



Überprüfung des European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle infor- mation and communication systems

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Fahrzeugtechnik Heft F 178

Überprüfung des European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle infor- mation and communication systems

von

Doreen Schwarze, Emily Oliveira, Johanna Josten, Adrian Zlocki
fka GmbH, Aachen

Lutz Eckstein
ika – Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University

Die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

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

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

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der BASt, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.0837

Überprüfung der European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems

Fachbetreuung:
André Wiggerich

Referat:
Automatisiertes Fahren

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

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

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

ISSN 0943-9307 | ISBN 978-3-95606-949-9 | <https://doi.org/10.60850/bericht-f178>

Bergisch Gladbach, August 2026

Kurzfassung

Überprüfung des European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems

Das 1999 erstmals veröffentlichte und 2006 überarbeitete European Statement of Principles (ESoP) legt Mindestanforderungen für die Gestaltung von In-Vehicle-Information Systems (IVIS) fest, um die sichere Ausführung der Fahraufgabe zu gewährleisten. Seit seiner letzten Aktualisierung haben sich jedoch weitreichende technologische Entwicklungen vollzogen, insbesondere im Hinblick auf Displaygrößen sowie auf nicht-fahrtrelevante Funktionen, auf die Fahrende auch während der Fahrt Zugriff haben. Aktuelle, diverse Interaktionsmöglichkeiten, wie Touchscreens, Gestik- oder Sprachsteuerung, stellen zudem unterschiedliche Anforderungen an die Nutzenden und erfordern mutmaßlich eine differenzierte Betrachtungsweise für Empfehlungen eines sicheren Interaktionsdesigns.

Das Ziel der hier dokumentierten Aktivitäten ist es, die Gültigkeit des ESoP in modernen Fahrzeugen zu bewerten. Es wird untersucht, ob eine Aktualisierung oder Erweiterung der Grundsätze notwendig wäre, um sie an den aktuellen Stand der Technik anzupassen. Innerhalb des Projektes wurden dafür drei Oberklasse-Fahrzeuge (Baujahr 2022-2023) hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit dem ESoP und über dieses hinausgehende Richtlinien analysiert. Im Fokus stand dabei die Identifikation klarer Abweichungen von bestehenden Grundsätzen und ihre Diskussion anhand von Beispielen. Die Bewertung folgte dabei einer vorab definierten Checkliste in drei Stufen: (1) Einhaltung des ESoP durch herkömmliche Systeme, (2) Übertragbarkeit des ESoP auf neue Interaktionskonzepte sowie (3) Abgleich des Funktionsumfangs moderner Fahrzeuge mit bestehenden Grundsätzen.

Die Analyse zeigt, dass trotz einzelner Abweichungen die Grundsätze des ESoP für die Gestaltung visuell-manueller Interaktionen weitgehend eingehalten werden. Zudem werden die meisten der festgestellten Abweichungen nicht als relevant im Sinne einer sicherheitskritischen Ablenkung eingeschätzt. Die Diskussion unter Einbezug aktueller Forschungserkenntnisse zeigt für die exemplarische Analyse und die identifizierten Abweichungen, dass die Grundsätze des ESoP weiterhin für eine ablenkungsminimierte Gestaltung von Funktionen zielführend sind und eine wichtige Grundlage für die Gestaltung sicherer Bedienkonzepte darstellen. Eine Erweiterung anhand angepasster, aktualisierter Beispiele und Erklärungen des ESoP, um technologische Entwicklungen und Kriterien neuer Richtlinien einzubeziehen, erscheint jedoch sinnvoll. Eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Automobilherstellern, Technologieanbietern, Verbraucherschutzorganisationen und Behörden erscheint sinnvoll, um weltweit harmonisierte Sicherheitsstandards sicherzustellen und die sichere Ausführung der Fahraufgabe durch sicheres Design kontinuierlich zu verbessern.

Abstract

Review of the European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems

The European Statement of Principles (ESoP), initially published in 1999 and revised in 2006, establishes minimum requirements for In-Vehicle Information Systems (IVIS) to ensure the safe execution of the driver's primary tasks. However, significant technological advancements have occurred since its last update, particularly regarding display sizes and the variety of non-driving-related functions accessible during driving. Diverse, currently available interaction modalities, such as touchscreens, gesture- and voice-control, present different demands for users and presumably call for a nuanced approach for guidelines on safe interaction design.

