf das Fahren konzentrieren können. Gleichzeitig ist ein Verpassen der Auflage nicht mehr möglich. Die Verkehrssicherheit wird signifikant erhöht und gleichzeitig die Infrastruktur geschont. Die Fahrer schätzen die „metergenaue“ Anzeige und Ausgabe der Fahrauflagen. Zuletzt trägt der e-Beifahrer auch dazu bei den Fachkräftemangel zu entschärfen.	++
Anmerkungen: Behörden	
Der personifizierte Beifahrer entfällt als Beratungs- und Unterstützungsinstanz des Fahrzeugführers	-
Die Abhängigkeit von einer funktionierenden Technik wirft die Frage nach einer belastbaren Rückfallebene auf. Was ist zu tun, wenn die Technik Störungen aufweist (Fehlermanagement)?	-
Eine Ausweitung der Einsatzmöglichkeit des e-Beifahrer auf das gesamte Bundesgebiet wird für wünschenswert erachtet.	
Da die Funktionsfähigkeit des e-Beifahrers zwischenzeitlich vollständig nachgewiesen ist wird die baldige bundesweite Zulassung des e-Beifahrers von den Erlaubnisbehörden erwartet. Dies umso mehr als sich, gerade im innerstädtischen Bereich gezeigt hat, dass der e-Beifahrer bei der Ansage von Bauwerksauflagen insbesondere im Fall von Bauwerken welche aus Sicht des Fahrers (bzw. des menschlichen Beifahrenden) nicht eindeutig erkennbar sind (Untertunnelungen, U-Bahn-Bauwerke usw.) und/oder bei Dunkelheit dem herkömmlichen Beifahrenden bei weitem überlegen ist.	
Auf Grund der positiven Rückmeldungen im Rahmen der Planungs - und Verkehrssicherheit, sowie auch der fortschreitenden technischen Entwicklung und Modernisierung, auch im Sachgebiet GST, befürworten wir ebenfalls die Verwendung des e-Beifahrers.	++
Anmerkungen: Anwender	
a. wesentliche Verbesserung der CO2 Bilanz. Es wird wesentlich weniger Fahrzeugaufwand und auch Personalaufwand für die Durchführung eines Transports benötigt. b. Papierausdrucke (teilweise 100 und mehr Seiten) für Fahrer und BF-Fahrzeuge entfallen. Es wird alles elektronisch/digital zur Verfügung gestellt. c. Änderungen können ebenfalls digital bereitgestellt, und nicht p. Papierausdruck aktualisiert werden.	++
Sollte die Notwendigkeit der Funktionsbescheinigung fortbestehen, sollte dort der Fahrtwegteil mit abgefragt werden. Grundsätzlich wäre jedoch der Entfall der Funktionsbescheinigung wünschenswert. Zum Vergleich: beim menschlichen Beifahrer muss derzeit kein Nachweis beigebracht werden.	

5.2 Zusammenfassung

Von behördlicher Seite konnte die tatsächliche Benutzungshäufigkeit nicht beurteilt werden, weil diese den Speditionen freigestellt war. Allerdings wurde durchaus von reger Genehmigung der optionalen Nutzung des e-Beifahrers berichtet. Bei den Anwendern gab es zunächst eine zögerliche Einführung, die nach anfänglicher Erprobung und gelegentlichen technischen Schwierigkeiten zu einer zunehmenden Nutzung von e-Beifahrern führte. Dies deckt sich mit den von Fahrern geäußerten Erfahrungen und Bewertungen (siehe Kapitel 8.1)

Von 39 bezüglich der Valenz (von sehr negativ bzw. sehr positiv) auswertbaren Aussagen bzw. Bewertungen waren nur 5 Bewertungen negativ bzw. sehr negativ. Die restlichen 34 Bewertungen (87 %) konnten alle als sehr positive Einordnung des e-Beifahrers eingeordnet werden. Eine der negativen Bewertungen bezieht sich nicht auf den Beifahrer, sondern auf die zum Zeitpunkt der Pilotstudienphase vorhandene Problematik, dass die Fahrten mit e-Beifahrer einen Bayernbezug vorweisen mussten. Zwei negative Urteile resultieren aus dem Gebrauch einer unpassenden Hardware oder einer falschen Anwendung, sind also auch nicht negative Urteile des e-Beifahrers an sich. Eine negative Bemerkung problematisiert, dass die Kommunikation mit dem Begleitfahrzeug jetzt vom Fahrer(in) durchgeführt werden muss, was eine zusätzliche Belastung darstellt. Dieser Fakt ist in der Tat problematisch. In dem in dieser Studie ausgearbeiteten Vorschlag für die Rahmenbedingungen zur Nutzung des e-Beifahrers wird dies dadurch abgefangen, dass auch die Begleitfahrzeuge mit einem identischen System mit identischem Routenprofil ausgerüstet sind. Dadurch entfällt die Kommunikationsnotwendigkeit. Mit diesem Vorgehen wird auch eine weitere negative Bewertung entkräftet, die das Fehlen einer Rückfallebene bemängelt. Schließlich wurde in einer negativ bewerteten Aussage das Fehlen der „Universalität“ des e-Beifahrers gegenüber der eines Menschen als Helfer für die fahrende Person in vielen Problemlagen bemängelt. Die Befragung von Fahrern (Kapitel 8.1) hat allerdings ergeben, dass dieser Vorteil praktisch nicht ausgenutzt wird, nicht originäre Aufgabe eines menschlichen Beifahrers ist und deshalb nicht als negativer Punkt für den e-Beifahrer gewertet werden kann.
Es kann also festgestellt werden, dass e-Beifahrer als Ersatz von Beifahrern in der ersten Pilotphase im Vergleich zum Sommer 2024 noch verhältnismäßig selten eingesetzt wurden, aber durchweg als positiv bzw. sehr positiv bewertet wurden (mit den geschilderten Einschränkungen) und dass außer ganz wenigen Problemen im Gebrauch von keinen weiteren Problemen berichtet wurde. Die berichteten Vorteile von e-Beifahrern decken sich mit denen, wie sie in diesem Bericht entwickelt wurden.

Bewertung der Verkehrssicherheit

Aus den Rückmeldungen zum bayerischen Pilotprojekt gibt es sehr wenige Einschätzungen der Wirkung von e-Beifahrern auf die Verkehrssicherheit. Allerdings konnten keine negativen Auswirkungen abgeleitet werden.

6 Ableitung der Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer

Aus den ersten Analysen und Befragungen bei Fahrern und Disponenten zu Beginn des Projektes wurde ein Anforderungskatalog für Digitale Beifahrer erstellt. Dieser berücksichtigt noch nicht technische Anforderungen. In Kapitel 9 wird ein umfassender Anforderungskatalog abgeleitet.

6.1 Expertenbefragungen in Speditionen

Als Ergänzung der aus Dokumenten abgeleiteten Faktenlage wurden Befragungen von Disponenten von GST-Speditionen und deren Fahrern durchgeführt. Ziel war es, die Erfahrungen aus der Praxis mit einem menschlichen Beifahrer in die Ausarbeitung des Anforderungskatalogs für einen Digitalen Beifahrer einfließen zu lassen. Diese Befragungen waren den späteren Befragungen von Fahrern (Kapitel 8.1) vorgelagert und waren als qualitative Studie konzipiert. In (Kapitel 8.1) werden die Ergebnisse noch weiter geschärft.

Es wurden Befragungen in vier unterschiedlichen Speditionen aus vier unterschiedlichen Regionen Deutschlands (Hessen, Bayern, Berlin/Brandenburg, Hamburg) durchgeführt. Es wurden drei Disponenten, drei Fahrer und ein Beifahrer bezüglich ihrer Erfahrung mit menschlichen Beifahrern befragt. Die Befunde wurden in Kap 3.2 schon teilweise dargestellt. Zusammenfassend ergeben sich folgende eruierten Punkte:

- Menschliche Beifahrer werden nur in einem Bruchteil aller Fahrten eingesetzt – auch bei vielen (>20) Auflagen in Anhang 3 des VEMAGS-Bescheids.
- Teilweise werden menschliche Beifahrer nur für Teilstrecken eingesetzt.
- Die Qualifikation der menschlichen Beifahrer ist sehr unterschiedlich.
- Der wahrgenommene Nutzen eines menschlichen Beifahrers variiert je nach dessen Qualifikation. Bei hoher Qualifikation wird durchaus ein Nutzen gesehen. Unqualifizierte werden häufig als völlig nutzlos empfunden (siehe Kapitel 8.1)
- Von Speditionen werden aus Kostengründen auch fachfremde menschliche Beifahrer gebucht, die kaum in der Lage sind, einen VEMAGS-Bescheid richtig interpretieren zu können.
- Eine der interviewten Speditionen setzt gerne Auszubildende als menschliche Beifahrer ein.
- Nehmen Schwertransportfahrer die Rolle eines menschlichen Beifahrers ein, wird deren Tätigkeit als sehr hilfreich aufgefasst.
- Menschliche Beifahrer schlafen nach subjektiver Einschätzung befragter Fahrer während einer Nachtschicht zu 50 % bis 100 % wenigstens kurz einmal ein (genaue Zahlen in Kapitel 7.1).
- Die Wahrscheinlichkeit, dass ein menschlicher Beifahrer in der Nachtfahrt einschläft und die Schlafdauer steigen mit der Dauer einer über Tage gehenden Schicht (z. B. eine Woche mit täglicher Fahrt)
- Manche Fahrer berichten von Belästigung durch den menschlichen Beifahrer auf Grund dessen Körpergeruchs oder überbordender Kommunikation.
- Manche Fahrer berichten davon, dass ihr Stressniveau steigt, wenn sie längere Zeit über viele Tage mit derselben Person im engen Führerhaus verbringen müssen.
- Die Fahrer berichten, dass die menschlichen Beifahrer in der Regel nur die Ankündigung der Auflagen durchführen. Die Kommunikation zum BF übernimmt teilweise der Fahrer selbst.

6.2 Ausarbeitung eines Anforderungskatalogs aus der theoretischen Analyse

Die Grund-Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer ergeben sich aus dem Ziel, einen Ersatz für einen menschlichen Beifahrer zu finden. Die Aufgaben ergeben sich daher aus der RGST.

> *Der zu begleitende Schwertransport ist mit einem Beifahrer zu besetzen, der die angeordneten Auflagen sowie die Auflagenbereiche über Funk an das Begleitfahrzeug übermittelt.*

Mit Auflagenbereich ist Anfang und Ende eines befahrenen Streckenverlaufs gemeint, innerhalb dessen die jeweilige aktuelle Auflage gilt, also beispielsweise der

Streckenbereich einer unter- oder überfahrenen Brücke. Mit Auflagen sind hier die Auflagen aus Anlage 3[5] gemeint, die während eines Transports lokal akut werden. Nicht explizit ausgeführt, aber unzweifelhaft ist, dass die Übermittlung jeder Auflage getrennt und zeitlich in angemessenem Vorlauf zum Auflagenbereich erfolgen muss. An anderer Stelle der RGST ist vorgeschrieben, dass bei dem Transport eine Person anwesend sein muss, die der deutschen Sprache mächtig sein muss. Da die VEMAGS-Bescheide auf Deutsch verfasst sind, folgt daraus, dass der Beifahrer der deutschen Sprache mächtig sein muss und die VEMAGS-Bescheide lesen und interpretieren kann. Interessanterweise ist wie geschildert die Übermittlung der Auflagen an den Fahrer nicht explizit genannt. Schriftlich nicht fixierte Annahme ist, dass davon ausgegangen wird, dass der Fahrer die Kommunikation zum Begleitfahrzeug mithört. Eine andere Interpretation, dass der Fahrer weiterhin alleine auf Basis der schriftlichen VEMAGS-Bescheide fährt, ist möglich. Wir interpretieren den Text so, dass auch der Fahrer die verbalen Äußerungen des Beifahrers zur Kenntnis nehmen kann, um die mitgeteilten Auflagen einhalten zu können.
Der Zusatz „über Funk“ ist Relikt eingeschränkter Kommunikationsmöglichkeiten der 80er- und 90er-Jahre und für den Geist und Zielsetzung der Vorschrift nicht ausschlaggebend. Funkkommunikation kann heute deshalb durch andere, gleichwertige Kommunikationsmöglichkeiten ersetzt werden. Allerdings wäre bei einer rein digitalen Kommunikation ein verbales „Mithören“ unmöglich.
Die Minimalanforderungen an einen Digitalen Beifahrer lassen sich dann wie folgt formulieren:

Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer als Ersatz eines menschlichen Beifahrer nach Auflage Nr. 21 RGST 2013

Verbale Hinweise auf die nächsten im Fahrtverlauf bevorstehenden Auflagenbereiche und die verbale Vermittlung der damit verbundenen Auflagen aus Anlage 3[6] des gültigen VEMAGS-Bescheides in einem angemessenen zeitlichen Vorlauf an Fahrer des GST und Fahrer der Begleitfahrzeuge, der beiden genügend Zeit gibt, die Erfüllung der jeweiligen Aufgaben angemessen ausführen zu können. Dies muss mindestens mit derselben verbalen Klarheit und der Ausfallsicherheit eines durchschnittlichen menschlichen Beifahrers erfolgen.

Aus dieser allgemeinen Formulierung lassen sich einige technische Anforderungen ableiten.

- Digitale Beifahrer müssen die Inhalte der VEMAGS-Bescheide intern als eine digitale Repräsentation aller in Anlage 3[7] angeführten Auflagenbereiche und der dazugehörigen Auflagen enthalten. Wie der Weg von VEMAGS-Bescheid in den Digitalen Beifahrer beschritten wird, muss nicht festgelegt sein. Fehlerfreiheit muss sichergestellt sein.

[5] und eventuell in Auflage Nr. 36 und in weiteren Anhängen, die als Pdf-Dateien lokaler Behörden angehängt sind.
[6] und eventuell aus Auflage Nr. 36 und aus weiteren Anhängen, die als Pdf-Dateien lokaler Behörden angehängt sind.
[7] und eventuell in Auflage Nr. 36 und in weiteren Anhängen, die als Pdf-Dateien lokaler Behörden angehängt sind.

- Digitale Beifahrer müssen permanent den genauen Standort des Fahrzeugs (Georeferenzierung) auf der genehmigten Fahrtroute kennen und ihn in Beziehung zu den abgespeicherten Auflagenbereichen setzen können (z. B. „Entfernung bis“). Aus diesem Grunde müssen auch die Auflagenbereiche georeferenziert gespeichert sein. Die Genauigkeit muss so hoch sein, dass die fahrende Person die Hinweise in einem ausreichenden Wahrnehmungs- und Handlungsvorlauf erhält. Dieser ist geschwindigkeitsabhängig. Eine Genauigkeit von 10 Metern erscheint hier ausreichend. Bei keinen Befragungen wurden Probleme aufgrund einer ungenauen GPS-Lokalisierung berichtet. Vergleicht man dies mit Genauigkeit von Ortsansagen menschlicher Beifahrer liegt dies in der erwartbaren Präzision auf Basis der Kilometrierung am Straßenrand.
- Die Digitalen Beifahrer müssen in der Lage sein, klar verständliche verbale Ankündigungen zu tätigen, die Informationen über die Auflagenbereiche (z. B. „Durchfahrt unter Brücke“, „Entfernung bis zur Brücke“) und die Informationen über die Inhalte der Auflagen (z. B. „BF muss zwischen erster und zweiter Spur fahren“) beinhalten. Visuelle Informationen sind nicht Teil des Anforderungskatalogs, da menschliche Beifahrer auch keine visuellen Informationen bereitstellen. Sie wären aber hilfreich und sind in den realen Systemen auch realisiert.
- Die Digitalen Beifahrer müssen die verbalen (und optional visuellen) Anforderungen an das oder an die Begleitfahrzeuge übermitteln. Theoretisch gibt es hierfür mehrere technische Lösungen. Denkbar wäre eine Funkübertragung an ein entsprechendes elektronisches Gerät im Begleitfahrzeug. Möglich, aber sehr unwahrscheinlich, wäre die Emulation eines eigenen Sprechfunkkanals. Eine implizite Übermittlung kann dadurch bewerkstelligt werden, dass zwei oder mehr identische Systeme – eines für die fahrende Person und eines für jeden Begleitfahrer – mit identischen Abbildern der VEMAGS-Bescheide realisiert werden und über GPS-Lokalisierung synchronisiert sind. Dies ist die in den heute bestehenden Systemen realisierte Variante. Geht man von der heute gelebten Praxis aus, dass die fahrenden Personen die Auflagenbereiche und Auflagen per Sprechfunk an die BF übermitteln, wäre auch eine Sprechfunkübermittlung der verbalen Äußerungen des elektronischen Beifahrers durch die fahrende Person möglich. Dies entspräche allerdings nicht der RGST, wäre aber u. U. Teil von Notfallplänen.
- Die Digitalen Beifahrer müssen selbstständig agieren. Eine Bedienung durch den Fahrer muss auf ganz wenige, seltene Eingaben beschränkt sein.
- Der Digitale Beifahrer muss technisch so gestaltet sein, dass er eine Ausfallsicherheit hat, die nicht kleiner als die eines menschlichen Beifahrers ist.

Die bisher realisierten elektronischen Beifahrer gehen in ihrer Funktionalität teilweise weit über den eben beschriebene Anforderungskatalog hinaus. Letzterer ist allein aus der Übersetzung der Aufgaben eines menschlichen Beifahrers in ein technisches System entstanden.

7 Analyse der Funktionsweisen bereits bestehender Systeme von Digitalen Beifahrern

7.1 Sichtung der Funktionsweise bestehender Systeme

Im Laufe des Projektes wurde eine Marktanalyse im Hinblick auf Digitale Beifahrer durchgeführt. Außer zwei Herstellern aus Deutschland konnten keine anderen Systeme gefunden werden – auch nicht außerhalb Deutschlands. Die beiden Hersteller sind die intelliRoad GmbH in Thalmässing mit ihrem „e-Beifahrer“ *intelliDrive* und die Firma Sommer aus Hörstel-Dreierwalde mit ihrem Digitalen Beifahrer *ERNA*.

Im Zuge des Projektes wurden beide Hersteller vor Ort besucht und die Funktionsweise jedes Systems zusammen mit dem Hersteller analysiert. Weiterhin wurden Dokumentationen der Hersteller analysiert. Es wurde ferner der Prozess des Einpflegens der Auflagen in die Systeme eruiert. Dazu gehören auch Prozesse der Dokumentation, der Kontakt zu den Behörden, Anbindung an das VEMAGS-Portal, etc. Der Prozess der Übertragung der VEMAGS-Bescheide in die Systeme unterliegt teilweise der Geheimhaltung und konnte nicht vollständig eruiert werden. Weiterhin wurden die technischen Voraussetzungen der jeweiligen Software an in den Fahrzeugen zu installierende Hardware ermittelt.

Es wurden Kontakte zu drei Speditionen hergestellt, die jeweils schon Erfahrungen mit einem der Systeme gesammelt haben. In Interviews mit Disponenten und Fahrern wurden diese Erfahrungen erfragt und zusammengestellt. Schließlich wurden Schwertransporte begleitet, in denen beide Systeme (jeweils eines) im praktischen Einsatz gesichtet werden konnten. Es wurden Fahrten im Führerhaus eines Schwertransports und im Führerhaus eines Begleitfahrzeugs begleitet. Während der Fahrten wurde in Abgleich mit den jeweils ausgedruckten VEMAGS-Bescheiden die Funktionsweise und Genauigkeit der Systeme überprüft. Außerdem wurden während der Fahrt die Fahrer bezüglich der Einschätzung der Systeme, über mögliche erkannte Mängel und über die Vorstellung der Anwender bezüglich der Funktionsweise der Systeme befragt.

Durchweg alle befragten Akteure sind von dem Nutzen Digitaler Beifahrer überzeugt. Alle Fahrer wünschen sich permanent mit Digitalem Beifahrer fahren zu dürfen (auch wenn ein Beifahrer nach Auflage Nr. 21 nicht vorgeschrieben ist). Obwohl die Nutzung eines Digitalen Beifahrers mit Kosten für jede Fahrt verbunden ist, gab es eine Spedition, die als Maßnahme zur Erhöhung der Fahrerzufriedenheit bei jeder Fahrt standardmäßig einen Digitalen Beifahrer zur Verfügung stellte. Vereinzelt gab es Vorschläge für Verbesserungen der Systeme. Auch im Rahmen der eigenen Fahrten wurden Elemente der Funktionalität bzw. Umsetzung identifiziert, die noch verbessert werden können. Die Erkenntnisse sind in das Kapitel 9 (Anforderungskatalog Digitaler Beifahrer) eingeflossen.

Beide gesichteten Systeme sind reine Softwarelösungen, die auf kommerzielle Hardware zurückgreifen. Letztere besteht aus handelsüblichen Tablet-PC mit Touchbedienung, Akkubetrieb und permanenter Aufladung durch ein externes Ladegerät, das an das Bordnetz (z. B. über eine 12 V-Steckdose für elektrische Verbraucher) angeschlossen ist. Eine Recherche bei anderen Herstellern von nachrüstbarer Fahrzeugelektronik ergab, dass man erwarten kann, dass mögliche andere Realisierungen ebenfalls auf eine eigene Hardwareentwicklung verzichten würden. Angesichts der Tatsache, dass Unterstützungen von Großraum- und Schwertransporten einen kleinen Nischenmarkt darstellen und vor dem Hintergrund, dass die Funktionalität der eingesetzten Hardware völlig

ausreichend ist, erwarten wir, dass sich dieses von den beiden Herstellern gewählte Prinzip, allein die Software zu entwickeln, durchsetzen wird.