The objective of the activities documented in this report is to evaluate the compliance of current, state-of-the-art vehicles with the ESoP. It shall be determined whether an update or expansion of its principles would be necessary to align with current technological standards. Within this project, three luxury-class vehicles (model years 2022-2023) were analyzed for their compliance with the ESoP as well as additional design guidelines beyond it. The analysis aimed to identify clear deviations from existing principles and provide concrete examples to support discussions. The evaluation was conducted in three steps, using a predefined checklist: (1) adherence of conventional systems to the ESoP, (2) transferability of the ESoP to new interaction concepts, and (3) comparison of the functionality range of modern vehicles with existing principles.

Despite some deviations, the analysis shows that the principles of the ESoP are still broadly adhered to for the design of visual-manual interactions. Furthermore, most of the identified deviations are not considered immediately relevant in terms of safety-critical distractions or behaviors. The discussion, backed by current literature, of the expert-based exemplary analysis and the identified deviations indicates that the principles of the ESoP remain effective for designing functions that do not induce critical levels of distraction. The ESoP thus continues to serve as an essential foundation for creating safe control concepts. However, it appears beneficial to expand the ESoP with updated examples and explanations, incorporating technological developments and criteria from newer guidelines. It is further recommended to enhance the collaboration between automobile manufacturers, technology providers, and regulatory authorities to ensure globally harmonized safety standards and continuously improve driving safety by safe design.

Summary

Review of the European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems

Objective

Due to the constant increase of available information provided by new information, communication and driver assistance systems in motor vehicles (Färber & Färber, 2003), the way how information is communicated to the driver at any given time plays an increasingly important role. However, crucial for driving safety is not the absolute amount of available information, but rather its situationally appropriate, ergonomic, and task-oriented design, as well as the timely transmission of information to the driver (Abendroth & Joisten, 2024).

Information emitted by the vehicle should particularly avoid impairing or restricting the perception of important external environmental information. Although it is not possible to precisely determine the exact percentage of information processed via the visual channel during driving (Sivak, 1996), it can be assumed that the information relevant for vehicle control is predominantly perceived visually (Wolfe et al., 2020). An additional visual offer through increasing information density in the vehicle can have significant negative effects on the execution of the primary driving task due to visual distraction. Human capacity is not only limited overall but especially in regard to limitations of defined sensory channels (Wickens, 2008).

The potential for distraction by poorly designed input devices and (non-driving) relevant information stands in contrast to the safety potential of effectively presented driving-relevant information, which can be analogously classified according to the levels of the driving task (Donges, 1982), hierarchically structured into navigation, trajectory guidance, and stabilization levels. To address this issue specifically, various guidelines and recommendations for the development of human-vehicle interaction concepts have been developed in Europe (European Commission, 2000; European Commission, 2008), Japan (JAMA, 2004), and the United States (AAM, 2006; NHTSA, 2013; Campbell et al., 2016). In many cases, these have been adapted and further developed in the years following their introduction. These guidelines focus on user-centered properties by supporting human drivers in performing appropriate actions effectively and intuitively but rarely take individual preferences into account (Jameson, 2012). Simultaneously, they provide context-based and technology-neutral support for good interaction concept designs (Bavendiek, 2024). One of these guidelines is the “European Statement of Principles on human-machine interface”, known as “ESoP”. The ESoP aggregates essential safety and usability aspects to establish minimum requirements that must be met by the design of human-machine interfaces (HMI) for In-Vehicle Infotainment Systems (IVIS; European Commission, 2008). A voluntary agreement among European automotive manufacturers to fully comply with the ESoP was published by the Association of European Automotive Manufacturers (ACEA) in 2001 (Gelau et al., 2010).