Beiden Realisierungen ist auch gemein, dass sie nur in Ausnahmefällen bedient werden müssen. In der Regel laufen die Systeme nach Start zu Fahrtbeginn autark und werden nur durch die Fahrtbewegungen des Lkw gesteuert. Einzig die Wahl, ob Tag- oder Nachtansicht gewünscht ist, muss über die Oberfläche des Systems eingegeben werden. Bei beiden Systemen ist die in den RGST geforderte Übermittlung an die Begleitfahrzeuge dadurch realisiert, dass diese jeweils ein eigenes System mit der identischen Software und den identischen gespeicherten Auflagen enthalten. Bei allen Systemen erfolgt die rechtzeitige Ankündigung der Auflagenbereiche und die dort jeweils geltenden Auflagen akustisch durch sprachliche Ausgabe. Zusätzlich werden beide Informationen redundant visuell auf einer Oberfläche ähnlich der eines Navigationssystems ausgegeben (siehe Bilder unten). Auflagen und ggf. Regelpläne werden visuell in einem Bildschirmbereich dargestellt. Die Systeme dienen gleichzeitig als Navigationssysteme mit der vorprogrammierten Route gemäß VEMAGS-Bescheid. Abweichungen von der Route werden deutlich als Fehler dargestellt. Bei beiden Systemen kann für die akustische Ausgabe eine Sprache gewählt werden. Die visuelle Ausgabe fußt fast ausschließlich auf ikonografischen Ausgaben. Sprachliche Zusätze auf Deutsch sind nur für das Begleitfahrzeug relevant. Dadurch können auch ausländische Fahrer bei Vorgabe eines Beifahrers nach Auflage Nr. 21 RGST eingesetzt werden.

Auch der Prozess der Übernahme der VEMAGS-Bescheide und die Geschäftsmodelle sind ähnlich. Die Kunden bezahlen für die Bereitstellung der Software für jede Fahrt separat. Nach dem Freischalten beinhaltet das System alle Informationen, die wegbezogene Auflagen enthalten. Der Prozess der Überführung der VEMAGS-Bescheide geschieht halbautomatisch durch Auslesen der Portable-Dokument-Format-Datei und händische Ergänzungen und Korrekturen. Für alle Übertragungsprozesse gibt es eine lückenlose Dokumentation. Alle ins System überführten Auflagen sind im Nachhinein zu Dokumentationszwecken oder im Streitfall rekonstruierbar. Es ist außerdem ein Prozess zur Sicherstellung der Übertragungsqualität der Informationen aus den VEMAGS-Bescheiden eingebaut. Ein positiver Nebeneffekt dieses Prozesses ist, dass die ursprünglichen VEMAGS-Bescheide auf Plausibilität geprüft werden.

In Bild 7.1 und Bild 7.2 sind Screenshots der beiden Systeme abgebildet.

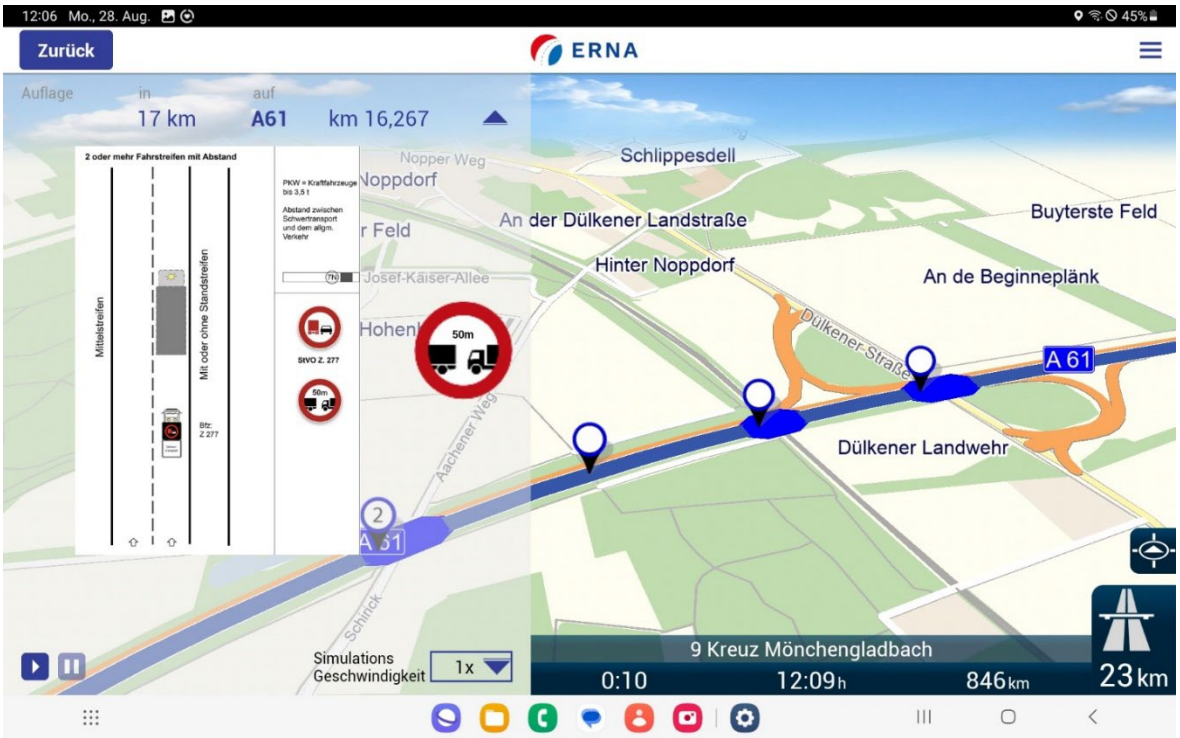

Bild 7.1: Screenshot des Digitalen Beifahrers *ERNA* während des Einsatzes.

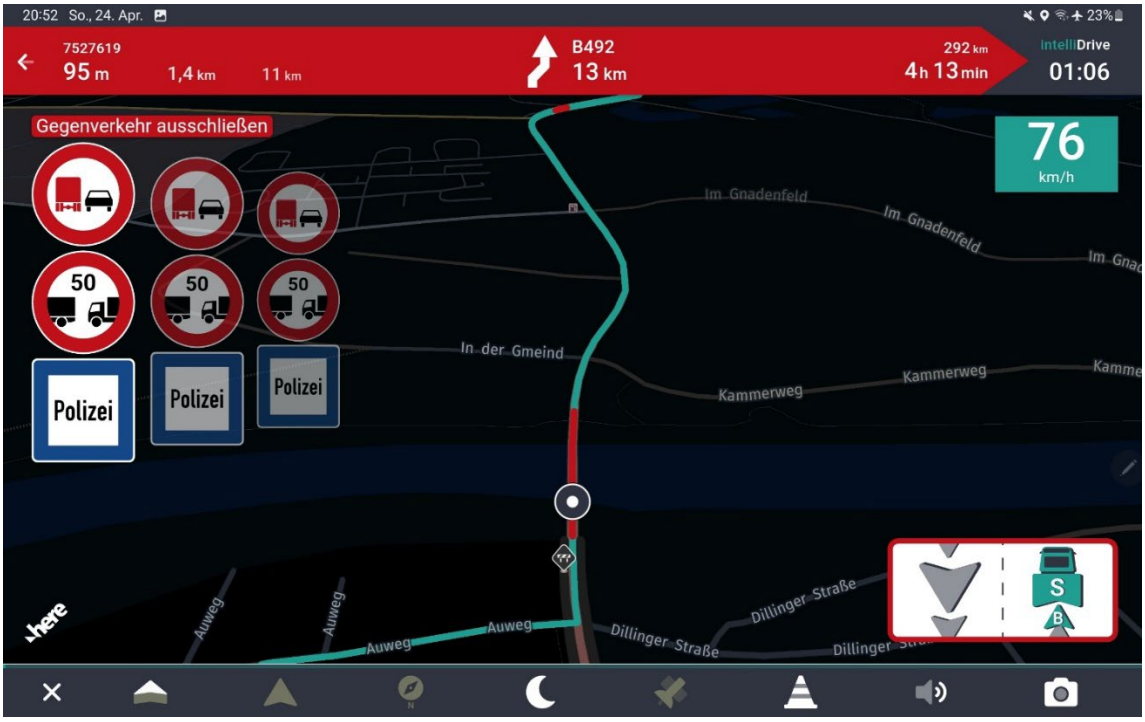

Bild 7.2: Screenshot des Digitalen Beifahrers *intelliDrive* während des Einsatzes (Nachtansicht).

Bezüglich der tatsächlichen Realisierung der Sprachausgabe, der Logik der Vorankündigungen, der Schlüsselwörter und der visuellen Darbietung unterscheiden sich beide Systeme. Die Grundfunktionalität ist bei beiden Systemen wie geschildert in etwa gleich.

Zusammenfassend lassen sich die Fähigkeiten der bisher realisierten Digitalen Beifahrer wie folgt zusammenfassen:

Fähigkeiten bisher realisierter Digitaler Beifahrer

1. Digitalisierung der VEMAGS-Bescheide (Überführung aller Informationen, die während des Transportes von Belang sind, in eine digitale Form) und Sicherstellung der Korrektheit. Der Überführungsprozess ist dokumentiert. Digitaler Nachweis der gebuchten Touren.
2. Realisierung eines Navigationssystems mit einprogrammierter Route entsprechend der genehmigten Route des Transports auf einem handelsüblichen Tablet-PC. Die Digitalen Beifahrer sind ausschließlich Software und haben keine eigene Hardware.
3. Akustische und optische Vorankündigung der jeweils nächsten Auflage (in einem System auch der darauffolgenden Auflagen) in unterschiedlichen Entfernungen zum entsprechenden Bauwerk bis hin zur Entfernung Null. Verbalisierung und Visualisierung der Entfernung zu der auflagenbehafteten Örtlichkeit und der Art der Auflagen. Grundlage sind GPS-Daten. Es ist keine Mobilfunkanbindung notwendig.
4. Warnhinweise beim Verlassen der vorgeschriebenen Route.
5. Begleitfahrzeuge sind mit einem gleichen System ausgestattet. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, die Auflagen über Funk zu kommunizieren. Praktisch wird dennoch teilweise Funk als Mittel der Redundanzerhöhung und Fehlerminimierung eingesetzt. Im Fall des Ausfalls eines der Systeme kann das zweite System als Notersatz eingesetzt werden.
6. Während der Fahrt sind bis auf Bildschirmeinstellungen keine Eingaben in das System notwendig.
7. Es besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Sprachen für die akustische Ausgabe einstellen zu können.

7.2 Vergleich mit Ergebnissen des Anforderungskatalogs

Die in Abschnitt 6.2 formulierten Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer sind in den bisher realisierten Digitalen Beifahrern vollumfänglich umgesetzt.

Die realisierten Systeme haben gegenüber einem menschlichen Beifahrer folgende Vorteile. Nachteile konnten nicht identifiziert werden.

- Redaktionelle Fehler in den VEMAGS-Bescheiden sind (zumindest) teilweise korrigiert
- Sie arbeiten ermüdungsfrei
- Unterlassungsrate der Auflagen ist geringer
- Ermöglichen den Fahrern, auch bei nicht optimaler Sicht oder Dunkelheit oder bei generell schlecht erkennbaren Bauwerken den Ort des Auflagenbereichs oder das jeweilige Bauwerk zuverlässig identifizieren zu können

- Zusätzlich visuelle Darstellung von Auflagen und Regelplänen
- Kontrolle des Fahrtwegs und eines möglichen Verlassens
- Ansagen in anderen Sprachen sind möglich
- Begleitfahrzeuge sind unmittelbarer informiert, keine Gefahr eines Übermittlungsfehlers
- Kann nicht als störende Person empfunden werden

7.3 Mögliche zusätzliche Potentiale von Digitalen Beifahrern

Die Funktionalität Digitaler Beifahrer erlaubt zusätzliche Funktionalitäten, die über den reinen Ersatz von menschlichen Beifahrern hinausgehen. Die berichteten Fähigkeiten zu visualisieren oder einer sehr genauen Lokalisierung auf der Fahrstrecke gehören beispielsweise dazu. Es wären aber auch noch andere, bisher noch nicht umgesetzte Erweiterungen denkbar. So könnten die Systeme bei einer entsprechend hohen Nutzungsquote genutzt werden, um bei der Erstellung von Statistiken zur tatsächlichen Belastung der Infrastruktur in Deutschland zu helfen.

Digitale Beifahrer wären bei entsprechenden Modifikationen auch in der Lage, als Fahrtenschreiber zu dienen, bei welchen gefahrene Geschwindigkeiten georeferenziert relativ genau mit Fahrtabschnitten oder Bauwerken in Verbindung gebracht werden können. Allerdings wären hier die Datenschutzproblematik und auch die Akzeptanz bei der Fahrerschaft stark tangiert.

8 Expertenbefragungen und Evaluierung Digitaler Beifahrer im Einsatz

Nachdem im vorherigen Kapitel aus theoretischen Überlegungen ein Anforderungskatalog für einen Digitalen Beifahrer abgeleitet wurde, sollten in der vorliegenden Studie vorhandene Systeme im praktischen Einsatz und die gezielte Variation technischer Parameter deren Nutzen, aber u. U. auch deren Schwächen evaluiert werden. Dazu wurden Expertenbefragungen bei Fahrern durchgeführt, die schon Erfahrungen mit Digitalen Beifahrern gesammelt haben. Weiterhin wurden zwei Großraum- und/oder Schwer-Fahrten begleitet und während der Fahrt Befragungen und Beobachtungen von Fahrern und Fahrern der Begleitfahrzeuge durchgeführt. Dadurch konnten einerseits die Bedarfe der Fahrer unmittelbar im Einsatz analysiert werden und andererseits mögliche Schwachstellen, aber auch gelungene Realisierungen identifiziert werden. In einer weitere Wahrnehmungsstudie wurden nutzungsrelevante quantitative Parameter abgeleitet, die aus Befragungen und aus theoretischen Überlegungen nicht ableitbar sind.

8.1 Fahrerbefragungen

Zwischen Januar und März 2024 wurden halbstrukturierte Interviews mit einer Dauer von 60-90 Minuten in 7 Speditionen in den Bundesländern Bayern, Saarland, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Brandenburg mit jeweils 2 bis 4 Fahrern (insgesamt 21) durchgeführt. Ziel war es, einen Überblick über die vergangene und gegenwärtige Genehmigungspraxis bezüglich der Auflage 21, über das Fahren mit menschlichem Beifahrer und über Erfahrungen mit Digitalem Beifahrer zu erlangen. Als Zusatzbefragung wurden

Einschätzungen zu Form und Inhalt von VEMAGS-Bescheiden abgefragt. Letzteres war insofern für das Projekt von Bedeutung, da durch den Digitalisierungsprozess für die Nutzung des Digitalen Beifahrers eine mediale Umwandlung erfolgt.

Die Interviews wurden Face-to-Face mit abwechselnden Phasen eines freien Interviews in Form eines Gesprächs und quantitativer Abfragen durchgeführt. Der freie Dialog wurde transkribiert und in qualitative Ergebnisse umgewandelt, die quantitativen Abfragen wurden statistisch ausgewertet und daran anschließend bewertet.

Der Interviewleitfaden enthielt 54 Fragen (siehe Anhang I) aus 7 Kategorien:

K1: Fragen über Fahrerfahrung und VEMAGS-Auflagenerfahrung
K2: Fragen über Erfahrungen mit menschlichem Beifahrer und Auflage 21
K3: Fragen über Erfahrungen bei der Alleinfahrt mit einer hohen Auflagenzahl
K4: Fragen zu Erfahrungen mit Digitalem Beifahrer
K5: Fragen zum Vergleich menschlicher Beifahrer mit Digitalen Beifahrern
K6: Fragen zum Einsatz Digitaler Beifahrer bei Begleitfahrzeugen
K7: Fragen zu Ausführung von VEMAGS-Bescheiden

Tabelle 8.1 Befragungskategorien des Befragungsleitfadens in den Kategorien K1 bis K7

Wegen der Länge des Interviews und der Anonymität der als wissenschaftliche Forschung angekündigten Befragung kann von einer angemessen hohen Ehrlichkeit in der Beantwortung der Fragen ausgegangen werden. So wurde beispielsweise häufig ohne Scheu von absichtlichen Missachtungen von Auflagen berichtet. Allerdings gab es auch Fahrer, die weniger freimütig waren und beispielsweise von der (äußerst unwahrscheinlichen) Einschätzung sprachen, nie eine Auflage verpasst zu haben. Man muss deshalb davon ausgehen, dass es einen bestimmten Bias bei denjenigen Bewertungen gibt, die mit gewissen rechtlichen Folgen verbunden sein können, wie z. B. die Fragen nach verpassten Auflagen oder die Frage der Einschlafquote bei Kollegen als Beifahrer.

Im Folgenden werden zunächst die qualitativen Ergebnisse der Interviews und im Anschluss die quantitativen Ergebnisse dargestellt.

8.1.1 Qualitative Auswertung

8.1.1.1 Erfahrung mit Alleinfahrt

Die befragten Fahrer waren alle erfahrene Schwertransportfahrer (Mittelwert 16 Jahre Fahrerfahrung mit Schwertransport, Bild 8.1) und waren vielfach schon in der Zeit von 2014 und 2020 gefahren, wo die Zahl der Auflagen teilweise schon stark angestiegen war, aber gleichzeitig die Auflage 21 von den Behörden noch relativ vorsichtig und selten gesetzt wurde. Auf die Frage F21 (siehe Anhang), wie sie die Erfüllung vieler Auflagen ohne Begleitung managen konnten, wurden verschiedene Strategien genannt:

Nach Ansicht der Fahrer gibt es zwei Klassen von Auflagen: wichtige und weniger wichtige. Weniger wichtig sind beispielsweise Entfernungsvorgaben auf Autobahnen.

Wichtige Auflagen sind z. B. Höhenauflagen und Auflagen mit Polizeibegleitung. In der Regel werden die VEMAGS-Bescheide vor der Fahrt studiert und wichtige Auflagen mit Marker in den VEMAGS-Bescheiden markiert. Einzelne Fahrer erstellen sich eine handschriftliche Liste der wichtigsten Auflagen, die dann beim Transport im Lkw sichtbar befestigt werden. Fast alle Fahrer haben die ortsbezogenen Auflagen von Anhang 3 des VEMAGS-Bescheides ausgedruckt auf dem Schoß, auf dem Beifahrersitz auf einem Klemmbrett oder anderweitig im Lkw platziert bei sich. Nur ein Fahrer verband dies mit einer Büroklammer, die nach absolvierter Auflage weitergeschoben wurde. Um den kleinen Text in der Nacht überhaupt lesen zu können, wurden immer entsprechende Beleuchtungen eingeschaltet – bis hin zu Stabtaschenlampen im Mund.

Viele Fahrer fuhren gewisse Strecken sehr häufig. Das führt dazu, dass die einschlägigen Auflagenbereiche und die dazugehörigen Auflagen auswendig verinnerlicht waren. Auf die Frage F23 „*Inwiefern helfen Ihnen Streckenkenntnisse bzw. Erfahrungen bei der Einhaltung der Auflagen?*“ wurde durchweg von einer Hilfe zum Einhalten der Auflagen berichtet. Ein Fahrer berichtet sogar, dass er die Streckenauflagen der VEMAGS-Bescheide ohne Lesen des Bescheides während der Fahrt erfüllen würde, da er inzwischen alle einschlägigen Bauwerke und die dazu passenden Auflagen kenne.

Das Fahren alleine, mit einem Auflagenbescheid mit vielen Auflagen und bis zu 250 Seiten wurde von allen durchwegs als sehr beanspruchend geschildert. Allerdings berichtete keiner der Fahrer, aus diesem Grunde einen Unfall verursacht zu haben. Für einen Rückschluss des Einflusses des Alleinfahrens auf die Verkehrssicherheit reicht die Stichprobe wegen der generell kleinen Wahrscheinlichkeit von Unfällen allerdings nicht aus.

Von allen Fahrern wurde aber berichtet, bei Alleinfahrt mehrere Auflagen verpasst zu haben. 71 % der Fahrer gaben an, dass sie bei Alleinfahrt mehrmals eine Auflage verpassen (Bild 8.11). Eine besondere Rolle haben Auflagen, die subjektiv als nicht nachvollziehbar und überflüssig angesehen werden. Das sind beispielsweise Überfahrten über sehr kleine Brücken oder Rohrdurchgänge, die nur wenige Meter kurz sind und optisch als solche praktisch nicht erkannt werden können (siehe Frage F22). Ebenso wie die in der Regel als unsinnig empfundenen 5 km/h-Auflagen werden diese nicht verpasst, sondern bewusst ignoriert. Für letztere wurde häufig das Argument genannt, dass selbst eine begleitende Polizei die Fahrer wegen der empfundenen höheren Unfallgefahr zur Fahrt mit höherer Geschwindigkeit – in der Regel 25 km/h – auffordere.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine Alleinfahrt eines Schwertransports mit vielen Auflagen (>50) ohne direkt erkennbare Gefahrenerhöhung handhabbar ist, aber einerseits für die Fahrzeugführerenden sehr beanspruchend ist und andererseits zu einer vergleichsweise hohen Rate von verpassten Auflagen führt.

8.1.1.2 Erfahrung mit menschlichem Beifahrer, Auflage 21

Bis auf zwei Fahrer hatten alle interviewten Fahrer Erfahrungen mit menschlichen Beifahrern. Im Gegensatz zu einigen Befragten in der BASt-Befragung (Kapitel 4) kommen alle auf die Frage „*Welche Aufgaben hat Ihrer Meinung nach ein menschlicher Beifahrer von Großraum- und Schwertransporten?*“ zu derselben Einschätzung, wie schon in Kapitel 3.2 erörtert (Ansagen der aktuellen Streckenauflage, Beobachtung der Kilometrierung, etc.).

Die Erfahrungen mit menschlichen Beifahrern waren insgesamt sehr heterogen. Die Bewertung hängt stark davon ab, welche Qualifikation die Beifahrer haben und welche Grundeinstellung die jeweiligen Fahrer zu Beifahrern an sich haben. Etwa die Hälfte der

Fahrer nannten auf die Frage „*Wie viele Fahrten haben Sie bereits mit einem menschlichen Beifahrer durchgeführt, der Ihnen unangenehm war?*“ mehr als 10 % aller Fahrten. 30 % der Fahrer sind über die Hälfte der Beifahrer unangenehm und 10 % lehnen Beifahrer rundweg ab (Bild 8.9). Als Gründe wurden mangelnde Hygiene oder mangelnde Sauberkeit im Führerhaus[8], Rauchergeruch, zu viel Kommunikation, aber einfach auch nur Überdruss über zu viel Nähe – insbesondere bei Mehrtagesschichten – genannt. Es gab aber auch Fahrer, die gerne mit Beifahrern fahren, insbesondere, wenn sie sich gut kennen. Positiv wurde die Anwesenheit auch eingeschätzt, wenn Kollegen mit viel Kompetenz mitfuhren. In diesem Fall wurde auch in der Diskussion auf die Frage „*Gab es Fahrten mit menschlichem Beifahrer, bei denen Sie der Meinung waren, dass Sie diesen zur Unterstützung eigentlich nicht bräuchten?*“ die Meinung geäußert, dass diese sehr nützlich seien.

Auf der anderen Seite wurde aber auch von sehr vielen inkompetenten Beifahrern berichtet, die nur mitführen, damit formal die Auflage 21 erfüllt ist und die teilweise die VEMAGS-Bescheide nicht einmal richtig interpretieren könnten. Diese wurden dann nicht nur als unnütz, sondern teilweise als störend empfunden.
Insbesondere von solchen Beifahrern (aber nicht nur bei diesen) wurde von häufigem Einschlafen oder zumindest Einnicken berichtet. Von im Schnitt 31 % (Bild 8.10) der Beifahrer wurde über ein Einschlafen oder zumindest ein Einnicken berichtet. In der Summe führen diese Einschränkungen im Nutzen der Beifahrer dazu, dass auf die Frage: „*Um wieviel wird die Zahl der verpassten Auflagen durch einen menschlichen Beifahrer reduziert?*“ 55 % der Fahrer mit „im Gegenteil“, „gar nicht“ oder „sehr wenige“ antworteten.
Vielfach wurde geäußert, dass die Fahrer die Kommunikation mit dem Begleitfahrzeug auch bei Vorhandensein eines menschlichen Beifahrers selbst machen. 78 % der Fahrer übernehmen eine notwendige Kommunikation mit der Polizei selbst. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass das einzige Funkgerät auf der linken Fahrerseite verbaut ist und zu dauernder Absprache mit dem BF3-Fahrzeug benötigt wird. Es ist aber auch teilweise der Wunsch, die Gesamtkontrolle zu behalten.
Auf die Frage: „*Was würden Sie sich von einem idealen menschlichen Beifahrer wünschen*“ war die häufigste Antwort: „Er soll so sein wie ein Digitaler Beifahrer“.

Zusammenfassen kann gesagt werden, dass gut ausgebildete, kompetente und ausgeruhte Beifahrer durchaus die intendierte Unterstützung für Fahrer(innen) leisten können. Allerdings zeigt die Praxis, dass diese im tatsächlichen Einsatz nur unterrepräsentiert zu finden sind. Zudem fahren einige Fahrer generell nicht gerne mit anderen in „ihrem“ Führerhaus.

Im Vergleich zum Digitalen Beifahrer wird die Nützlichkeit der menschlichen Beifahrer – auch wenn diese besonders kompetent sind – dennoch als geringer eingeschätzt. Auf die Frage: „*Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen, mit menschlichem Beifahrer oder mit Digitalem Beifahrer?*“ wurde zu 100 % der Digitale Beifahrer genannt.

8.1.1.3 Veränderung der Erfahrungen zu gesetzten Auflage 21

In einem Fragenkomplex wurde die subjektive Einschätzung abgefragt, wie sich die Praxis der Behörden, einen Beifahrer nach Auflage 21 zu fordern geändert hat. Offensichtlich ist seit ca. 10 Jahren ein starker Anstieg zu verzeichnen, der sich in einer subjektiv

[8] Genannt wurde z. B.: “Der hat seine Schuhe nicht ausgezogen“

empfundenen Vervielfachung (bis zu 10fach) äußert. Dies ist sicherlich subjektiv überhöht, zeigt aber die zunehmende Relevanz. Wurde die Auflage 21 vor ein paar Jahren nach subjektiver Einschätzung der Fahrer noch ohne erkennbare Logik und selten gesetzt, wird von den Fahrern die derzeitige Quote auf 60 % der Fahrten geschätzt (Bild 8.8). Offensichtlich setzt die Autobahn GmbH jetzt konsequent bei Fahrten mit mehr als drei Streckenauflagen, die RGST wörtlich nehmend, die Auflage 21. So wird auch auf die Frage, ob die Zahl der Fahrten mit gesetzter Auflage 21 nach der Aussetzung zu Coronazeiten wieder die Höhe von vor der Corona-Epidemie erreicht habe, mehrheitlich mit gleich bis mehr beantwortet.

Für die Fahrer werden Fahrten mit 16 Streckenauflagen (im Schnitt) als wenige Auflagen aufgefasst (Bild 8.5) und von diesen offensichtlich auch alleine gut handhabbar. Es wäre zu überlegen die 1992 gesetzte Zahl an heutige Gegebenheiten anzupassen. Fahrten mit weniger als 4 Streckenauflagen werden von den Fahrern nur noch in 10 % der Fahrten berichtet (Bild 8.6).

8.1.1.4 Erfahrungen mit Digitalem Beifahrer

Die Fahrer hatten alle Erfahrungen mit Digitalen Beifahrern, wobei es sehr große Unterschiede zwischen nur einer Fahrt und 500 Fahrten gab. Im Schnitt gab es eine Erfahrung von 117 Fahrten. Generell gab es eine hundertprozentige Zustimmung für den Einsatz des Digitalen Beifahrers. Auf die Frage. „Wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer generell für alle Fahrten?“, also auch dann, wenn die Auflage 21 nicht gesetzt ist, wünschten sich dies ¾ der Fahrer unbedingt (Bild 8.16). Fast durchgängig wurde eine positive Wirkung für die Verkehrssicherheit, eine sehr gute Bedienbarkeit[9], und durchweg ein sehr geringes Ablenkungspotential attestiert (Bild 8.13). Alle Fahrer waren der Meinung, dass die Zahl der verpassten Auflagen bei Einsatz des Digitalen Beifahrers geringer war als bei Fahrten mit menschlichem Beifahrer (Bild 8.14) und alle Fahrer – auch diejenigen, die gute Erfahrungen mit menschlichen Beifahrern hatten – wünschten sich lieber die Fahrt mit digitalem als mit menschlichem Beifahrer (Frage F34). Auf die Frage F35 *„Welche Aufgaben sind mit einem menschlichen oder Digitalen Beifahrer jeweils besser zu lösen?“* wurde einhellig der Digitale Beifahrer als kompetenter eingeschätzt und bei Nachfragen den Menschen nur besondere Kompetenzen wie „Kaffee holen“ zugesprochen.
Dennoch wurde immer noch von verpassten Auflagen – auch bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer – berichtet. Selten wegen Aufmerksamkeitsfehlern, häufiger bei den, wie oben geschildert, als „unsinnig“ empfundenen Auflagen, und zwar als bewusste Missachtung (Bild 8.15).
Die überwiegende Mehrheit der Fahrer nutzt sowohl die Sprachausgabe als auch die visuelle Anzeige der e-Beifahrer. Es gibt aber auch Fahrer, die sich durch die teilweise häufigen und langen Sprachansagen gestört fühlen und den Ton ausschalten. Da durch die visuelle Anzeige ein redundanter Kanal vorhanden ist, der darüber hinaus auch noch mehr Informationen übermitteln kann als der Sprachkanal, erscheint ein möglicherweise störungsminderndes und deswegen verkehrssicherheitserhöhendes Ausschalten der Sprachausgabe vertretbar. Um bei langen Abständen zwischen zwei Streckenauflagen dennoch gewährleisten zu können, dass der visuelle Fokus wieder rechtzeitig auf die visuelle Anzeige gelenkt wird, wird in der Zusammenstellung der Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer (Kapitel 9.2) ein rechtzeitiger akustischer „Weckruf“ vorgeschlagen. Als Bildschirmgröße wurden mehrheitlich 9‘-10‘ gewünscht (Bild 8.12).

[9] Während der Fahrt muss in der Regel nicht bedient werden.

Auf die Frage, welche Verbesserungen für die e-Beifahrer vorgeschlagen würden, gab es keine Hinweise prinzipieller Art, sondern nur Wünsche zu optischen Veränderungen, zu Vorlaufentfernung bei der Ankündigung einer Auflage und ähnliche. Von den Fahrern mit langer Erfahrung (>3 Jahre) mit e-Beifahrern wurde von anfänglichen Softwarefehlern berichtet, die häufig wiederum die Visualisierung betreffen, aber bis hin zu Systemabstürzen führen, die allerdings alle während der Fahrt durch Neustart des Systems wieder behoben werden konnten. Auch von vereinzelten Hardwareausfällen wurde berichtet.
Auf die Frage: „*Was würden Sie machen, wenn der Digitale Beifahrer völlig ausfällt (Hardwarefehler der Tablets, Ausfall GPS, Programm hängt sich auf)*“ antworten einige Fahrer pflichtgemäß wie bei einem Ausfall eines menschlichen Beifahrers durch plötzliche Krankheit „*wir beenden den Transport und warten auf Ersatz*“. Die meisten würden aber unter Missachtung der Auflage 21 mit dem stets mitgeführten VEMAGS-Bescheid weiterfahren. Alle Fahrer führen diesen Bescheid – schon aus Vorschriftsgründen – auch bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer bei jeder Fahrt mit und schauen sich vor der Fahrt den Bescheid durch, wie oben bei der Durchführung von Alleinfahrten geschildert.
Eine Möglichkeit, eine Redundanzebene zum Abfangen von Ausfällen von e-Beifahrern einzuziehen, besteht darin, auch die Begleitfahrzeuge mit einem gleichen System auszustatten. Bei Ausfall des Fahrersystems könnte die Hardware getauscht werden oder die Ansagen würden aus dem Begleitfahrzeug an die GST-fahrende Person gemeldet werden. Als Notlösung ohne Sicherheitseinbußen wäre dies durchaus vertretbar, da Hardware und auch Software von GST-Fahrzeug und Begleitfahrzeug unabhängig sind und ein gleichzeitiger Ausfall sehr unwahrscheinlich ist. Generell wünschen sich viele der interviewten Fahrer, dass auch die Begleitfahrzeuge das gleiche System haben. Nach Aussage über Erfahrungen mit dieser Konstellation fühlen sich alle Beteiligten damit wesentlich entspannter. Teilweise spiegelt sich dies in einer verminderten Kommunikation und teilweise in Dialogen gegenseitiger Bestätigung ob der anstehenden Handlungen im Vorfeld der nächsten Auflage wider.

8.1.1.5 Beurteilung der VEMAGS-Bescheide

Ein Vorteil der Nutzung eines Digitalen Beifahrers liegt darin, dass die im Vorfeld als optisch verbesserungswürdig eingeschätzten VEMAGS-Bescheide durch den Digitalisierungsprozess in eine insgesamt besser wahrnehmbare Form überführt werden. Die Fahrer wurden nach der subjektiv empfundenen Übersichtlichkeit und danach, ob ihnen Ungereimtheiten oder Fehler aufgefallen sind, befragt. 85 % aller Befragten empfinden die VEMAGS-Bescheide als unübersichtlich (siehe Bild 8.17), und immerhin 45 % der Befragten haben schon häufig oder ab und zu Fehler entdeckt.

8.2 Quantitative Befunde

Im Folgenden sind die statistisch ausgewerteten Ergebnisse der Fragen mit quantitativen Antworten dargestellt. Die dargestellten Boxplots zeigen den Mittelwert (blauer Punkt), den Median (dicker waagrechter Strich), Ausreißer (dünne Extrapunkte), die untere und obere Quartillinie (obere und untere Begrenzung der Box) und den Bereich der Antworten (vertikale dünne Linie) dar.

8.2.1 Fahrerfahrung

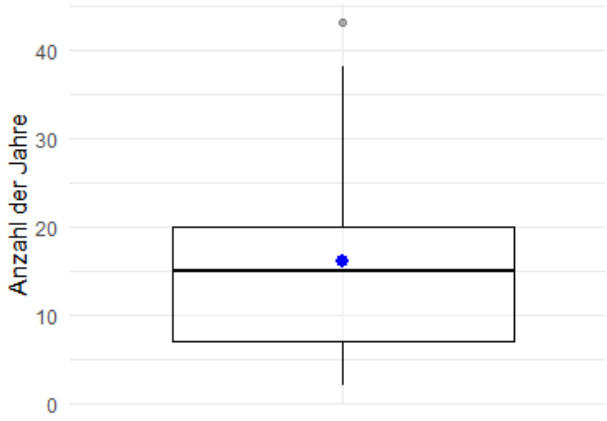

Bild 8.1: F1 (*N*= 21) – Wie viele Jahre fahren Sie schon Schwertransporte?

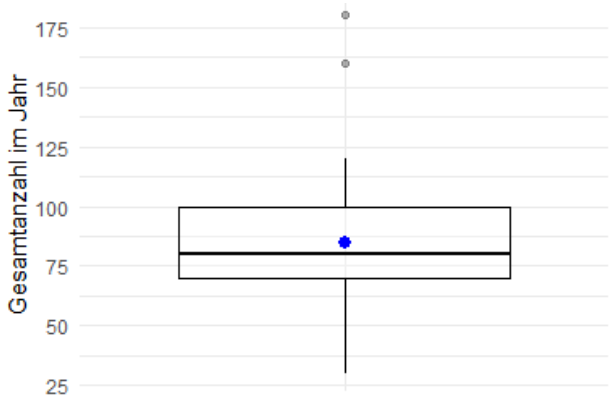

Bild 8.2: F2 (*N*=21) – Wie viele Schwertransporte führen Sie pro Jahr durch?

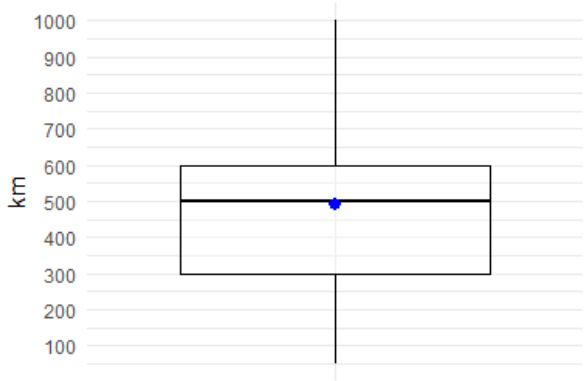

Bild 8.3: F3 (*N*=21) – Welche Distanzen fahren Sie im Schnitt?

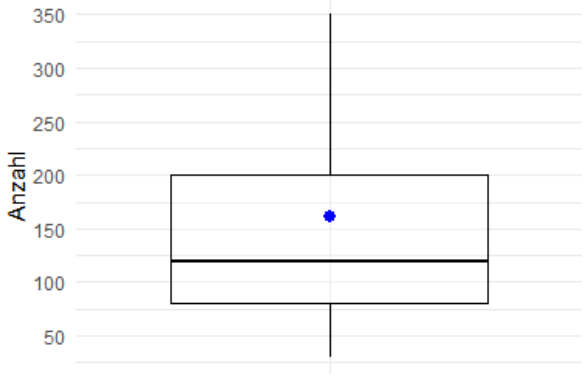

Bild 8.4: F4 (*N*=21) – Wie viel Auflagen in Anhang 3 der VEMAGS-Bescheide gibt es bei Ihnen maximal?

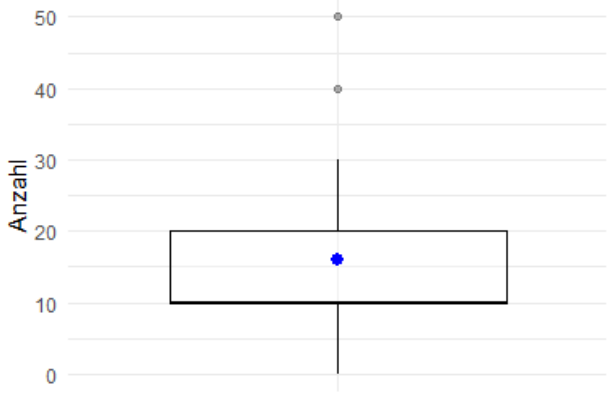

Bild 8.5: F5 (*N*=21) – Was sind für Sie Fahrten mit wenig Auflagen?

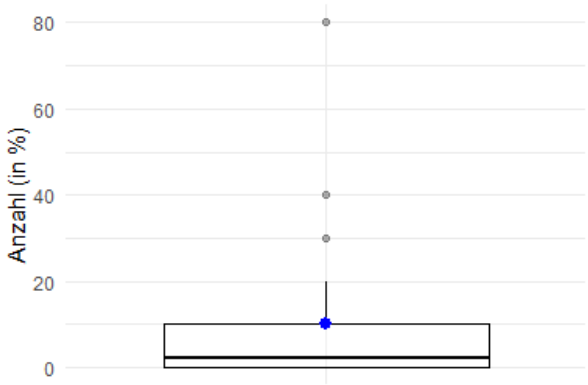

Bild 8.6 (*N*=21): F6 – Wie viele Fahrten mit weniger als vier Auflagen gibt es in Verhältnis zu allen Fahrten?

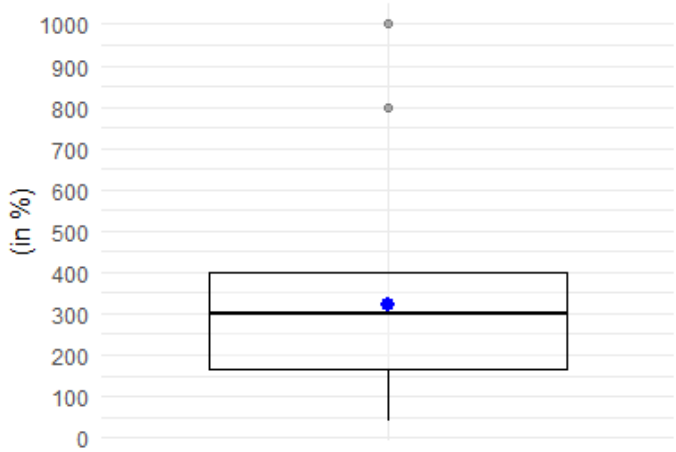

Bild 8.7: F7 (*N*=16) – Wie (um welchen Faktor) hat sich die Auflagenanzahl in den letzten 10 Jahren aus Ihrer Sicht erhöht?

8.2.2 Fahren mit menschlichem Beifahrer

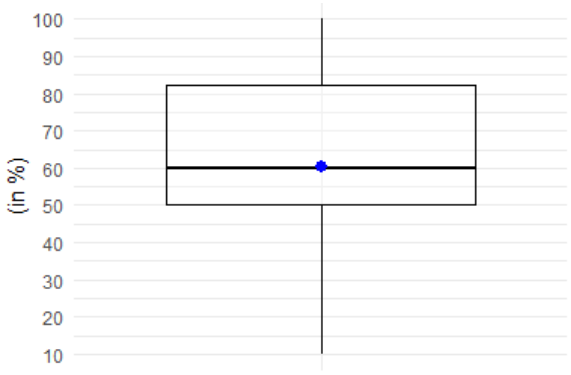

Bild 8.8: F10 (*N*=20) – In wie vielen Ihrer Fahrten (ungefährer Anteil) gibt es eine Auflage, einen menschlichen Beifahrer einzusetzen?

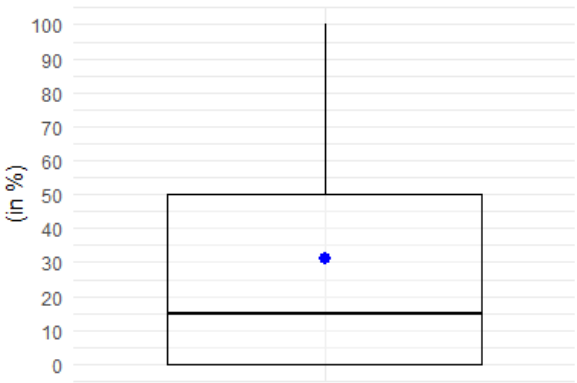

Bild 8.9: F13 (*N*=17) – Wie viele Fahrten (Anteil) haben Sie bereits mit einem menschlichen Beifahrer durchgeführt, der Ihnen unangenehm war?

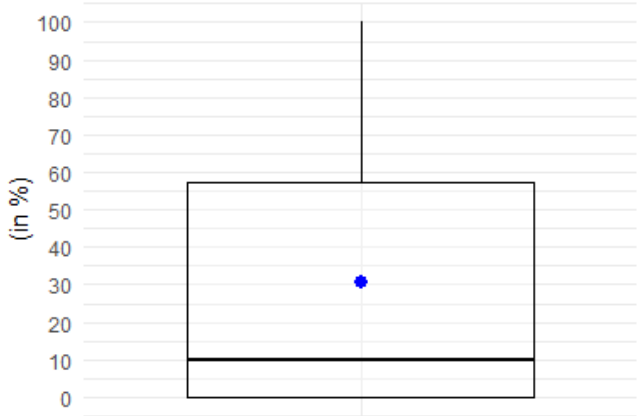

Bild 8.10: F17 (*N*=18) – Hatten Sie schon einmal die Erfahrung, dass ein menschlicher Beifahrer eingeschlafen ist? In wie vielen von 100 Fahrten?