Since the last update of the ESoP in 2006, available functions in vehicles have significantly multiplied, and driver-vehicle interaction has undergone significant changes (Horn et al., 2023). This is not only attributable to the introduction of new driver assistance systems (ADAS) (Bengler et al., 2014) but also to changing user habits due to the use of smartphones and mobile technologies (Leipnitz et al., 2022). Furthermore, users expect that they can operate information and communication systems in vehicles as easily as they handle their electronic consumer goods in everyday life (Bavendiek et al., 2020). As a result, traditional display interfaces and haptic operating elements, such as buttons and switches, have been complemented or replaced by new multimodal interaction technologies (Murali et al., 2021). The presence of touchscreens with touch-sensitive surfaces in vehicles has become widespread, often accompanied by an increase in the size of built-in displays (Roth, 2022).

In addition, new technical possibilities give rise to a wide variety of interactions that go beyond manual button and screen interactions. Voice and gesture controls are already implemented in numerous ways and are available to customers in Germany, for example, in the BMW 7 Series or the VW Golf (Ippen, 2018). While newer HMI design recommendations, such as those from the U.S. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), address voice inputs (Campbell et al., 2016), voice-controlled systems have been explicitly excluded from the ESoP so far (see scope in European Commission, 2008). The interaction with these systems can also become problematic if their implementation conflicts with safe vehicle operation, the primary design goal postulated by the ESoP.

Given the increasing information density, modalities, and functional complexity, the question arises to what extent the ESoP is still taken into account in current series production vehicles and whether it should be comprehensively or partially revised in light of the significantly changed technical prerequisites since 2006. The overarching goal of this research project is to review the existing principles of the ESoP regarding current driver-vehicle interaction concepts. For this purpose, the ESoP will be systematically analyzed through an exemplary comparison with current series production vehicles to examine to what extent individual principles and the ESoP are still considered today. Based on this analysis, two further objectives will be pursued: first, deriving and justifying adaptation needs for the ESoP according to the current state of technology within its current scope (i.e., primarily manual interactions), and secondly, evaluating an extension of the ESoP for future or previously unconsidered interaction concepts (e.g., voice and gesture control).

Methodological Approach

The systematic approach of the project involves an exemplary examination of current series production vehicles, which are analyzed using a structured evaluation framework. This framework enables the identification of deviations from ESoP principles and provides concrete examples to discuss potential adaptations or extensions. The selection of vehicles was based on several criteria aimed at evaluating both technological advancements and different design concepts since 2006. The focus was restricted to premium-class vehicles to gain access to latest technologies and design concepts, whose innovations could potentially be relevant for mid-size models in the foreseeable future.

The investigation was based on conventional evaluation scenarios (use cases; manual interactions), which were directly derived from examples given for single ESoP principles, as well as alternative use cases that incorporated new input modalities such as speech and

gesture control. For a systematic evaluation, an extensive checklist was developed, covering ESoP principles as well as additional interface- and usability-related criteria (see Stevens & Cynk, 2011; Gehlert, 2023). For the assessment of voice interaction, the design goals by Campbell et al. (2016) and the design guidelines by Nguyen and Falkengren (2019) for voice assistants in vehicles, as well as usability criteria for voice- and gesture-based control were utilized.

The predefined use cases were tested both during daylight and nighttime on a fixed urban route in Aachen. Initially, an assessment of the defined use cases was conducted while driving (Clusters 3-5), followed by a comprehensive evaluation in stationary conditions (Clusters 1-2). Additionally, supplementary functions available during driving were examined. Deviations of pre-defined additional vehicle functions (selection criteria: distraction criticality, time criticality, and number of steps for operation) from the ESoP principles were documented. After completing the evaluation of all investigated vehicles, the identified deviations were aggregated into an overall assessment for each principle.

For the discussion on whether the ESoP is still upheld in current vehicles or to what extent new interaction principles or technologies should be considered, it is generally considered irrelevant by which system, function(s) of a system, or in which vehicle a principle is specifically not adhered to. It is considered less important to determine which or how many functions of a single vehicle do not comply with ESoP principles. Rather, deviations concerning a particular principle which persist across multiple selected vehicles are considered relevant to derive reasons or discuss potential changes in scope.

Conclusions for the ESoP

The ESoP focuses primarily on minimum requirements for visual-manual interactions with In-Vehicle Information Systems (IVIS) to ensure that the driving task can be performed safely. A significant technical difference between today's vehicles and those built in 2006 is the increase in display sizes and the variety of tertiary functions—non-driving relevant functionalities—that drivers can access while driving.