8.2.3 Wirkung menschlicher Beifahrer im Vergleich zur Alleinfahrt

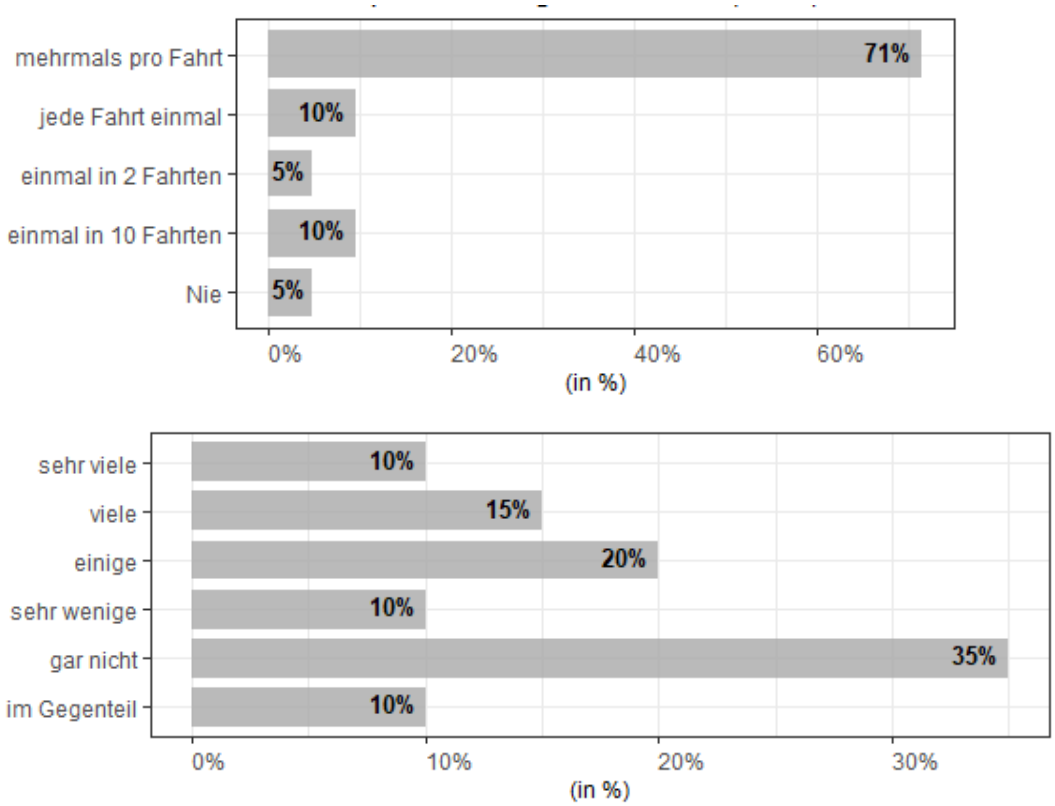

Bild 8.11: F24 – Anzahl der berichteten verpassten Auflagen bei Alleinfahrt (oben, *N*=21). Wirkung menschlicher Beifahrer F20 - Um wieviel wird die Zahl der verpassten Auflagen durch einen menschlichen Beifahrer reduziert? (unten, *N*=20).

8.2.4 Digitaler Beifahrer

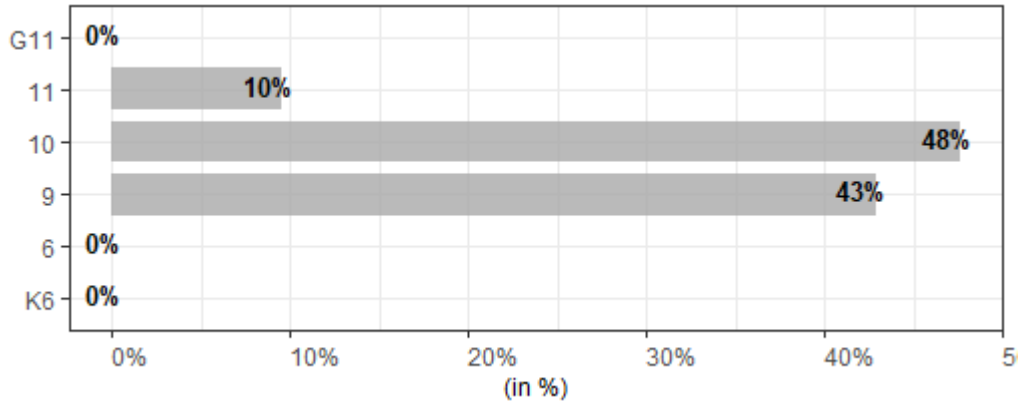

Bild 8.12: F43 (*N*=21) – Welche Bildschirmgröße (in Zoll) wünschen Sie sich? (G11= größer 11‘, K6=kleiner 6‘)

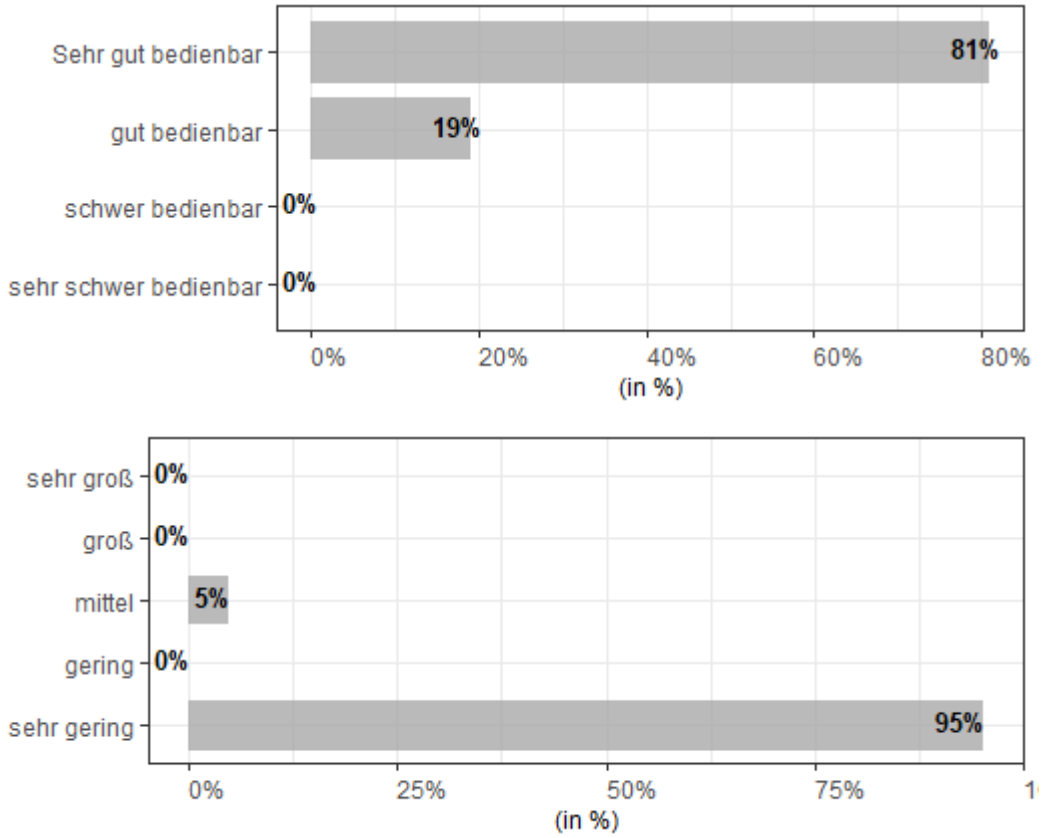

Bild 8.13: F32 (*N*= 21). Wie schätzen Sie die Bedienbarkeit des Digitalen Beifahrers ein (oben). F31 (*N*=21) Wie schätzen Sie das Ablenkungspotential des Digitalen Beifahrers ein? (unten)

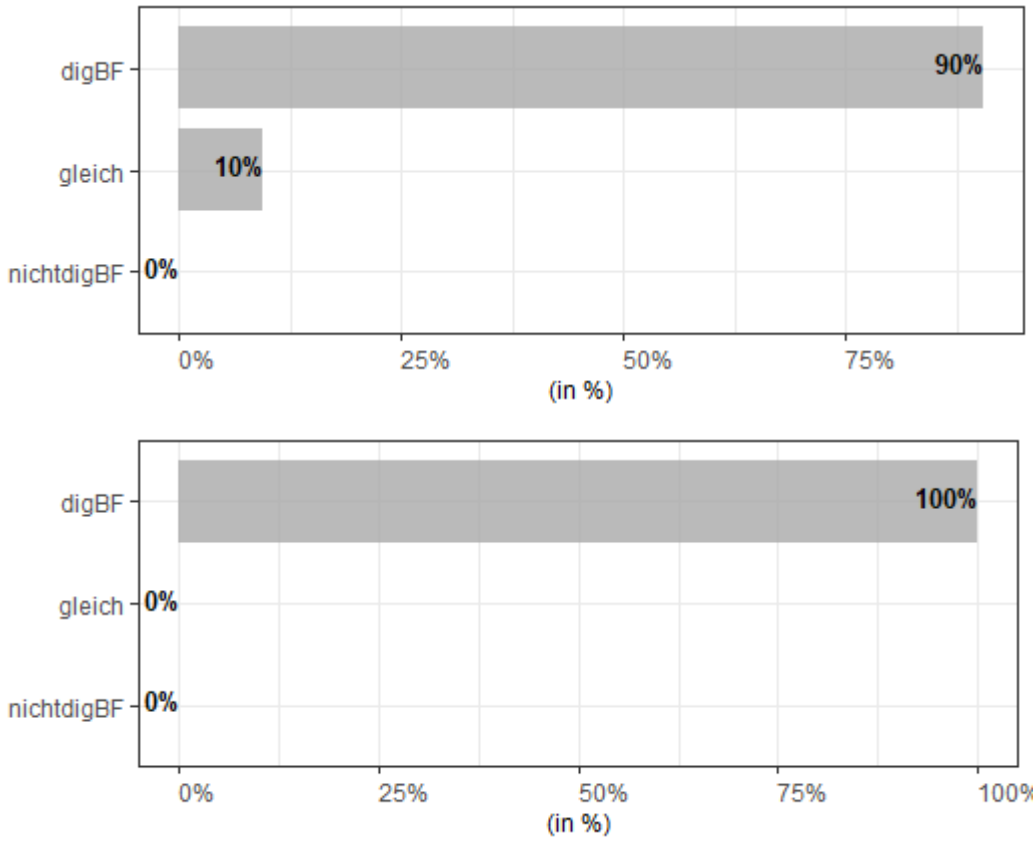

Bild 8.14: F36 (*N*=21) Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen: mit Digitalem Beifahrer oder bei Alleinfahrt? (oben) F37 (*N*=20) Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen, mit menschlichem Beifahrer oder mit Digitalem Beifahrer? (unten)

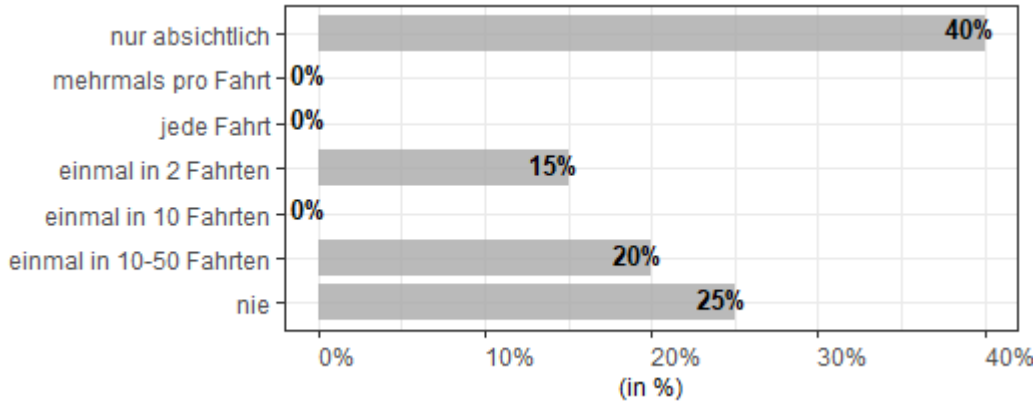

Bild 8.15: F39 (*N*=20) Haben Sie sich schon einmal dabei ertappt, trotz Digitalen Beifahrers einer Auflage verpasst zu haben?

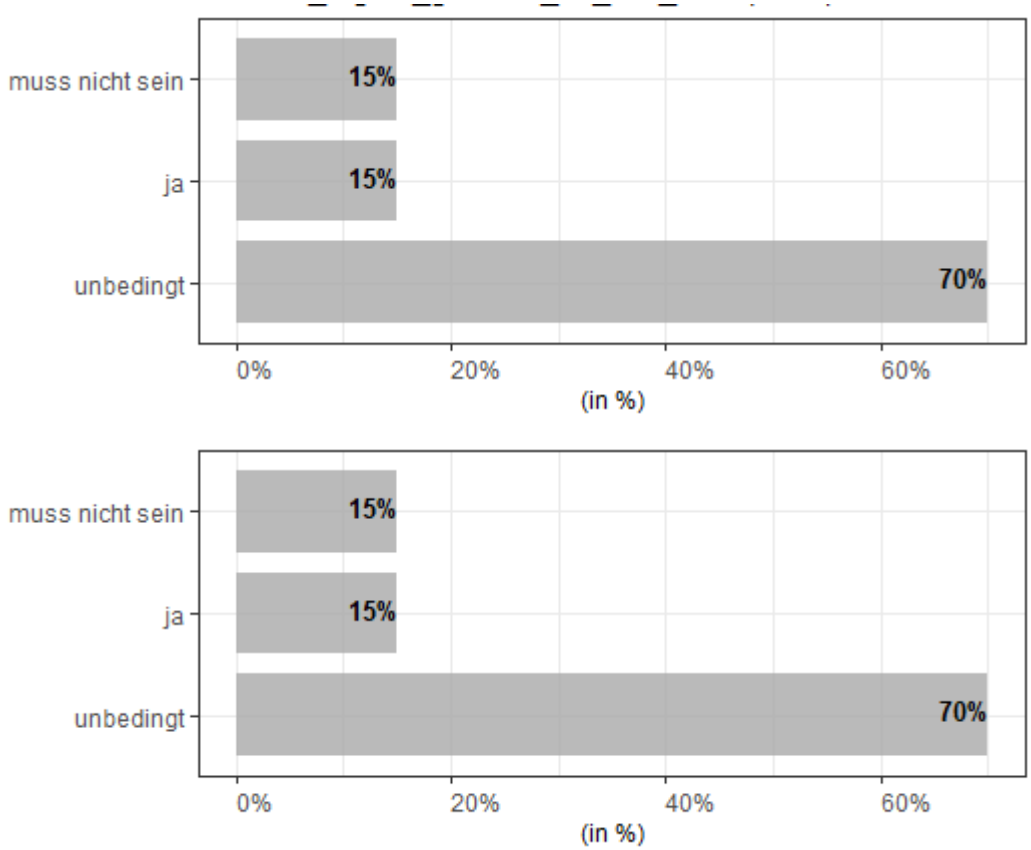

Bild 8.16: F48 (*N*=20) Wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer generell für alle Fahrten? (oben). F51 (*N*=20) Wenn Sie mit Digitalem Beifahrer fahren, wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer auch generell für BF3-Fahrer? (unten)

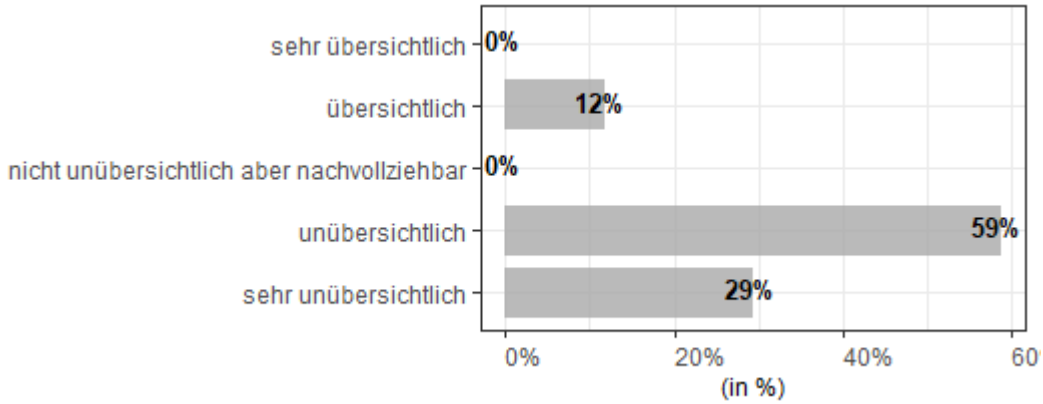

Bild 8.17: F52 (*N*=19) Bitte bewerten Sie die Übersichtlichkeit auf den VEMAGS-Bescheiden.

8.3 Wahrnehmungsstudie

8.3.1 Vorbemerkungen

Für die Definition von Eigenschaften und Fähigkeiten von e-Beifahrern (siehe Kapitel 9) ist es angebracht, bestimmte Aspekte zu definieren, die Interaktionen der Nutzenden betreffen. Eine aktive Bedienung während der Fahrt ist bei den bekannten Realisierungen von e-Beifahrern in der Regel nicht notwendig. U. U. werden Helligkeit und Lautstärke eingestellt – meistens aber vor der Fahrt oder in Pausen. Allerdings gibt es aus wahrnehmungspsychologischer Sicht durchaus einige Aspekte, die bei einer Festlegung von Eigenschaften und Fähigkeiten von e-Beifahrern berücksichtigt werden sollten. Diese galt es in einer Wahrnehmungsstudie zu bestimmen.
Bei der Konzeption von möglichen zu definierenden Wahrnehmungsaspekten für den Vorgabenkatalog des e-Beifahrers ist zu bedenken, dass im Sinne der unternehmerischen Freiheit unterschiedlicher Anbieter von e-Beifahrern nur *generische* Aspekte in den Vorgabenkatalog mit aufgenommen werden können. Viele spezifische Gestaltungsaspekte der visuellen Komponenten in der Realisierung von e-Beifahrern wären generell auch mögliche Kandidaten für eine wahrnehmungspsychologisch untermauerten Optimierung. Diese wären aber immer produktspezifisch und deshalb außerhalb des Fokus dieser Studie.
Vor diesem Hintergrund wurden drei untersuchungswürdige Gestaltungsaspekte von e-Beifahrern identifiziert, die ausreichend generisch sind:

1. **Sichtwinkel zur Anzeige**
   Mit Sichtwinkel zur Anzeige ist der Winkel gemeint, der durch den Mittelpunkt der Anzeige des e-Beifahrers (Tablet-PC) und der Sichtachse des Fahrers in Fahrtrichtung definiert ist. Bei einem zu großen Sichtwinkel – beispielsweise im Extremfall bei Platzierung des Tablet-PC auf dem Beifahrersitz, ist bei einem Blick auf das System die periphere Informationsaufnahme des Verkehrsgeschehens zu stark eingeschränkt bzw. durch erzwungene lange Blickabwendung der Fokus auf das Verkehrsgeschehen gestört.
2. **Bildschirmgröße der Anzeige**
   In der Expertenbefragung von Schwertransportfahrern (Kapitel 6.1) wurde auch nach der bevorzugten Größe des Tablet-PC gefragt. Die Ergebnisse dieser Befragung sollen durch die Wahrnehmungsstudie untermauert oder ggf. korrigiert werden. Bei zu kleinen Anzeigen sind u. U. nicht mehr alle Bildinhalte ausreichend genug differenziert wahrnehmbar. Zu große Anzeigen verdecken u. U. die Sicht auf die Straße oder bewirken nachts eine Blendung.
3. **Größe der textuellen Elemente der Anzeige**
   Auf der Anzeige des Digitalen Beifahrers werden graphische Elemente (Verkehrsschilder, Regelpläne, siehe Bild 7.1) und Textinhalte (z. B. Entfernungsangaben, Bild 7.2) dargeboten. Wesentlich für Letztere ist wegen der Lesbarkeit insbesondere die Festlegung einer minimalen absoluten Fontgröße. Die Fontgröße ist auf den für e-Beifahrer eingesetzten Tablet-PCs über PC-Einstellungen anpassbar und in der Regel unabhängig von der Bildschirmgröße.

Das Setup für die Untersuchung dieser wahrnehmungsrelevanten Designgrößen für Digitale Beifahrer sollte möglichst realitätsnah mit einer realistischen dynamischen

Navigationsanzeige und mit realistischen Anzeigen für Auflagen erfolgen. Eine reine Laborstudie wäre deshalb nicht angebracht gewesen. Eine mögliche Untersuchung in realen Schwertransportfahrten musste allerdings auch verworfen werden – einerseits wegen der nicht verantwortbaren Sicherheitsgefährdung und andererseits wegen der unangemessen hohen Untersuchungszeit, die zudem nicht standardisierbar gestaltet hätte werden können.
Aus diesem Grund wurde ein Versuchssetup mit BF4-Fahrzeugen im Umfeld einer großen Spedition in Bayern gewählt. Die Aufgabe der Probanden war es, einem standardisierten Rundkurs entlang einer einprogrammierten e-Beifahrer-Route mit einer Vielzahl visualisierter Auflagen zu folgen. Die Auflagenanzeigen bezogen sich nicht auf tatsächlich existierende Bauwerke, sondern dienten nur als realistischer visueller Stimulus. Die akustische Ausgabe wurde zur Vermeidung von Interaktionseffekten mit dieser Modalität ausgeschaltet.
Im Folgenden wird das Untersuchungskonzept zur Festlegung von Grenzwerten für die eben definierten Größen vorgestellt.

8.3.2 Untersuchungskonzept

Forschungsfrage(n):

Was sind die Mindestanforderungen bzw. die optimale Auslegung eines Digitalen Beifahrers in Bezug auf …

1) ... die Positionierung der Anzeige des Digitalen Beifahrers im Fahrzeug?
2) ... die Größe des Displays (und damit der Bildinformationen in Verbindung mit den Textinformationen)?
3) ... die Schriftgröße (außerhalb der Bildbereiche)?

Unabängige Variablen (UV):

- Sichtwinkel: 3-fach gestuft (Mittelkonsole und zwei weitere Einstellungen, +25° und + 50°)[10]
- Bildschirmgröße: 3-fach gestuft von 8, 10 und 15 Zoll[11]
- Textgröße: 4-fach gestuft: 2x unter (1,6 mm[12], 2.0 mm) Defaultwert (2,2 mm) und 1x über dem Defaultwert (2,4 mm) von e-Beifahrer (IntelliRoad) [13]

Es werden keine Interaktionseffekte geprüft. Bei Stufung einer UV werden die beiden verbleibenden UVs auf einen Defaultwert gesetzt, um deren etwaigen Einflüsse auf die Erkennbarkeit auszuschalten:

- Sichtwinkel = Defaultwert (Mittelkonsole)
- Bildschirmgröße = Defaultwert (10 Zoll)
- Textgröße = Defaultwert (2,2 mm des kleinen m. Bildschirm-Auge-Abstand 80 cm)

[10] Variablennamen: S0=Mittelkonsole), S25, S50
[11] Variablennamen: B8 B10, B15
[12] Zahl bezieht sich auf die Höhe des kleinen m.
[13] Variablennamen: TM2, TM1, T0 (Defaultwert), TP1

Abhängige Variablen (AV):

- Befragung und Antworteingabe durch den Versuchsleiter

  - <u>Erkennbarkeit/Lesbarkeit:</u>
    Frage an Probanden: *„In dieser Einstellung kann ich alle relevanten Texte/Bildinformationen bei einer kurzen Blickzuwendung – ohne Suchen, Vorbeugen o.ä. – eindeutig und mühelos lesen/erkennen“*.
    - Trifft gar nicht zu
    - Trifft eher nicht zu
    - Trifft eher zu
    - Trifft voll und ganz zu[14]

  - <u>Beeinträchtigung:</u>
    Frage an Probanden: *„Die derzeitige Einstellung empfinde ich als störend – beim Draufschauen oder generell beim Autofahren: es stört im Blickfeld/verdeckt die Sicht/blendet/o.ä.“*
    - Trifft gar nicht zu
    - Trifft eher nicht zu
    - Trifft eher zu
    - Trifft voll und ganz zu[15]
  - <u>Gesamtbewertung:</u>
    Die derzeitige Einstellung finde ich für den Einsatz bei Groß- und Schwerraumtransporten geeignet.
    - Trifft gar nicht zu
    - Trifft eher nicht zu
    - Trifft eher zu
    - Trifft voll und ganz zu[16]

Die Fragen zur Erkennbarkeit, Beeinträchtigung und Gesamtbewertung werden jeweils einzeln abgefragt.
Die UV werden jeweils von groß nach klein oder von klein nach groß variiert, um Reihenfolgeeffekte untersuchen zu können. Die Variationsrichtung variiert randomisiert zwischen den Versuchspersonen, um hier Reihenfolgeeffekte auszuschließen. Ebenfalls randomisiert zwischen den Versuchspersonen ist die Reihenfolge der jeweils variierten UV. Jeder Proband bekommt einen spezifischen Untersuchungsplan. Kein Untersuchungsplan ist gleich.

Versuchsaufbau:

- Fahrzeug
  - BF3-Fahrzeug oder Fahrzeug mit gleicher Größe
- Ausstattung
  - E-Beifahrer
    - IntelliRoad

[14] Intern codiert mit -2,-1,+1,+2
[15] Intern codiert mit -2,-1,+1,+2
[16] Intern codiert mit -2,-1,+1,+2

    - Halterungen an Mittelkonsole, +25° und +50° zur Positionierung des e-Beifahrers und Variation des Sichtwinkels
- Strecke
    - Eigenschaften: Landstraße/Innerorts mit geringem Verkehrsaufkommen (Auswahlkriterium: Speditionsnähe)
    - Länge: Fahrtzeit von ca. 20 – max. 30 min (Vermeidung von Ermüdungseffekten), Rundkurs
    - Jeweils identische Rahmenbedingungen für alle VP. Gleiche Strecke, gleiche visualisierte Auflagen
- Nebenbedingungen
    - Die Sprachausgabe wurde für die Untersuchung ausgeschaltet.

Vorgehen:
Aufgabe:
- Proband bekommt Einweisung in die Untersuchungsziele.
- Proband fährt in Begleitung des Versuchsleiters eine vorgegebene Strecke (s. o.) unter Einsatz des e-Beifahrers ab.
- Während der Fahrt werden die UV gemäß versuchspersonenspezifischen Untersuchungsplan variiert.
- Nach jeder Variation erfolgt Befragung durch Versuchsleiter (s. AV) und Antworteingabe.
- Außerdem wurden Gründe für die Bewertung abgefragt und separat notiert.
- Veränderung der Einstellungen und Wiederholung der Befragungen bis jede Einstellung gesichtet und bewertet wurde.

Ablauf:
- Demographischer Fragebogen
- Vorabinformation über Ablauf und Aufgabe
- Instruktion
- Versuchsfahrt (Permutation der Reihenfolge der UV-Abfolge/Stufen (aufwärts vs. abwärts))

Versuchspersonen:
- $N = 14$
- Auswahlkriterien:
    - Erfahrung mit Großraum- und Schwertransporten
    - Aktuell fahrtauglich und im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis
    - Keine Probleme mit Augen/Sehfähigkeit am Versuchstag
    - Vorerfahrung mit e-Beifahrer
- Stichprobenbeschreibung (kein Auswahlkriterium):
    - Rolle: Fahrer/Begleiter/e-Beifahrererfahrung

8.3.3 Statistische Analysemethode:

Um die Mindestanforderungen bzw. die optimale Auslegung eines Digitalen Beifahrers in Bezug auf die Bildschirmgröße, Displayposition und Textgröße zu ermitteln, wurde eine

multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung (MANOVA) mit der multRM-Funktion aus dem MANOVA.RM-Paket in R (FRIEDRICH et al., 2019) durchgeführt.
Die Analyse multivariater Daten wie in der vorliegenden Studie basiert in der Regel auf klassischen MANOVA-Modellen, die mehrere Voraussetzungen erfüllen müssen, wie multivariate Normalität und/oder Homogenität der Kovarianzmatrizen. Im Gegensatz dazu verwenden MANOVA.RM-Modelle ein parametrisches Bootstrap-Verfahren, das allgemeine heteroskedastische Designs einbezieht und singuläre Kovarianzmatrizen zulässt (FRIEDRICH et al., 2019). Diese sind robust gegenüber Verletzung der Normalität und Heteroskedastizität und daher auch für kleine Stichprobengrößen geeignet (FRIEDRICH & PAULY, 2018). Die multRM-Funktion eignet sich insbesondere für multivariate Messwiederholungsdesigns. Für die Modellanalyse der Befragungsergebnisse der Wahrnehmungsstudie wurde ein parametrisches Bootstrapping-Verfahren (10.000 Iterationen) eingesetzt. Die Ergebnisse der multivariaten ANOVA-Test-Statistik (MATS) und der Resampling-P-Wert werden im Folgenden gezeigt.
Um zu bestimmen, welche Gruppen-Mittelwerte sich signifikant von anderen Gruppen-Mittelwerten unterscheiden (d. h. die Differenz zwischen den präsentierten Bedingungen) wurden post hoc paarweise Vergleiche nach BENJAMINI/HOCHBERG durchgeführt. Benjamini/Hochberg-Post-Hoc-Tests kontrollieren die Falschentdeckungsrate (FDR, False Discovery Rate) und ermöglichen es so, alle akzeptablen Bedingungen zu identifizieren (BENJAMINI & HOCHBERG,1995).

8.3.4 Ergebnisse

Demographische Daten: N=14, Alter (M=36, von 25 bis 62)

Die Variablennamen im Folgenden sind wie folgt zu deuten: B=Bildschirmgröße von 8‘-15‘, S=Sichtwinkel von 0=Mittelkonsole bis 50° nach rechts verschoben, T=Textgröße von TM2=Minus 2 bis TP1=Plus1. Die Bewertungen laufen von -2 bis +2, wobei +2 bei den abhängigen Variablen Erkennbarkeit und Gesamteindruck positiv und bei Beeinträchtigung negativ belegt sind. Die beste Bewertung ist deshalb durch [+2,-2,+2] definiert.

	N	ERKENNBARKEIT		BEEINTRÄCHTIGUNG		GESAMTEINDRUCK	
		mean	sd	mean	sd	mean	sd
B8	14	0,00	1,71	0,00	1,41	0,29	1,38
B10	14	1,79	0,43	-1,93	-0,27	1,86	0,36
B15	14	1,86	0,36	-0,64	1,50	1,00	1,18
S0	14	1,93	0,27	-2,00	0,00	1,93	0,27
S25	14	1,43	0,85	-0,21	1,48	0,50	1,22
S50	14	0,29	1,54	1,50	1,09	-1,21	1,05
T0	14	1,79	0,43	-1,93	0,27	2,00	0,00
TM1	14	1,29	0,83	-1,07	1,21	1,36	0,50
TM2	14	0,00	1,41	-0,07	1,49	0,07	1,33
TP1	14	2,00	0,00	-2,00	0,00	2,00	0,00

Tabelle 8.2: Deskriptive Statistik – Gesamt Mittelwert

Das folgende Bild demonstriert die Reihenfolgeeffekte. Befragung in Richtung höherer Werte (Auf) unterscheiden sich von Mittelwerten, für Befragungen in Richtung niedrigerer Werte (Ab).

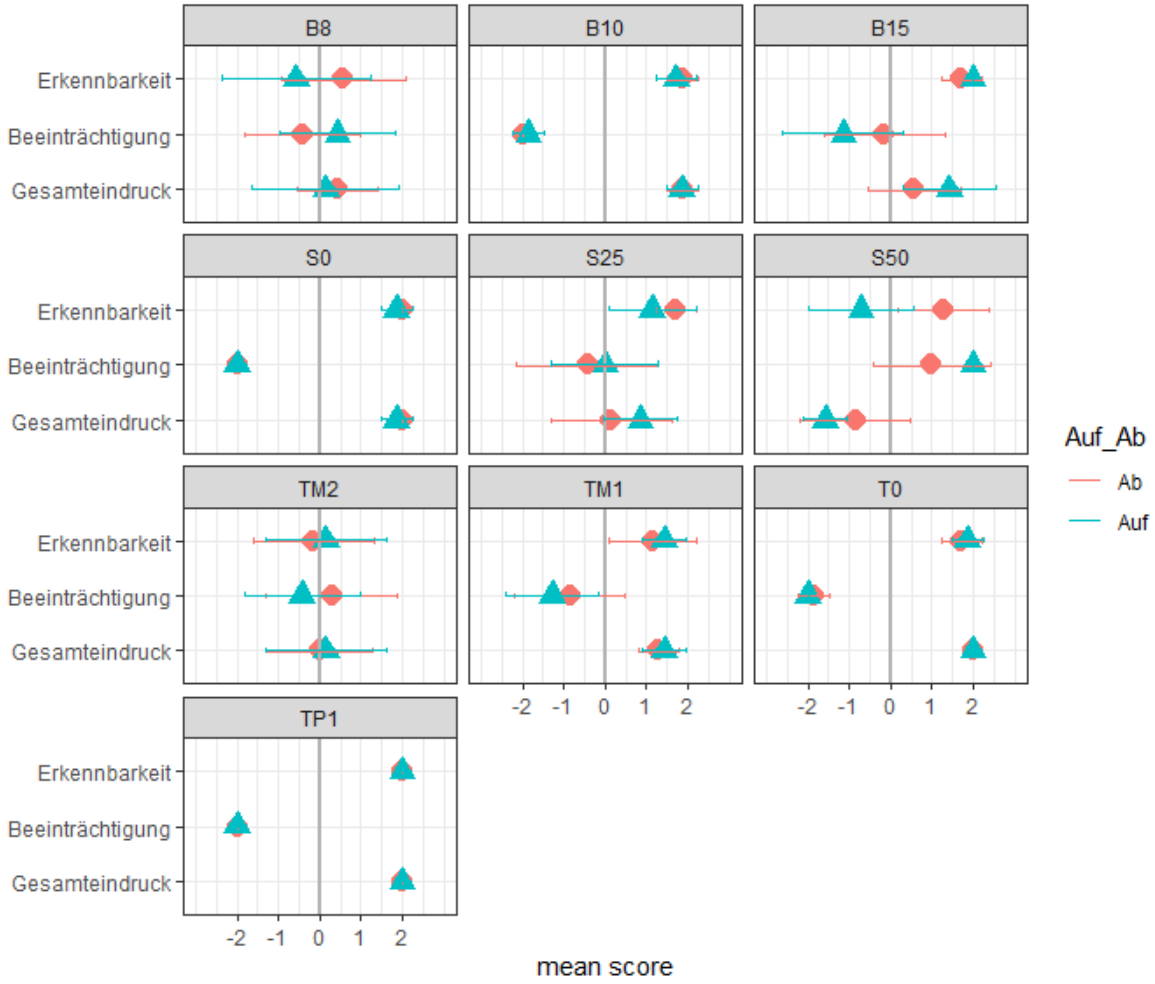

Bild 8.18: Mittelwerte und Standardfehler der Befragungsergebnisse getrennt nach Richtung (Ab, Auf) der sequentiellen Änderung der UV.

Besonders bedeutend sind die Richtungsunterschiede bei den UV-Bedingungen, die von den Defaultwerten (B10, S0, T0) abweichen.

Im folgenden Bild sind die Gesamtmittelwerte und Standardfehler (keine Differenzierung nach auf und ab) dargestellt.

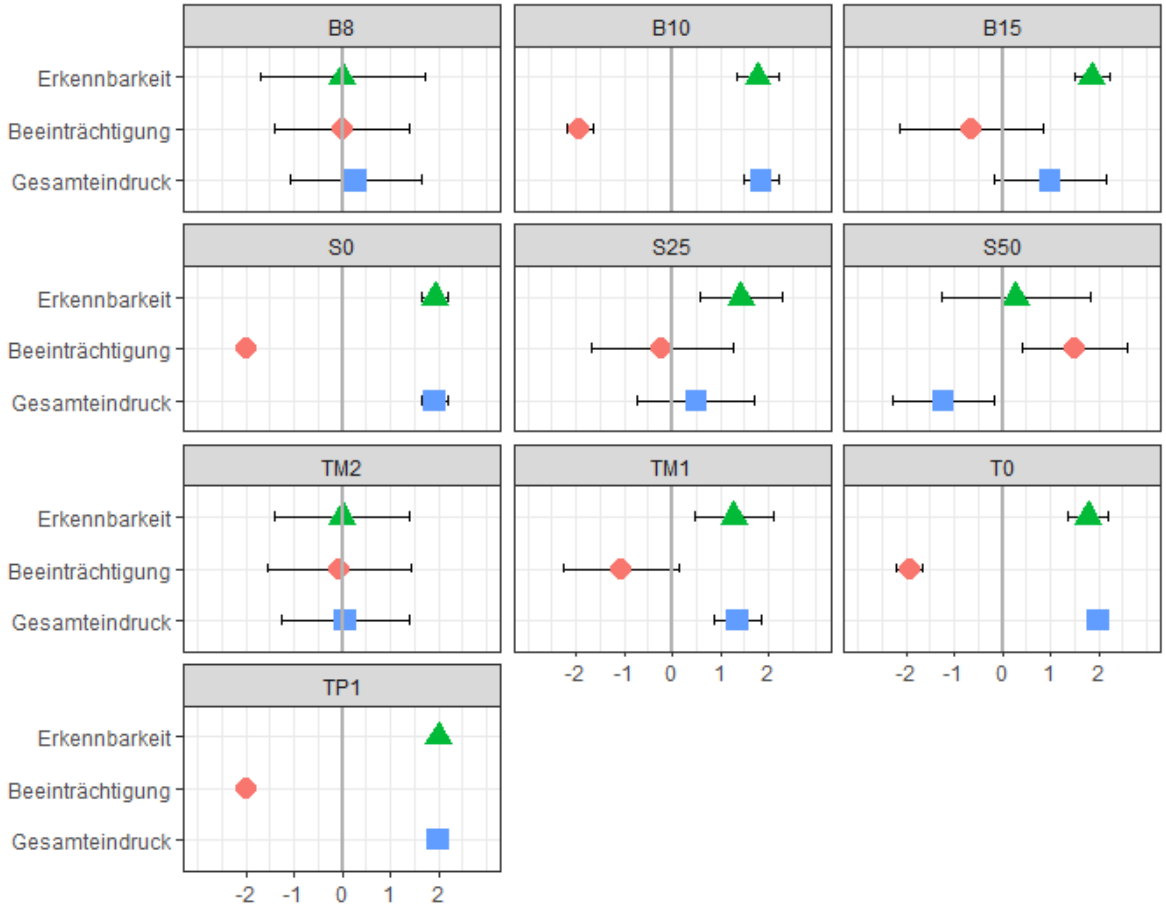

Bild 8.19: Grafische Darstellung der Mittelwerte und Standardfehler für jede Bedingung

Statistische Signifikanz

MANOVA-Ergebnisse: Die MANOVA mit Messwiederholung zeigte, dass die Probanden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen-Interventionen zeigen, MATS= 568.7, p<.001.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Post-Hoc-Tests zur Ermittlung der Signifikanz von Mittelwertunterschieden dargestellt. Mit dem gewählten MANOVA-Verfahren konnten keine Effektstärken ermittelt werden. Die Beschreibung der wichtigsten Signifikanzen erfolgt im Anschluss.

```
        Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data:  data$Erkennbarkeit and data$variierte_Variable

    B8      B10     B15     S0      S25     S50     TM2     TM1     T0
B10 9.8e-05 -       -       -       -       -       -       -       -
B15 4.6e-05 1.00000 -       -       -       -       -       -       -
S0  2.0e-05 1.00000 1.00000 -       -       -       -       -       -
S25 0.00404 1.00000 1.00000 1.00000 -       -       -       -       -
S50 1.00000 0.00206 0.00102 0.00048 0.05427 -       -       -       -
TM2 1.00000 9.8e-05 4.6e-05 2.0e-05 0.00404 1.00000 -       -       -
TM1 0.01536 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.17118 0.01536 -       -
T0  9.8e-05 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00206 9.8e-05 1.00000 -
TP1 8.7e-06 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00022 8.7e-06 1.00000 1.00000

P value adjustment method: hochberg
> pairwise.t.test(data$Beeinträchtigung, data$variierte_Variable, p.adjust = "hochberg")

        Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data:  data$Beeinträchtigung and data$variierte_Variable

    B8      B10     B15     S0      S25     S50     TM2     TM1     T0
B10 0.00017 -       -       -       -       -       -       -       -
B15 1.00000 0.03871 -       -       -       -       -       -       -
S0  8.7e-05 1.00000 0.02383 -       -       -       -       -       -
S25 1.00000 0.00114 1.00000 0.00063 -       -       -       -       -
S50 0.00766 1.8e-12 1.9e-05 7.1e-13 0.00114 -       -       -       -
TM2 1.00000 0.00033 1.00000 0.00017 1.00000 0.00420 -       -       -
TM1 0.18110 0.50294 1.00000 0.39526 0.50294 1.3e-07 0.27903 -       -
T0  0.00017 1.00000 0.03871 1.00000 0.00114 1.8e-12 0.00033 0.50294 -
TP1 8.7e-05 1.00000 0.02383 1.00000 0.00063 7.1e-13 0.00017 0.39526 1.00000

P value adjustment method: hochberg
> pairwise.t.test(data$Gesamteindruck, data$variierte_Variable, p.adjust = "hochberg")

        Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data:  data$Gesamteindruck and data$variierte_Variable

    B8      B10     B15     S0      S25     S50     TM2     TM1     T0
B10 0.00029 -       -       -       -       -       -       -       -
B15 0.60573 0.22165 -       -       -       -       -       -       -
S0  0.00012 1.00000 0.13815 -       -       -       -       -       -
S25 1.00000 0.00290 1.00000 0.00135 -       -       -       -       -
S50 0.00061 8.9e-14 6.2e-08 2.8e-14 5.2e-05 -       -       -       -
TM2 1.00000 2.2e-05 0.13815 8.8e-06 1.00000 0.00579 -       -       -
TM1 0.04709 1.00000 1.00000 1.00000 0.22165 2.7e-10 0.00579 -       -
T0  5.2e-05 1.00000 0.08236 1.00000 0.00061 8.7e-15 3.4e-06 0.85751 -
TP1 5.2e-05 1.00000 0.08236 1.00000 0.00061 8.7e-15 3.4e-06 0.85751 1.00000

P value adjustment method: hochberg
```

Tabelle 8.3: Post-Hoc-Tests. Paarweise t-Tests

Die visualisierten Ergebnisse von Bild 8.19 sollen im Folgenden kurz diskutiert werden

Bildschirmgröße:

Die Erkennbarkeit (grüne Dreiecke) steigt erwartungsgemäß mit der Bildschirmgröße, wobei der Schritt von 10‘ auf 15‘ nur minimal und auch nicht signifikant ist (Tabelle 8.3). Der Unterschied zur 8‘-Bedingung ist durchaus signifikant. Die empfundene

Beeinträchtigung ist mit -2 bei der 10‘-Bedingung auf dem Optimalwert. Die Bildschirmgrößen 8‘ und 15‘ wurden signifikant mit höherer Beeinträchtigung (rote Kreise) bewertet, wobei sich aus der separaten Abfrage der Gründe ergab, dass die Beeinträchtigungseinschätzung für die 8‘-Variante aus der verminderten Erkennbarkeit und die für die 15‘-Variante sich entweder aus einer Sichteinschränkung oder einem anderen Störgefühl durch solch einen großen Bildschirm ergab.