The expanded number of interaction options, such as inputs via touchscreens, gesture or voice control, leads to varying demands on users, necessitating a more nuanced approach for recommendations regarding safe interaction design. The analysis indicates that despite some deviations, the core principles of the ESoP are largely adhered to in designing visual-manual interactions. Moreover, most identified deviations are not considered critical in terms of immediate consequences on driver behavior from a safety perspective.

Expert assessments suggest that, based on exemplary analyses and identified deviations, the principles of the ESoP remain effective for minimizing distraction in function design and continue to serve as an essential foundation for creating safe user interface concepts. However, it appears prudent to expand these guidelines with updated examples and explanations, taking into account technological advancements and criteria from newer regulations.

Certain discussion points, particularly regarding the use of large touchscreens and the integration of purely entertainment functions, could not only be identified across various functions and systems but also to varying degree across vehicles. While some of these aspects are already addressed in different parts of the ESoP, they require further specification or re-evaluation against technological advancements or discussions within the context of newer, slightly differently focused guidelines.

The increasing size of touchscreens is particularly critical whenever it hinders compliance with safety-related viewing angle requirements or ergonomic accessibility. Therefore, it is recommended to clarify the principles of the ESoP concerning touchscreen design and the numerous possible positions for input fields and visual information. A balance between interaction accuracy through ergonomic reachability (for touch-sensitive input areas) and an optimized viewing angle across the entire display area seems advisable. In the ESoP, this could be illustrated with positive or negative examples, at least as a supplement to Principle 2.IV.

Another discussion point regarding system-induced distraction concerns the availability of non-driving related entertainment functions in vehicles, as their use during driving can potentially be safety-critical. Functions offered by some vehicles, such as video playback or internet browsing while driving, could be criticized considering the expected necessary visual attention and their potential negative impact on the primary driving task. Considering existing regulations for per se lock-out and known influences of certain activities or risk factors on driving safety, it should be discussed whether generally incompatible activities with driving, as also detailed by the NHTSA, should not also be addressed more specifically in the ESoP. Development goals and principles should at least be supplemented with further examples. However, addressing new, previously unknown functions through additional examples alone would be challenging. Establishing criteria or a test protocol, as suggested by the NHTSA (2013) for identifying distracting tasks, could be an alternative approach. Any approach should also consider the balance between well-designed onboard systems and the use of unregulated external devices which drivers might switch to in order to circumvent function restrictions.

Technological developments, such as Driver Monitoring Systems (DMS) required in European vehicles, offer both a means to address voluntary distractions and motivation for the good design of onboard systems to avoid excessive warnings during interactions with these systems. Therefore, they should be considered as state-of-the-art technology along with their evaluation criteria, e.g., regarding permissible viewing areas, when revising the ESoP.

Finally, in updating the ESoP, consideration should be given to additional interaction modalities. Voice control is available in various forms across different vehicles and offers the potential to reduce distractions if designed according to current scientific standards. However, some principles of the ESoP should be interpreted separately for different modalities or, for easier understanding, supported with specific examples for voice control.

Moreover, a clear prioritization of safety-critical information appears beneficial given the increasing number of system outputs in vehicles. In an environment shaped by IVIS, ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) and voice assistants, it must be ensured that beyond the scope of individual, separate guidelines, the function providing the most driving-relevant information at any given time takes precedence. An isolated consideration of IVIS could overlook important interactions with other vehicle systems (e.g., ADAS or DMS) since primary task, IVIS, and ADAS share output locations and output channels. Therefore, beyond updating the ESoP to accommodate technological developments such as display sizes, functional scope, and interaction modalities, it is worth discussing how additional value can be created beyond its current scope. An expansion with a chapter on prioritizing visual and auditory information could serve as a valuable foundation for designing and implementing an effective warning and information management system that also prioritizes

outputs from IVIS and ADAS. Additionally, referencing usability standards like ISO 9241-11 (ISO, 2018) might be beneficial, as these outline fundamental principles for efficient and user-friendly interactions beyond minimal requirements, providing valuable design insights.