Die Gesamtbewertung (blaue Quadrate) zeigt demzufolge auch die höchsten Werte für die 10‘-Bedingung, wobei zwar der Unterschied zu der 8‘-Bedingung, aber der Unterschied zu der 15‘-Bedingung nicht signifikant ist (Tabelle 8.3)

Sichtwinkel:

Die Bewertung der Erkennbarkeit (grüne Dreiecke) fällt erwartungsgemäß mit dem erhöhten Blickwinkel, wobei nur der Unterschied zwischen der Defaultvariante in der Mittelkonsole (S0) und der um 50° versetzen Variante signifikant ist. Das ist verständlich, weil der Abstand des Bildschirms zum Auge bei der Winkelvariation nicht verändert wurde und theoretisch bei genügend langer Blickzuwendung die Erkennbarkeit bei verändertem Winkel nicht hätte beeinträchtigt sein dürfen. Allerdings begrenzt die Beanspruchung durch die Fahraufgabe die Blickzuwendungszeit, die bei der 50°-Variante durch das starke Drehen von Kopf und Oberkörper beschränkt wurde und nach Auskunft der Probanden die signifikant schlechtere Bewertung der 50°-Variante rechtfertigt.

Demzufolge wurde die 25° (S25)- und 50°-Varianten (S50) signifikant mit höherer Beeinträchtigung (rote Kreise) gegenüber der S0-Variante bewertet, wobei sich auch zwischen S25 und S50 signifikante Unterschiede zeigen.

Die Gesamtbewertung (blaue Quadrate) zeigt demzufolge auch die höchsten Werte für die S0-Bedingung, wobei sowohl der Unterschied zu der S50-Bedingung als auch der Unterschied zu der S25-Bedingung signifikant sind (Tabelle 8.3), wobei der Effekt der verminderten Bewertung für letztere eher kleiner ausfällt (-0,6 Bewertungspunkte).

Textgröße:

Die Bewertung der Erkennbarkeit (grüne Dreiecke) bei Variation der Textgröße steigt erwartungsgemäß mit größeren Fonts, wobei sich der Unterschied zwischen der Defaultvariante (T0) mit der etwas größeren Variante (TP1) nur aus dem direkten Paarvergleich von TP1 kommend ergibt (siehe Bild 8.18) und auch nicht signifikant ist. Insgesamt ist nur der Unterschied zur kleinsten Schriftgröße signifikant.

Dieses Bild zeigt sich auch bei der Beurteilung der Beeinträchtigung (rote Kreise) und der Gesamtbewertung (blaue Quadrate). Je kleiner die Schriftgröße, desto höher die empfundene Beeinträchtigung und desto kleiner die Bewertung des Gesamteindrucks, wobei sich ein starker Deckeneffekt zwischen der T0 und der größten Schrift TP1 ergibt.

Trotz dieser signifikant nicht nachweisbaren Unterschiede ergibt sich aus den Kommentaren während der Bewertung dennoch das Bild, dass eine große Fontgröße als angenehmer empfunden wird. Das heißt, dass die Defaultgröße und auch die etwas kleinere Textgröße durchaus als ausreichend für einen Digitalen Beifahrer angesehen werden, dass aber insbesondere die größte Größe als am angenehmsten bewertet wird. Wenn

sich in dem Gesamtdesign der Visualisierung des Digitalen Beifahrers also große Schriften wie TP1 unterbringen lassen, sind sie zu bevorzugen.

8.3.5 Gesamtbewertung, Rückschlüsse

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die zur Zeit bestehenden Realisierungen für Digitale Beifahrer mit ihren gesetzten Werten für die in dieser Studie untersuchten Parametern schon in der Nähe der des Optimums liegen. Allerdings fehlte bisher der wissenschaftliche Nachweis.

Die in der Befragungsstudie (Kapitel 6.1) als optimal genannte Bildschirmgröße von 9‘-10‘ konnte in der Wahrnehmungsstudie bestätigt werden. Neu sind die Erkenntnisse, dass Bildschirmgrößen von 8‘ und kleiner nicht zu empfehlen sind. Neu ist auch, dass auch größere Bildschirmgrößen u. U. Nachteile in sich bergen, da sie sichtverdeckend und zu stark ablenkend sein können. Dies mag bei fest in die Mittelkonsole integrierten Monitoren anders sein. Wir leiten aus der Studie eine Empfehlung für die Bildschirmgröße von 9‘ bis 12‘ ab.

Die Ergebnisse zu dem Einfluss des Sichtwinkels auf die Bewertung der optischen Komponente eines Digitalen Beifahrers entsprechen den Erwartungen – optimal ist eine Anbringung im Bereich der Mittelkonsole der Fahrzeuge. Dies wurde auch in der Befragungsstudie von Kapitel 6.1 genannt. Allerdings sind die Unterschiede zu einer Anbringung in einem Sichtwinkel von +25° nicht so gravierend schlechter, dass dies bei besonderen Randbedingungen – z. B. in Kränen – nicht auch gerade noch akzeptabel wäre. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der redundanten Darbietung durch die akustischen Ansagen.

Die Untersuchungen zur Fontgröße der Textelemente in der Anzeige des Digitalen Beifahrers haben gezeigt, dass eine Höhe von 2,4 mm für das kleine m bei einem Abstand von 80 cm die optimale Größe ist. Dies entspricht einem Winkel von 0,17°. Kleinere Werte bis hinunter zu 0,145° sind durchaus akzeptabel. Wenn es die Bedingungen der Verteilung von Informationen auf der Anzeige zulassen und dadurch nicht relevante Textinhalte weggelassen werden müssen, sollte aber eine Fontgröße gewählt werden, die einem Sichtwinkel von 0,17° entspricht.

9 Anforderungskatalog für e-Beifahrer

9.1 Einleitung

Vor der Formulierung von Anforderungen an e-Beifahrer sollen die wichtigsten erarbeiteten Erkenntnisse nochmals zusammengefasst werden:
Ein e-Beifahrer (synonym auch Digitaler Beifahrer genannt) ist ein Assistenzsystem für Großraum- und/oder Schwertransporte (kurz: GST) mit der Funktion eines erweiterten Navigationssystems. Neben der Routenführung verfügen e-Beifahrer über die Funktion, streckenbezogene Fahrauflagen und Auflagenbereiche aus streckenbezogenen oder flächendeckenden Genehmigungsbescheiden so anzusagen und anzuzeigen, dass Fahrer/innen der GST und/oder der Begleitfahrzeuge im Vorfeld und beim Passieren eines Auflagenbereiches über den Inhalt der Auflagen und den Ort der Auflagenbereiche informiert werden. Die Systeme können für Einzelerlaubnisse, Kurzzeiterlaubnisse oder

Dauererlaubnisse genutzt werden. In der Entwicklung sind Varianten, die auch für flächendeckende Bescheide einsetzbar sind.
Das Routing bezieht sich bei streckenbezogenen Genehmigungsbescheiden auf die genehmigte Strecke, bei flächendeckenden Genehmigungsbescheiden auf eine im Vorfeld genehmigungskonform ausgewählte Strecke im Bereich der jeweiligen Fläche. Die Parametrierung der Systeme erfolgt auf Basis der Digitalformen (pdf-Format) der jeweiligen Bescheide (in der Regel VEMAGS-Bescheide).
Derzeit ist noch nicht vollständig abschätzbar, welche Funktionalität bei flächendeckenden Bescheiden technisch umsetzbar ist. Z.Z erwartbar sind Varianten, bei denen eine oder mehrere mögliche und zulässige Routen auf den durch die Bescheide abgedeckten Flächen durch Digitale Beifahrer unterstützt werden. Ein „freies Fahren“ wie bei herkömmlichen Navigationssystemen, die nach einem Verlassen der Route immer wieder neue Routen berechnen, ist in den Entwicklungen bisher noch nicht angedacht und bedarf noch genauerer Untersuchungen bezüglich rechtlicher Konsequenzen.
E-Beifahrer erfüllen die Aufgabe eines menschlichen Beifahrers im Sinne der Auflage 21 der RGST (Richtlinie für Großraum- und Schwertransport), den Fahrer des GST von der Aufgabe zu entlasten, während der Fahrt die jeweiligen Auflagen und Auflagenbereiche an das Begleitfahrzeug weiterzuleiten. Ihre Funktion geht über die des menschlichen Beifahrers hinaus, indem sie zusätzlich auch der fahrenden Person die Auflagen deutlich machen, umgekehrt erfüllen sie die Auflage 21 nur dann, wenn auch alle Begleitfahrzeuge mit demselben System (Software) und der gleichen Routenparametrisierung versehen sind, weil nur dadurch der Passus der Übermittlung der Auflagen an das Begleitfahrzeug in Auflage 21 realisiert ist. Mit der visuellen Anzeige der Auflagen und der i. d. R. höheren Präzision und Ausfallsicherheit gehen die Leistungen der e-Beifahrer über die der menschlichen Beifahrer aber deutlich hinaus.
Ein e-Beifahrer greift nicht direkt in die Dynamik der Kraftfahrzeuge ein und ist deshalb wie ein Navigationssystem im Auto als Komfortsystem anzusehen und ist denen bezüglich der Sicherheitsbetrachtungen gleichzusetzen.
Alle e-Beifahrer auf dem Markt sind bisher als reine Software ohne spezifische Hardware realisiert. Da eine spezialisierte Hardware nicht notwendig ist, erscheint es unwahrscheinlich, dass zukünftige Entwicklungen mit einer speziellen Hardware verknüpft sein werden. Bei dem jetzigen Stand der technischen Entwicklung ist die Entwicklung eigener Computerhardware nur bei extrem hohen Stückzahlen wirtschaftlich. Zudem gibt es keine berichteten Defizite bei der eingesetzten Standardhardware. Denkbar – aber noch nicht realisiert – sind Varianten, bei der eine fahrzeuginterne Hardware benutzt wird.
Die Hersteller von e-Beifahrern liefern ausschließlich die Grundsoftware sowie den Dienst der Überführung der streckenbezogenen Inhalte von VEMAGS-Genehmigungen und den Dienst, die jeweils digitalisierten Routen auf die Hardware zu spielen. Dies geschieht über Server der Anbieter über einen Netzzugang vor der Fahrt. Die Hardware der e-Beifahrer besteht in der Regel aus herkömmlichen Tablet-PCs mit Touchbedienung unter einem von den Herstellern der e-Beifahrer vorgegeben Betriebssystem. Von den Herstellern werden Mindestanforderungen an die Hardware und Empfehlungen, z. B. auch für die Größe, ausgesprochen. Die Beschaffung und ordnungsgemäße Montage im Fahrzeug obliegt aber den Speditionen und ist in deren Verantwortung. Diese sind auch dafür verantwortlich, die jeweils gültige Route auf die jeweilige Hardware zu spielen.
Die Kosten für die Nutzung von e-Beifahrern sind einerseits durch die Kosten für die Digitalisierung und den Hardwarekosten bestimmt. Weitere Kosten entstehen – je nach Geschäftsmodell der Hersteller – durch Lizenzkosten für die Benutzung der Software. Bei

allen Entwürfen zur Zulassung von e-Beifahrern sind diese als Alternative zum Einsatz menschlicher Beifahrer bei Vorgabe der Auflage 21 mit freier Wahl beider Varianten formuliert. Bei der Entscheidung für eine Variante werden von den Speditionen einerseits die jeweiligen Kosten gegeneinander abgewogen. Das sind die laufenden Kosten für jede Fahrt/Genehmigung und die Investitionskosten für Monitore und Halterungen. Andererseits spielt auch die nur mittelbar monetarisierbare Fahrerbindung eine Rolle. Wie berichtet sind alle befragten Fahrer von den Systemen begeistert (siehe Kapitel 8.1) und einige Speditionen setzen die e-Beifahrer auch dann ein, wenn die Auflage 21 nicht gesetzt ist – als erleichternde Unterstützung mit dem Ziel, die Mitarbeiterzufriedenheit und die Bindung an die Firma zu erhöhen.
Bei dem jetzigen Stand der VEMAGS-Bescheide sind nicht alle Schlüsselworte standardisiert. Insbesondere flächendeckende Bescheide enthalten noch viel Freitext und variierende Formulierungen, die auf menschliche Leser zugeschnitten sind. Aus diesem Grunde wird zur Digitalisierung der VEMAGS-Bescheide immer noch der Einsatz von kontrollierenden Menschen benötigt. Um hier höchstmögliche Übertragungssicherheit zu erlangen, müssen von den Herstellern besondere Mechanismen zur Sicherstellung der Übertragungssicherheit (z. B. Vieraugenprinzip) gefordert werden.
Bei der Fahrerbefragung (Kapitel 6.1) berichteten insbesondere die erfahrenen Fahrer, dass sie Transporte mit sehr vielen Auflagen (bis über 300[17]) in Alleinfahrt bewältigt haben. Solche Alleinfahrten werden als anstrengend und belastend berichtet. Eine Annahme, dass dies die Verkehrssicherheit reduziert, ist zwar plausibel, ein Nachweis insbesondere über die Stärke der Reduzierung ist methodisch aber schwer zu führen. Der Nachweis über Unfallstatistiken, bei denen eine der erfassten Größen die Anzahl der Auflagen im Transport wäre, ist möglich, bedarf aber systematischer Erfassung durch die Polizeibehörden. Eine Einzelfallanalyse, die auch psychische Faktoren in die Analyse mit einbezieht, wie wir sie bei Flugunfalluntersuchungen kennen, ist mit enormem Aufwand verbunden. Ein vergleichbarer Untersuchungsaufwand bei Schwertransportunfällen erscheint unrealistisch.
Aus denselben Gründen ist auch nicht nachweisbar, um wie viel der Einsatz von menschlichen Beifahrern die Verkehrssicherheit erhöht. Aus der Fahrerbefragung lässt sich ableiten, dass bei Einsatz qualifizierten Personals ein positiver Effekt auf die Verkehrssicherheit durchaus vermutet werden kann. In der jetzigen Anwenderpraxis muss allerdings bezweifelt werden, dass dieser positive Effekt generell vorhanden ist. Angesichts der vielfach geäußerten Meinung, dass die Beifahrer eigentlich keinen Nutzen haben und im Gegenteil durch als teilweise störend empfundene Kommunikation während der Fahrt negativ auf die Konzentration der fahrenden Person wirken, ist sogar u. U. mit einem negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit zu rechnen.
Gesichert kann man allerdings aus den Fahrerbefragungen ableiten, dass die Zahl von verpassten Auflagen entscheidend durch den Einsatz von e-Beifahrern reduziert wird – auch gegenüber dem Einsatz eines menschlichen Beifahrers. Das bedeutet, dass durch Einsatz eines e-Beifahrers begründet vermutet die Brückeninfrastruktur mehr geschont wird als ohne.
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Zulassung eines Digitalen Beifahrers für Deutschland einen Nutzen bringen wird, der höher ist, als der Einsatz menschlicher Beifahrer. Festlegungen von Rahmenbedingungen für die Gestaltung und den Einsatz Digitaler Beifahrer sollten also so vorsichtig formuliert sein, dass nicht durch zu strikte Vorgaben, die die Kosten für die Digitalen Beifahrer in die Höhe treiben,

[17] Es wurde auch schon von über 400 Auflagen bei 1200km Fahrt berichtet.

Speditionen von der Einführung Digitaler Beifahrer abgeschreckt werden. Aus Diskussion mit Polizeibehörden ist bekannt, dass die Kontrolldichte so gering ist, dass Speditionen die statistisch erwartbare Höhe der Strafe pro Fahrt mit den Kosten für menschliche oder Digitale Beifahrern gegenrechnen und ggf. in der Kostenrechnung zum Schluss kommen, dass eine permanente Ignorierung der Auflage 21 in Summe wirtschaftlicher ist.
Generell kann festgestellt werden, dass die Anforderungen an Digitale Beifahrer wesentlich höher sind als die an menschliche Beifahrer. Sie sind ausfallsicherer, genauer und informativer und führen dadurch nachweislich zu weniger Beanspruchung kritischer Infrastrukturelemente. Außerdem erhöhen sie offenbar die Verkehrssicherheit mehr als menschliche Beifahrer. Vor diesem Hintergrund müsste überlegt werden, ob die Zulassung menschlicher Beifahrer als Alternative zu Digitalen Beifahrern noch vertretbar ist bzw. ob für menschliche Beifahrer nicht besondere Qualifikationen gefordert werden müssten, die nachweislich die Nützlichkeit menschlicher Beifahrer erhöhen.
Die im Folgenden aufgelisteten Anforderungen an e-Beifahrer sind in der Grundstruktur aus dem ersten Anforderungskatalog aus dem bayerischen Pilotprojekt mit Ergänzungen der Vorgaben der Autobahn GmbH[18] und eigenen Vorgaben abgeleitet. Wichtige Erkenntnisse sind auch aus den beiden Studien dieses Projektes abgeleitet worden. Diese sind in einem Expertendialog mit den beiden Herstellern der e-Beifahrer und einem Expertenkreis der BASt entstanden. Die Anforderungen werden zunächst geschlossen vorgestellt. Buchstaben in Klammern (z. B. **(A)**) verweisen auf Begründungen im Anschluss. Kurze Erklärungen sind in Fußnoten realisiert.

9.2 Anforderungen an e-Beifahrer und den Prozess der Parametrierung

9.2.1 Funktionen

- Ansage und Visualisierung von Strecke und Auflagen und Auflagenbereiche von Anlage 3 und anderen Anlagen mit Streckenauflagen von dezidierten VEMAGS-Genehmigungen (pdf-Format)[19]
- Bei Verlassen der genehmigten oder der zulässigen (bei flächendeckenden Genehmigungsbescheiden) Strecke ist für mindestens 15 Sekunden eine Warnung, sowohl akustisch (Sprachausgabe oder Ton) wie optisch (Warnhinweis), auszugeben.

9.2.2 Einsatzbedingungen

- Die Systeme müssen gleichzeitig und inhaltlich gleich in der Fahrerkabine des GST und allen am Transport beteiligten privaten Begleitfahrzeugen vorhanden sein.[20] **(A)**
- Die Systeme sind jeweils für eine Genehmigung zugeschnitten und gültig. Eine Kombination mehrerer VEMAGS-Bescheide ist nicht zulässig.
- Die Verantwortung für die Datenübertragung und Funktion der e-Beifahrer und die für die Einhaltung von Hardwarerandbedingungen ist getrennt. **(B)**

[18] https://www.vemags.de/digitaler-beifahrer/ [15.08.2024]
[19] Insbesondere sind Streckenauflagen, die nicht auf Autobahnen lokalisiert sind, nicht immer in Anlage 3 aufgeführt.
[20] Begründung dafür wurde oben schon gegeben.

- Funktionsverantwortliche/r ist die Person, welche den Bescheid in die Software des e-Beifahrers eingepflegt hat und damit für die korrekte Übertragung der behördlichen Entscheidung und die ordnungsgemäße Funktion verantwortlich ist.
- Systemverantwortlicher „Hardware“ ist die Person, welche für Auswahl und Befestigung der Hardware in den Fahrzeugen verantwortlich ist. In der Regel ist das eine Person aus dem transportdurchführenden Unternehmen.
- Von den Anbietern der e-Beifahrer sind Funktionsbescheinigungen auszufüllen (physisch oder digital), die in einem einheitlichen deutschen Format realisiert sind.
- Bei Einsatz des Digitalen Beifahrers ist eine vollständig ausgefüllte und unterschriebene Funktionsbescheinigung des eingesetzten Systems beim Transport mitzuführen und auf Verlangen auszuhändigen oder in digitalisierter Form auf einem Speichermedium derart mitzuführen, dass sie bei Kontrollen auf Verlangen der zuständigen Person lesbar gemacht werden kann.
- Für die Einhaltung der funktionalen Anforderungen sind die Hersteller von e-Beifahrern selbst verantwortlich. Eine externe Zertifizierung ist nicht vorgesehen. **(C)**

9.2.3 Anforderungen an die Hardware

- Dauernde Ortsregistrierung über GPS oder äquivalente Methode mit einer Genauigkeit von 10m. **(D)**
- Akustische und optische Ausgabe über handelsübliche Tablet-PCs oder fahrzeuginternen Anzeigeeinheiten oder eigener Hardware für Navigationssysteme. **(E)**
- Bei Nutzung externer Tablet-PCs: Feste Fahrzeughalterung am Armaturenbrett oder Saugnapfhalterung
- Die optische Darstellung über einen Bildschirm von mindestens 9 Zoll (Bildschirmdiagonale). Optimal sind Bildschirmgrößen zwischen 9 und 12 Zoll[21]
- Keine Einschränkung des Sichtfeldes durch den Bildschirm.
- Der Bildschirm muss in einem Sichtwinkel von <30° angebracht sein. In Sonderfällen sind bei besonderen baulichen Bedingungen im Fahrzeug Sichtwinkel von 50 % möglich.[22]
- Möglichkeit zur akustischen und gleichzeitig optischen Ausgabe.
- Die Lautstärke muss einstellbar sein.
- Akustische Ankündigungen (erste Ankündigung, i. d. R. 2000m vor Auflage oder früher) kommender Auflagen dürfen in der Lautstärke nicht reduziert werden können **(F).**
- Die Helligkeit muss einstellbar sein (Blendverhinderung).
- Unterscheidung zwischen Tag- und Nachtmodus.
- Einstellung von Komfortfunktionen während der Fahrt über Touchfunktion oder einfachen Tastendruck.

[21] Ergebnis der Wahrnehmungsstudie Kapitel 7.2
[22] Ergebnis der Wahrnehmungsstudie Kapitel 7.2

- Eine automatische „Stand-by“-Schaltung während der Transportdurchführung ist auszuschließen.
- Bei externen Monitoren: Stromversorgung und Ladefunktion über Fahrzeugbordnetz muss gewährleistet sein.
- Ausreichende Rechenleistung und Speicher nach Vorgabe der Hersteller der e-Beifahrer.

9.2.4 Anforderungen an die Software

- Lkw-Navigationssoftware mit aktuellem Kartenmaterial mit einer Route (oder mehrerer Routen bei flächendeckenden Bescheiden), die in einem Übertragungsprozess auf die aktuelle Hardware im Schwertransportfahrzeug und in den Begleitfahrzeugen gespielt wurden.

Anforderungen an die akustische Ausgabe

- Ansage der Auflagen erfolgt in Deutsch. Andere Sprachen sind möglich.
- Rechtzeitige Vorankündigung anstehender Auflagen/Auflagenbereiche (mindestens 2000 m vorher).
- Entfernungsgestaffelte Ansage der Auflagen und der Entfernung zum nächsten Auflagenbereich gemäß den auflagenspezifischen Regelungen.
- Realisierung spezieller Ansagelösungen bei eng hintereinander liegenden Auflagenbereichen, bei denen es wegen der Dauer der Ansagen ansonsten zu Überlagerungen kommen würde.[23]
- Standortgenaue Ansage des Anfangs und des Endes des Auflagenbereichs mit einer Genauigkeit kleiner 10m. **(G)**
- Eine vollständige Drosselung der akustischen Ansage ist nur dann möglich, wenn eine „Weckansage“ (ähnlich Verkehrsfunk) mit ausreichender Lautstärke im Vorankündigungsbereich (>2000m) realisiert ist. **(H)**
- Navigationsanweisungen und Auflageninhalte müssen semantisch oder akustisch voneinander unterscheidbar sein. Dies kann dadurch realisiert werden, dass keine gleichen Schlüsselbegriffe vorhanden sind (z. B. rechts fahren) oder dass gut unterscheidbare Stimmen vorhanden sind.

Anforderungen an die visuelle Ausgabe

- Textausgabe in Deutsch. Andere Sprachen sind möglich.
- Es sollte eine Mindestfontgröße möglichst nicht unterschritten werden, die das kleine m in einem Sichtwinkel von 0,145° darstellt. Sichtwinkel von 0,17° sind anzustreben, sofern dadurch alle Textinformationen noch dargestellt werden können.[24]

[23] Mögliche Lösung: Nach der Ansage der ersten Auflage kommt die akustische Ausgabe “Kurzer Auflagenabstand. Bitte auf Display achten“

[24] Ergebnis der Wahrnehmungsstudie Kapitel 7.2

- Dauerhafte Anzeige der Fahrgeschwindigkeit[25].
- Visualisierung des nächsten Auflagenbereiches in der Kartenansicht oder der nächsten Auflagenbereiche bei eng hintereinander vorkommenden Auflagenbereichen. Der Auflagenbereich ist im angezeigten Routenverlauf optisch hervorzuheben
- Visualisierung der nächsten Auflagen und Verkehrszeichenpläne/Regelpläne gemäß VEMAGS-Bescheid.

9.2.5 Sicherheit

- Vorhandensein eines Verfahrens zur fehlerfreien Überführung des VEMAGS-Bescheides in den Digitalen Beifahrer. Mögliche Sicherstellung der Übertragungssicherheit: Vieraugenprinzip.
- Keine Bedienung bei der Fahrt außer einzelner singulärer Tastendrücken (über Hardkeys oder Touchbedienung)
- Die Fahrer sind nach wie vor für die Einhaltung der Auflagen verantwortlich. **(I)**
- Die Fahrer sind angehalten die VEMAGS-Bescheide vor Fahrtantritt zu studieren. **(J)**

9.2.6 Sonstiges

- Der Original VEMAGS-Bescheid ist auch bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer in Papierform oder auf separater Hardware digital mitzuführen.
- E-Beifahrer können auch für Dauererlaubnisse zugelassen werden.
- E-Beifahrer können auch bei flächendeckenden Genehmigungsbescheiden zugelassen werden, sofern die Software in der Lage ist, die entsprechenden Anforderungen zu erfüllen. Unterschiede an die Hardware und Softwareanforderungen sind abgeleitet aus dem Stand des bisher technisch Möglichen nicht erkennbar **(K)**.
- Die Übermittlung der angeordneten Auflagen sowie der Auflagenbereiche über Funk an das Begleitfahrzeug ist entbehrlich.[26]

9.3 Kommentare

(A) Diese Forderung ergibt sich aus drei Gründen. Zum Ersten müsste bei nur einem e-Beifahrer im Führerhaus des GST der fahrenden Person dem Begleitfahrzeug/en die aktuellen Auflagen dauernd verbal mitteilen. Davon genau soll er aber in der Auflage 21 der RGST explizit durch einen Beifahrer entlastet werden. Zum Zweiten wird durch eine unabhängige Software- und Hardwareinstanz in einem zweiten Fahrzeug eine Redundanzeben geschaffen, mit der auch bei Hard- oder Softwareausfall eine zügige Weiterfahrt auch ohne Verletzung der Auflage 21 ermöglicht wird. Zum Dritten wird auch für die Erfüllung der Auflagen ein

[25] Dies ist aus dem Anforderungskatalog des ersten bayerischen Pilotprojektes übernommen und erscheint als Unterstützung der Fahrer – insbesondere bei kleinen Geschwindigkeiten sinnvoll.

[26] Ist inzwischen in die Pilotprojekte einiger Bundeländer zum digitalen Beifahrer übernommen worden und ergibt sich aus der Redundanz über die e-Beifahrersysteme in den Begleitfahrzeugen.

„Vieraugenprinzip“ eingeführt, dass die Erfüllungsquote der Auflagen noch weiter erhöht. Dieser positive Effekt hat sich bei der Fahrerbefragung (Kapitel 8.1) bestätigt.

(B) In den Pilotprojekten der Länder für den Digitalen Beifahrer wird explizit die Ernennung eines/r Systemverantwortlichen gefordert, der „*für die ordnungsgemäße Dateneingabe und Gerätefunktion*“ verantwortlich ist. Dieser wird aus den Reihen der Hersteller benannt und unterschreibt die sogenannte Funktionsbescheinigung. Allerdings liefern die Hersteller keine „Geräte“[27], sondern nur Software. Die Hardware muss von den Antragstellern der Erlaubnisse, also in der Regel von den Speditionen, zur Verfügung gestellt werden. Die Hersteller geben zwar Empfehlungen, haben aber auf die aktuelle Hardware der jeweils genehmigten Fahrt keinen Einfluss. Eine Forderung, dass die Systemverantwortlichen „für die Einhaltung der Systemanforderungen verantwortlich ist“ kann deshalb nicht erfüllt werden. Wir schlagen deshalb vor, die Verantwortlichkeit zu teilen und von einer „Funktionsverantwortung“ zu sprechen, die die Hersteller der e-Beifahrer einnehmen und einer „Hardwareverantwortung“, die den Transportdurchführenden obliegt.

(C) Die Vorgabe einer Zertifizierung ist mit hohen rechtlichen Hürden verbunden. In der Regel geht der Wunsch einer Zertifizierung von den Herstellern aus, um sich gegen unlautere Konkurrenz zu schützen. Die Notwendigkeit, von staatlicher Seite eine Zertifizierung zu fordern, würde erst dann notwendig werden, wenn Anbieter auf den Markt kommen, die eine Software (oder kombiniert mit Hardware) mit unzureichender Funktionalität (dann in der Regel mit besonders günstigen Preisen) anbieten. Es ist z. Z. nicht absehbar und theoretisch nicht erfassbar, worin sich diese „unzureichende Funktionalität“ äußern könnte und wie sich diese darauf auswirkt, wie die geforderte Funktionalität, nämlich als Ersatz für einen menschlichen Beifahrer zu dienen, erfüllt ist. Es erscheint deshalb bezogen auf eine staatliche Forderung nach Zertifizierung kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Siehe dazu auch die Stellungnahme des TÜV Nord in Anhang II (Kapitel 12)

(D) Die Aufgabe sowohl eines menschlichen als auch eines Digitalen Beifahrers ist es, rechtzeitig auf bevorstehende Streckenauflagen bei einer bestimmten Kilometrierung hinzuweisen. Die Einleitung der jeweiligen Auflagen erfolgt immer mehrere hundert Meter vor dem Beginn des Auflagenbereichs. Die zu den Auflagenbereichen zugehörigen Bauwerke sind von den GST-Fahrern/innen in der Regel ausreichend früh wahrnehmbar. Eine mögliche Ungenauigkeit des GPS-Signals wird dadurch ausgeglichen, dass der Fahrer/in das zugehörige Bauwerk sieht. Selbst wenn das Bauwerk schwer zu erkennen ist, wie z. B. kleine Rohrunterführungen oder Streckenabschnitte mit durchgängigen Wänden rechts und links, dann sind die Realisierungen der Handlungen für die Erfüllung der Auflage – auch bei einer relativ kleinen Genauigkeit des GPS-Signals von 10m – weit vor Erreichen des Auflagenbereichs abgeschlossen und eine Ortsungenauigkeit deshalb unerheblich. Im Übrigen würde in einem Kriegsfall mit gestörtem GPS der Digitale Beifahrer nicht mehr ordnungsgemäß funktionieren und müsste dann wieder durch einen Menschen ersetzt oder alternativ durch ein System, das über Kameras und Bilderkennung die Kilometrierung erkennt und liest, werden.

(E) Wie mehrfach geschildert, operieren bestehende e-Beifahrersysteme mit handelsüblichen Tablet-PCs, die von den Speditionen selbst angeschafft werden müssen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass weitere Hersteller – z. B. Hersteller von Lkw-Navigationssystemen – zukünftig auf den Markt erscheinen werden. Auch eine

[27] Das kann sich auch ändern, wenn es noch andere Anbieter gibt, ist aber z. Z. noch der Fall.

Übertragung an fest verbaute, fahrzeuginterne Anzeigensysteme wäre bei entsprechenden Schnittstellen denkbar. Man könnte eventuell fordern, dass nur solche Hardware zugelassen wird, die besonders ausfallsicher ist. In der Tat gibt es Industrie- bis hin zu Militärausführungen, die aber im Wesentlichen die mechanische Stabilität verbessern. Solche besondere Stabilität wird aber im Führerhaus nicht benötigt. Neben der Hardwarestabilität könnte man eine hohe Softwarestabilität fordern. Eine hohe Softwarestabilität wird in allen kritischen Systemen, wie im Serverbereich oder noch mehr im Luftfahrtbereich durch Einführung einer Redundanz (im Luftfahrtbereich sogar Dreifachredundanz) erzielt. Mit der Forderung nach weiteren Systemen bei den Begleitfahrzeugen ist diese Redundanz erfüllt und ein sehr ausfallsicheres System geschaffen. Bei Ausfall des e-Beifahrers im GST-Führerhaus ist die nahtlose Weiterführung über eines der Begleitfahrzeuge in Verbindung mit verbaler Kommunikation gewährleistet. Auch ein Hardwarewechsel bei dem nächsten Parkplatz wäre möglich. Ein gleichzeitiges Ausfallen zweier Systeme während einer Fahrt liegt bei Auswertung der bisher berichteten Ausfälle unter dem akzeptierbaren Grenzrisiko. Die Fahrerbefragung von Kapitel 8.1 hat gezeigt, dass selbst in diesem Fall eine Weiterfahrt auf Basis der mitgeführten VEMAGS-Bescheide unter dem Grenzrisiko gefahrlos möglich ist.

(F) In Anhang III wurde diesbezüglich eine Hazard Analysis and Risk Assessment (HARA) durchgeführt. Für den Digitalen Beifahrer konnten keine ASIL-relevanten Sicherheitsziele identifiziert werden. Dadurch ergeben sich keine gesonderten Anforderungen aus der ISO 26262. Jedoch muss der Hersteller über ein entsprechendes Qualitätsmanagement verfügen und die Anforderungen an HW und SW gemäß Qualitätsvorgaben erfüllen.

(G) Siehe Kapitel 8.1. Die überwiegende Mehrheit der Fahrer in der Befragung von Kapitel 8.1 nutzt sowohl die Sprachausgabe als auch die visuelle Anzeige der e-Beifahrer. Es gibt aber auch Fahrer, die sich durch die teilweise häufigen und langen Sprachansagen gestört fühlen und den Ton ausschalten. Da durch die visuelle Anzeige ein redundanter Kanal vorhanden ist, der darüber hinaus auch noch mehr Informationen übermitteln kann als der Sprachkanal, erscheint ein möglicherweise störungsminderndes und deswegen verkehrssicherheitserhöhendes Ausschalten der Sprachausgabe vertretbar. Um bei langen Abständen zwischen zwei Streckenauflagen dennoch gewährleisten zu können, dass der visuelle Fokus wieder rechtzeitig auf die visuelle Anzeige gelenkt wird, wird in der Zusammenstellung der Anforderungen an einen Digitalen Beifahrer (Kapitel 9.2) ein rechtzeitiger akustischer „Weckruf“ (automatische Lautschaltung) vorgeschlagen.

(H) Siehe Bemerkung (D)

(I) Siehe Bemerkung (F)

(J) Die Verantwortungsbestimmung wird aus der Verantwortungsfestlegung bei Vorhandensein eines menschlichen Beifahrers übernommen.

(K) Der GST-Fahrer(in) wird auch angehalten, den VEMAGS-Bescheid vor der Fahrt zu studieren. Direkt personengefährdend sind Auslassungen der Auflagen nur bei Durchfahrt unter Brücken mit Höhenbeschränkungen und/oder Ablassvorschriften bzw. Vorgabe, auf welcher Spur die Brücke zu unterfahren ist. Da im Vorfeld die Route so berechnet wurde, dass bei der angegeben Höhe des GST inkl. Ladung eine Durchfahrt möglich ist, sind allenfalls vergleichsweise geringe Schäden zu erwarten. Dennoch sollte die fahrende Person insbesondere die kritischen Höhenauflagen studieren und verinnerlichen.

(L) Derzeit ist noch nicht vollständig abschätzbar, welche Funktionalität bei flächendeckenden Bescheiden technisch umsetzbar ist. Z.Z erwartbar sind Varianten, bei denen eine oder mehrere mögliche und zulässige Routen auf den durch die Bescheide abgedeckten Flächen durch die e-Beifahrer unterstützt werden. Ein „freies Fahren“ wie bei herkömmlichen Navigationssystemen, die nach einem Verlassen der Route immer wieder neue Routen berechnen, ist in den Entwicklungen bisher noch nicht angedacht und bedarf noch genauerer Untersuchungen bezüglich rechtlicher Konsequenzen.

10 Literatur

FRIEDRICH, S., KONIETSCHKE, F., & PAULY, M. (2019). Resampling-based analysis of multivariate data and repeated measures designs with the R package MANOVA. RM.

FRIEDRICH, S., & PAULY, M. (2018). MATS: Inference for potentially singular and heteroscedastic MANOVA. *Journal of Multivariate Analysis*, *165*, 166-179.

BENJAMINI, Y., & HOCHBERG, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal statistical society: series B (Methodological)*, *57*(1), 289-300.

ROSE, A. (2006): Unterschiede physiologischer Indikatoren des Fahrerzustandes zwischen Real- und Simulatorfahrt. Dissertation, Düsseldorf: VDI-Verlag

11 Anhang I

Halbstrukturiertes Interview Schwertransportfahrer. Alle Interviews Face-to-Face, ca. 60-90 Minuten
Es wurden Fahrer von mehreren Speditionen aus ganz Deutschland befragt. Die Befragung wurde anonymisiert. Datensätze wurden nach Befragung gelöscht. Eine Rückverfolgung der Antworten auf Fahrer oder Speditionen war ausgeschossen.

K1: Fragen über Fahrerfahrung und VEMAGS-Auflagenerfahrung	
F1	Wie viele Jahre fahren Sie schon Schwertransporte?
F2	Wie viele Schwertransporte führen Sie pro Jahr durch?
F3	Welche Distanzen fahren Sie (von bis, im Schnitt)
F4	Freie Frage: Wie viel Auflagen in Anhang 3 der VEMAGS-Bescheide gibt es (von bis, in Abhängigkeit der Fahrtlänge und Gewicht) bei Ihren Fahrten
F5	Gibt es auch Fahrten mit sehr wenigen Auflagen? Wie viele Auflagen sind das dann? z. B. 4, 10, 20
F6	Wie viele Fahrten mit weniger als vier Auflagen gibt es in Verhältnis zu allen Fahrten
F7	Wie (um welchen Faktor) hat sich die Auflagenanzahl in den letzten 10 Jahren aus Ihrer Sicht erhöht?
K2: Fragen über Erfahrungen mit menschl. Beifahrer und Auflage 21	
F8	Welche Erfahrungen hatten Sie bereits mit menschlichen Beifahrern?
F9	Welche Aufgaben hat Ihrer Meinung nach ein menschlicher Beifahrer von Großraum- und Schwertransporten?
F10	In wie vielen Ihrer Fahrten (ungefährer Anteil) gibt es eine Auflage, einen menschlichen Beifahrer einzusetzen?
F11	Ist die Anzahl von Fahrten mit gesetzter Auflage 21 (menschlicher Beifahrer) der Vor-Coronazeit inzwischen wieder erreicht?
F12	Nach welchen Kriterien wurde Ihrer Meinung nach die Auflage „menschlicher Beifahrer benötigt“ von den Behörden gesetzt?
F13	Wie viele Fahrten haben Sie bereits mit einem menschlichen Beifahrer durchgeführt, der Ihnen unangenehm war? Pro Jahr oder Anteil an Fahrten mit menschl. Beifahrer
F14	Wenn mindestens einmal passiert: In welche Bedingungen macht sich das besonders deutlich bemerkbar: Z. B. Körpergeruch (inkl. Rauchgeruch), Unerwünschte Kommunikation, bei sehr langen Fahrten, in einer Schicht über mehrere Tage. Bitte berichten Sie über eigene Erfahrungen.
F15	Wie hoch (geschätzt) war vor 5 oder 10 Jahren der Anteil Ihrer Fahrten, die über 50 Auflagen hatten, ohne dass ein menschlicher Beifahrer mitfuhr? Z. B. Ein Viertel, Hälfte, etc. Wie hoch ist der Anteil jetzt?
F16	Gab es Fahrten mit menschlichem Beifahrer, bei denen Sie der Meinung waren, dass Sie diesen zur Unterstützung eigentlich nicht bräuchten? Wie groß war der Anteil im Vergleich zu allen Fahrten mit menschlichem Beifahrer

F17	Hatten Sie schon einmal die Erfahrung, dass ein menschlicher Beifahrer eingeschlafen ist? In wie vielen von 100 Fahrten?
F18	Wenn ein menschlicher Beifahrer mitfährt, wer übernimmt die Kommunikation mit den Begleitfahrzeugen, wer übernimmt die Kommunikation mit der Polizei?
F19	Was würden Sie sich von einem idealen menschlichen Beifahrer wünschen? Welche Eigenschaften müsste dieser dann haben?
F20	Um wieviel wird die Zahl der verpassten Auflagen durch einen menschlichen Beifahrer reduziert? Gar nicht, sehr wenige, einige, viele, sehr viele
K3: Fragen über Erfahrungen bei der Alleinfahrt mit einer hohen Auflagenzahl	
F21	Beschreiben Sie bitte, wie Sie eine Fahrt mit einer hohen Anzahl der Auflagen (>80) alleine zu managen. Was machen Sie vor der Fahrt, was machen Sie während der Fahrt, was sind die größten Herausforderungen?
F22	Wie erkennen Sie, wo sich ein Bauwerk befindet? Schildern Sie den Prozess. Bekommt man mit, dass man das Bauwerk verpasst hat? In wie vielen Ihrer Fahrten passiert das? Wie ist das speziell in der Nacht?
F23	Inwiefern helfen Ihnen Streckenkenntnisse bzw. Erfahrungen bei der Einhaltung der Auflagen? Bitte erläutern Sie.
F24	Haben Sie sich schon einmal bei Alleinfahrt erwischt, eine Auflage verpasst zu haben bei Fahrten mit mehr als 30 Auflagen?
F25	Wie oft passieren diese Fehler? Nie, einmal in 10 Fahrten, einmal in 2 Fahrten, jede Fahrt, mehrmals pro Fahrt (wie oft?)
K4: Fragen zu Erfahrungen mit Digitalem Beifahrer	
F26	Hatten Sie schon Erfahrungen mit einem Digitalen Beifahrer?
F27	Mit welchem System fahren Sie gewöhnlich?
F28	Wann war das zum ersten Mal? Wie häufig?
F29	Welche Erfahrungen haben Sie mit dem Digitalen Beifahrer gemacht. Schildern Sie bitte.
F30	Fühlen Sie sich mit den Systemen verkehrssicherer?
F31	Wie bewerten Sie das Ablenkungspotential von einem Digitalen Beifahrer (im Hinblick auf Blickabwendung und Menüführung). Sehr gering, gering, mittel groß sehr groß
F32	Wie bewerten Sie die Bedienbarkeit des Digitalen Beifahrers? Sehr gut bedienbar, gut bedienbar, schwer bedienbar, sehr schwer bedienbar.
F33	Wo sollte der Bildschirm des Digitalen Beifahrers Ihrer Meinung nach im Fahrzeuginnenraum verbaut sein? Bitte beachten Sie die Lesbarkeit und Vibrationseinflüsse.
K5: Fragen zum Vergleich menschlicher mit Digitalen Beifahrern	
F34	Womit fahren Sie lieber – mit menschlichem oder Digitalem Beifahrer? Aus welchen Gründen? Bitte erläutern.
F35	Welche Aufgaben sind mit einem menschlichen oder Digitalen Beifahrer jeweils besser zu lösen?

F36	Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen mit Digitalem Beifahrer oder bei Alleinfahrt?
F37	Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen, mit menschlichem Beifahrer oder mit Digitalem Beifahrer?
F38	Wie häufig haben Sie bemerkt, dass der Digitale Beifahrer Fehler gemacht hat? Nie, einmal in 10 Fahrten, einmal in 2 Fahrten, jede Fahrt, mehrmals pro Fahrt. Was sind das für Fehler?
F39	Haben Sie sich schon einmal dabei ertappt, trotz Digitalen Beifahrers einer Auflage verpasst zu haben? Wie oft passieren diese Fehler? Nie, einmal in 5-20 Fahrten, einmal in 2 Fahrten, jede Fahrt, mehrmals pro Fahrt (wie oft)
F40	Welchen Modus nutzen Sie bei dem Digitalen Beifahrer? Sprachausgabe, visuelle Anzeige, beide
F41	Fahren Sie mit einem zweiten Navigationssystem parallel
F42	Haben Sie Erfahrungen mit unterschiedlichen Stimmen für Navigation und Auflagenansage? Wenn ja, was ist Ihre Meinung
F43	Welche Bildschirmgröße wünschen Sie sich für einen Digitalen Beifahrer? „kleiner als übliches Smartphone etwa 6 Zoll“, wie übliches Smartphone etwa 6 Zoll“, „kleines Tablett, etwa 9 oder 10 Zoll“, „großes Tablett, etwa 11 Zoll“, „größer“)
F44	Was ist nach Ihrer Meinung nach nicht gut bei Digitalen Beifahrern umgesetzt?
F45	Was würden Sie machen, wenn der Digitale Beifahrer völlig ausfällt (Hardwarefehler der Tablets, Ausfall GPS, Programm hängt sich auf)
F46	Schauen Sie sich bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer dennoch vor Fahrt den ausgedruckten VEMAGS-Bescheid an?
F47	Haben Sie bei Fahrt mit Digitalem Beifahrer nebenbei noch den ausgedruckten VEMAGS-Bescheid dabei?
F48	Wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer generell für alle Fahrten? (Unbedingt, ja, muss nicht sein)
K6: Fragen zum Einsatz Digitaler Beifahrer bei Begleitfahrzeugen	
F49	Fahren ihre BF3-Begleiter auch mit Digitalem Beifahrer
F50	Wie hat sich Ihre Zusammenarbeit mit dem BF3-Fahrer bei Fahrt mit dem Digitalen Beifahrer verändert?
F51	Wenn Sie mit Digitalem Beifahrer fahren, wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer auch generell für BF3-Fahrer? (Unbedingt, ja, muss nicht sein)
K7: Fragen zu Ausführung von VEMAGS-Bescheiden	
F52	Bitte bewerten Sie die Übersichtlichkeit auf den VEMAGS-Bescheiden. (Sehr unübersichtlich, unübersichtlich, nicht unübersichtlich aber nachvollziehbar, übersichtlich, sehr übersichtlich)
F53	Wie häufig haben Sie schon einmal Fehler (Doppeleinträge, unsinnige Auflagenkombinationen, etc.) in VEMAGS-Bescheiden erlebt? (gar nicht, selten, ab und zu häufig fast immer).

	Was sind das dann für Fehler
F54	Was machen Sie, wenn Sie einen Fehler oder Unsinnigkeiten in VEMAGS-Entscheiden entdeckt haben?

12 **Anhang II** Stellungnahme zum Thema verpflichtende Zertifizierung von Digitalen Beifahrern der TÜV NORD Mobilität

Aktuell existiert noch keine bundesweite Zulassung von Digitalen Beifahrern. Daher stellt sich im Rahmen des Forschungsprojektes die Frage, welche Anforderungen ein „digitales Beifahrersystem“ erfüllen muss und ob die Konformität zu diesen Anforderungen durch eine Systemzertifizierung verpflichtend sein sollte. Sofern der Digitale Beifahrer bestimmte Leistungsanforderungen erfüllen muss, die relevant für eine sichere Durchführung des Transports sind, sollten die Anforderungen als verbindlich vorgeschrieben werden. Im Rahmen der Sondererlaubnis empfehlen wir, Leistungsanforderungen, die an das System gestellt sind zu überprüfen.

Aus Sicht von TÜV NORD Mobilität (TNM) kann eine Zertifizierung des Systems zum jetzigen Zeitpunkt nicht als verpflichtende Anforderung an die Hersteller gestellt werden, da es ***grundsätzlich keine Zertifizierungspflicht*** in Deutschlang gibt. Je nach Branche, Produkt oder Dienstleistung kann eine Regierung oder ein Branchenverband jedoch eine Zertifizierung vorschreiben um sicherzustellen, dass gewisse Standards oder Vorschriften eingehalten werden.
Sofern eine Spezifikation der Auflagen und Anforderungen für digitale Beifahrersysteme entwickelt wird und ggf. als Teil der RGST verbindlich wird, kann auch ein Prüf- und Zertifizierungsprogramm entwickelt werden.
Im Aufgabenbereich des Digitalen Beifahrers bestehen aktuell keine Verordnungen oder Regelungen, die eine Grundlage darstellen, eine Zertifizierung vorzuschreiben. Die Zertifizierung, dass das Produkt nach einer Norm entwickelt wurde, kann ebenfalls nicht als verpflichtend angesehen werden, da die Anwendung von Normen nicht gesetzlich vorgeschrieben ist.
Normen geben den aktuellen Stand der Technik wieder. Deshalb wird empfohlen, bei der Entwicklung von Prozessen, Systemen oder Managementsystemen diese zu verwenden. Eine Zertifizierung kann daher nur empfohlen werden, da diese gegenüber dem Kunden eine Vertrauensbasis schafft, indem ein Nachweis erbracht wird, dass die jeweiligen Systeme, Prozesse oder Managementsysteme nach dem neuesten Stand der Technik entwickelt bzw. angewandt wurden.

13 Anhang III Hazard Analysis and Risk Assessment (HARA) für den Digitalen Beifahrer

Das Hazard Analysis and Risk Assessment (HARA)-Verfahren wurde auf Basis der ISO 26262-3 mit einem durch TNM erstellten Template durchgeführt. Die Analyse wurde komplett für den Digitalen Beifahrer erstellt. Die HARA wurde nach Festlegung der Rahmenbedingungen im Rahmen der zuvor definierten Anwendungsfälle detailliert. Über eine Schlüsselwortanalyse konnten dann dazu passende mögliche Fehlfunktionen identifiziert werden, welche in den verschiedenen Szenarien zu betrachten waren.

Item Definition und Betrachtungsgrenze
Das Item umfasst dabei den Digitalen Beifahrer. Die Hardware ist ein handelsübliches Tablet, auf dem die Software des jeweiligen Herstellers aufgespielt werden kann. Die Software ist ähnlich wie eine Navigationsapp für Pkw aufgebaut, nur dass sie zusätzlich auf die Anforderungen zur Durchführung von GST angepasst wurde. Der GST-Fahrer führt auf Basis der Informationen des Digitalen Beifahrers Fahrmanöver aus. Dazu ist der Fahrer für die GST-Transporte ausgebildet. Eine Anforderung an den GST-Fahrer ist, dass er sich aus dem VEMAGS-Bescheid vor Fahrtantritt mit der vorgegebenen Route vertraut macht und dabei Höhenbeschränkungen sowie Traglasten von Bauwerken verinnerlichen muss.
Der Digitale Beifahrer ist somit nicht mit den Kommunikationskanälen der E/E-Architektur des GST verbunden, sondern soll den Fahrer bei der Durchführung des Transportes unterstützen. Das Tablet wird lediglich über eine Halterung sowie eine Stromversorgung mit dem Fahrzeug verbunden.

Identifizierung des zu schützenden Objektes
Die aus Sicht der Funktionalen Sicherheit zu schützenden Objekte sind der Schwertransporter sowie die Umgebung (dazu zählt die Infrastruktur wie z. B. Brücken, Tunnel oder ungeschützte sowie geschützte Verkehrsteilnehmer).

Identifizierung von Bedrohungs- und Schadensszenarien
Die identifizierten Schutzziele wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Funktionale Sicherheit analysiert. Auf Basis der ISO 26262 wurden die einzelnen Schutzziele in Kontrollierbarkeit, Häufigkeit relevanter Situationen und Schadendschwere eingestuft.
Zur Analyse der Schadensszenarien wurden für die Funktionen des Digitalen Beifahrers relevante Fahrsituationen und Fahrumgebungen definiert und den betrachteten Use Cases zugeordnet. Diese sind in Tabelle 13.1 dargestellt.

Bewertung des Safety Impacts der Schadensszenarien
Nachfolgend sind die Funktionen und Fehlfunktionen aufgeführt, die in der Bearbeitung der HARA [H&R] identifiziert und analysiert wurden. In potenziellen konkreten Anwendungsprojekten mit gleichen oder ähnlichen Anwendungsfällen ist daher immer eine komplett eigenständige und vollumfängliche HARA durchzuführen.

Funktion	Mögliche Fehlfunktionen
Das System soll die vorgegebenen Streckenabschnitte mit den entsprechenden Warnhinweisen vorlesen und diese an das BF3 und die anderen Begleitfahrzeuge übermitteln	BF3-Begleitfahrzeug setzt keine Signale
	BF3-Begleitfahrzeug setzt falsche Signale
	BF3-Begleitfahrzeug setzt die Signale zu spät
	BF3-Begleitfahrzeug setzt die Signale zu früh
Das System soll den Streckenabschnitt identifizieren, auf dem sich der Schwerlasttransport befindet	Fahrauflagen des Bescheids können nicht an den Fahrer weitergegeben werden
	Falsche Fahrauflagen werden an den Fahrer weitergegeben
	Fahrauflagen zu spät und daher falsch an den GST weitergegeben
Das System soll die Höhe des zu überquerenden Tunnels anzeigen und	Informationen zu den Fahrauflagen, die an die Durchfahrtshöhe angepasst sind, werden nicht übermittelt

dem Fahrer des GST anzeigen, wie er den Tunnel durchfahren soll	Informationen zu den Fahrauflagen, die an die Durchfahrtshöhe angepasst sind, werden zu spät übermittelt
	Informationen zu den Fahrauflagen, die an die Durchfahrtsbreite angepasst sind, werden zu spät übermittelt
Das System soll die Traglast der Brücke anzeigen und zudem ausgeben, wie der GST die Brücke zu überfahren hat	Informationen über die Traglast der Brücke sowie der damit verbunden Auflagen können nicht an den Fahrer weitergegeben werden
	Falsche Informationen über die Traglast der Brücke sowie der damit verbunden Auflagen werden an den Fahrer weitergegeben
	Informationen über die Traglast der Brücke sowie der damit verbunden Auflagen werden zu spät an den Fahrer übermittelt
Erkennung von Cyberangriffen bzw. Veränderung der Routenführung	Cyberangriffe werden nicht erkannt und Route kann manipuliert werden
	Cyberangriffe werden nicht zuverlässig erkannt und Route kann manipuliert werden
Uploaden/Übertragung des VEMAGS-Bescheids auf den Digitalen Beifahrer	Falscher VEMAGS-Bescheid wird hochgeladen, wodurch eine Verletzung der Auflagen möglich wird sowie Bauwerke/Hindernisse nicht aufgeführt sind
	Geplante Route ist unvollständig, wodurch Bauwerke/Hindernisse nicht aufgeführt sind
Der Digitale Beifahrer soll den Streckenabschnitt dem Fahrer visuell anzeigen	Streckenabschnitt kann nicht angezeigt werden
	Falscher Streckenabschnitt wird angezeigt
	Streckenabschnitt wird zu früh angezeigt
	Streckenabschnitt wird zu spät angezeigt
	Geplanter Streckenabschnitt ist unvollständig, wodurch Bauwerke/Hindernisse nicht aufgeführt sind

Tabelle 13.1: Funktionen und Fehlfunktionen aus der H&R

Die Funktionen wurden im Rahmen der HARA unabhängig voneinander bewertet, d. h. da sie jedem zu einem Item gehören und jeweils keine externe Maßnahme zu den jeweils anderen Funktionen darstellen, wurde kein Vorteil aus dem Vorhandensein der jeweils anderen Funktionen gezogen, z. B. während der Einstufung der Kontrollierbarkeit. Durch die Bewertung der möglichen Fehlfunktionen in verschiedenen Szenarien hinsichtlich Schwere einer möglichen Verletzung, Auftretenswahrscheinlichkeit des Szenarios und potenzielle Kontrollierbarkeit konnten letztlich Sicherheitsziele identifiziert werden, die es zu erreichen gilt, um das vom System ausgehende Risiko ausreichend zu minimieren. Die Höhe des Risikos und damit auch die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Sicherheitsziele ergeben sich aus dem maximalen ASIL, welcher den jeweiligen Sicherheitszielen zugeordnet wurde. Für digitale Beifahrersysteme konnten nach Konsolidierung demnach die gegebenen sechs Sicherheitsziele aufgestellt werden. Bei den ASIL lässt sich feststellen, dass der maximale zugeordnete ASIL ein QM ergibt, d. h. für den Betrieb innerhalb der für das System angedachten spezifizierten Bereiche ergeben sich im Maximum daher QM-Maßnahmen. Für die identifizierten Szenarien und die dazugehörigen Schadensszenarien wurde eine Bewertung vorgenommen, wie hoch der resultierende Schaden anzunehmen ist. Die Bewertungskategorien sowie die entsprechenden Bewertungskriterien der einzelnen Kategorien wurden aus der ISO 26262-3 verwendet. Auf Basis der Item Definition und den Funktionen des Digitalen Beifahrers konnten mögliche Schadensszenarien ermittelt werden.

Bewertung der Häufigkeit des Gebrauchs

Die Bewertung der Häufigkeit des Gebrauchs kann in zwei unterschiedlichen Maßen vorgenommen werden. Zum einen kann sie durch die Dauer, d. h. die Betriebsdauer des jeweiligen Gegenstandes beschrieben werden oder durch die Häufigkeit des Gebrauchs. Für den Digitalen Beifahrer wurde aufgrund der Verwendung eine Betriebsdauer angenommen (prozentuale Nutzungsdauer).

Bewertung der Kontrollierbarkeit
Die Bewertung der Kontrollierbarkeit richtet sich ebenfalls nach ISO 26262-3. Für die Bewertung wird angegeben, dass ein Assistenzsystem, welches nicht die Sicherheit des Fahrzeugs beeinträchtigt, mit C0 zu bewerten ist.
Der Digitale Beifahrer (siehe obige Item-Definitionen) greift nicht auf die Fahrzeugarchitektur zu, weshalb der Fahrer jederzeit die Kontrolle über sein Fahrzeug hat.

Bewertung der Schadensszenarien
Für die identifizierten Szenarien und die dazugehörigen Schadensszenarien wurde eine Bewertung vorgenommen, wie hoch der resultierende Schaden anzunehmen ist. Die Bewertungskategorien sowie die entsprechenden Bewertungskriterien der einzelnen Kategorien wurden aus der ISO 26262-3 verwendet. Auf Basis der Item Definition und den Funktionen des Digitalen Beifahrers konnten mögliche Schadensszenarien ermittelt werden.

Ergebnisse der HARA
Nachfolgend werden in Tabelle 13.2 die Ergebnisse der HARA dargestellt. Aus dem Sicherheitszielen lassen sich Anforderungen je nach ASIL oder QM an das System ableiten.

ID	Sicherheitsziel	ASIL
SG-1	Kontrolle, ob der Digitale Beifahrer eingeschaltet ist und wie vorgesehen funktioniert.	QM
SG-2	Abgleich mit dem BF3-Fahrzeug, ob die richtigen Signale gesetzt werden.	QM
SG-3	Regelmäßiger Abgleich von Fahrstrecke zu Standpunkt	QM
SG-4	Kontrolle ob der VEMAGS Bescheid vollständig auf den Digitalen Beifahrer übertragen wurde.	QM
SG-5	Abgleich der Streckenführung vom Digitalen Beifahrer mit der vorgegebenen Strecke des VEMAGS Bescheid. CS-Maßnahmen müssen ergriffen werden	QM
SG-6	Abgleich zwischen VEMAGS Bescheid und digitaler Route	QM

Tabelle 13.2: Hergeleitete Sicherheitsziele (Safety Goals)

Für den Digitalen Beifahrer konnten keine ASIL-relevanten Sicherheitsziele identifiziert werden. Dadurch ergeben sich keine gesonderten Anforderungen aus der ISO 26262. Jedoch muss der Hersteller über ein entsprechendes Qualitätsmanagement verfügen und die Anforderungen an HW und SW gemäß Qualitätsvorgaben erfüllen.

14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Frage: Welche einzelnen Tätigkeiten führt ein menschlicher Beifahrer aus? Bitte nennen Sie alle Tätigkeiten, die zu leisten sind. 15
Tabelle 4.2: Frage: Welche einzelnen Tätigkeiten eines menschlichen Beifahrers können durch einen Digitalen Beifahrer übernommen werden? 18
Tabelle 4.3: Frage: Welche der Auflagen gemäß RGST sollten vom Digitalen Beifahrer grundsätzlich übernommen werden?“ 22
Tabelle 4.4: Vor- und Nachteile des Digitalen Beifahrers 24
Tabelle 4.5: Frage: „Welche rechtliche Verbindlichkeit wird der Kenntnisgabe der Auflagen durch den Beifahrer beigemessen und welche Bedeutung kommt dem in der Praxis zu?“ 28
Tabelle 4.6: Weitere Anmerkungen 30
Tabelle 5.1 Ausgangsfragen für Polizei und Behörden 34
Tabelle 5.2: Ausgangsfragen für den Transportverband bzw. die betr. Unternehmen ... 34
Tabelle 5.3 geordnete Antworten aus der bayerischen Evaluation des Pilotprojektes „e-Beifahrer“ 34
Tabelle 8.1 Befragungskategorien des Befragungsleitfadens in den Kategorien K1 bis K7 49
Tabelle 8.2: Deskriptive Statistik – Gesamt Mittelwert 65
Tabelle 8.3: Post-Hoc-Tests. Paarweise t-Tests 68
Tabelle 13.1: Funktionen und Fehlfunktionen aus der H&R 86
Tabelle 13.2: Hergeleitete Sicherheitsziele (Safety Goals) 87

15 Bilderverzeichnis

Bild 7.1: Screenshot des Digitalen Beifahrers *ERNA* während des Einsatzes.....46
Bild 7.2: Screenshot des Digitalen Beifahrers *intelliDrive* während des Einsatzes (Nachtansicht).....46
Bild 8.1: F1 (*N*= 21) – Wie viele Jahre fahren Sie schon Schwertransporte? 54
Bild 8.2: F2 (*N*=21) – Wie viele Schwertransporte führen Sie pro Jahr durch?.....54
Bild 8.3: F3 (*N*=21) – Welche Distanzen fahren Sie im Schnitt?.....54
Bild 8.4: F4 (*N*=21) – Wie viel Auflagen in Anhang 3 der VEMAGS-Bescheide gibt es bei Ihnen maximal?.....54
Bild 8.5: F5 (*N*=21) – Was sind für Sie Fahrten mit wenig Auflagen?.....55
Bild 8.6 (*N*=21): F6 – Wie viele Fahrten mit weniger als vier Auflagen gibt es in Verhältnis zu allen Fahrten? 55
Bild 8.7: F7 (*N*=16) – Wie (um welchen Faktor) hat sich die Auflagenanzahl in den letzten 10 Jahren aus Ihrer Sicht erhöht? 55
Bild 8.8: F10 (*N*=20) – In wie vielen Ihrer Fahrten (ungefährer Anteil) gibt es eine Auflage, einen menschlichen Beifahrer einzusetzen?.....56
Bild 8.9: F13 (*N*=17) – Wie viele Fahrten (Anteil) haben Sie bereits mit einem menschlichen Beifahrer durchgeführt, der Ihnen unangenehm war? 56
Bild 8.10: F17 (*N*=18) – Hatten Sie schon einmal die Erfahrung, dass ein menschlicher Beifahrer eingeschlafen ist? In wie vielen von 100 Fahrten? 56
Bild 8.11: F24 – Anzahl der berichteten verpassten Auflagen bei Alleinfahrt (oben, *N*=21). Wirkung menschlicher Beifahrer F20 - Um wieviel wird die Zahl der verpassten Auflagen durch einen menschlichen Beifahrer reduziert? (unten, *N*=20).....57
Bild 8.12: F43 (*N*=21) – Welche Bildschirmgröße (in Zoll) wünschen Sie sich? (G11= größer 11‘, K6=kleiner 6‘).....57
Bild 8.13: F32 (*N*= 21). Wie schätzen Sie die Bedienbarkeit des Digitalen Beifahrers ein (oben). F31 (*N*=21) Wie schätzen Sie das Ablenkungspotential des Digitalen Beifahrers ein? (unten).....58
Bild 8.14: F36 (*N*=21) Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen mit Digitalem Beifahrer oder bei Alleinfahrt? (oben) F37 (*N*=20) Unter welchen Bedingungen passieren Ihrer Meinung nach weniger verpasste Auflagen, mit menschlichem Beifahrer oder mit Digitalem Beifahrer? (unten).....59
Bild 8.15: F39 (*N*=20) Haben Sie sich schon einmal dabei ertappt, trotz Digitalen Beifahrers einer Auflage verpasst zu haben? 59
Bild 8.16: F48 (*N*=20) Wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer generell für alle Fahrten? (oben). F51 (*N*=20) Wenn Sie mit Digitalem Beifahrer fahren, wünschen Sie sich den Digitalen Beifahrer auch generell für BF3-Fahrer? (unten).....60
Bild 8.17: F52 (*N*=19) Bitte bewerten Sie die Übersichtlichkeit auf den VEMAGS-Bescheiden. 60
Bild 8.18: Mittelwerte und Standardfehler der Befragungsergebnisse getrennt nach Richtung (Ab, Auf) der sequentiellen Änderung der UV. 66
Bild 8.19: Grafische Darstellung der Mittelwerte und Standardfehler für jede Bedingung 67