Manufacturers of extended onboard operating systems such as Android Auto and Apple CarPlay have established own guidelines to prevent significant driver distraction. Although the examination of these systems was not a focus of this project, it seems worthwhile to assess how well these manufacturers' guidelines align with the ESoP, especially regarding a balance between safe onboard systems and the use of external devices brought into vehicles by users. This could particularly contribute to the topic of "lock-out functions" if a fallback to other devices than onboard systems is not easily possible. Since these manufacturer-specific guidelines are newer than the ESoP, they might also contain relevant aspects regarding further interaction modalities like voice control that could be applicable in a technology-neutral form for the ESoP.

Overall, it seems sensible to regularly update guidelines to reference further regulations and other developments to accommodate modern vehicle technologies. Enhanced collaboration among automobile manufacturers, other technology providers, consumer protection organizations, and authorities would be beneficial to harmonize safety standards globally and continuously improve driving safety by safe designs.

Inhalt

1	Einleitung	12
2	Stand der Wissenschaft und Technik	15
2.1	Geltungsbereich der aktuellen Version des ESoP	15
2.2	Weitere Richtlinien für die HMI-Gestaltung im Fahrzeug	17
2.2.1	Gestaltungshinweise für Sprachinteraktion	19
2.2.2	Gestaltungshinweise für Gesteninteraktion	20
2.3	Ablenkungsreduzierung als Hauptziel von Gestaltungsrichtlinien	21
2.4	Technologische Ansätze zur Adressierung von Ablenkung im Fahrzeug	23
2.5	Herausforderungen hinsichtlich der Aktualität des ESoP	25
3	Methodisches Vorgehen	26
3.1	Auswahl von Fahrzeugen zum exemplarischen Abgleich	26
3.2	Ableitung von Anwendungs-/Bewertungsfällen (Use Cases)	29
3.3	Aufbau Checkliste	31
3.3.1	Prüfkriterien für konventionelle Use Cases	31
3.3.2	Prüfkriterien für alternative Use Cases	34
3.4	Durchführung des exemplarischen Abgleichs	34
4	Exemplarischer Abgleich	36
4.1	Bewertungsschema	36
4.2	Zusammenfassung der Ergebnisse innerhalb des ESoP Geltungsbereiches	37
4.2.1	Cluster 1: Gesamtdesign	37
4.2.2	Cluster 2: Grundsätze für die Installation	41
4.2.3	Cluster 3: Grundsätze für die Darstellung von Information	42
4.2.4	Cluster 4: Grundsätze für die Interaktion	44
4.2.5	Cluster 5: Grundsätze für das Systemverhalten	46

4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse außerhalb des ESoP Geltungsbereiches	48
4.3.1	Ergebnisse der Sprach- und Gesteninteraktion	48
4.3.2	Identifikation von Usability-Auffälligkeiten	56
5	Ableitung von Anpassungsbedarf für das ESoP	59
5.1	Empfehlung zur Überarbeitung bestehender Grundsätze	59
5.2	Empfehlung möglicher Erweiterungen	63
6	Zusammenfassung und Ausblick	67
	Literatur	70
	Bilder	77
	Tabellen	78

1 Einleitung

Mit der stetigen Zunahme an verfügbaren Informationen durch neue Informations-, Kommunikations- und Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug (Färber & Färber, 2003) spielt die Art und Weise, wie Informationen wann an die fahrzeugführende Person übermittelt werden, eine immer wichtigere Rolle. Entscheidend für die Fahrsicherheit ist jedoch weniger die absolute Menge verfügbarer Informationen, sondern vielmehr deren situationsgerechte, ergonomische und aufgabenorientierte Gestaltung sowie die zeitlich passende Vermittlung an die fahrzeugführende Person (Abendroth & Joisten, 2024).

Vom Fahrzeug ausgegebene Informationen sollten insbesondere nicht dazu führen, dass die Wahrnehmung wichtiger externer Umweltinformationen beeinträchtigt oder eingeschränkt wird. Obwohl sich kein genauer Prozentsatz des Anteils der Informationen beim Fahren, die über den visuellen Kanal aufgenommen werden, bestimmen lässt (Sivak, 1996), ist dennoch anzunehmen, dass die für die Fahrzeugführung relevanten Informationen überwiegend visuell wahrgenommen werden (Wolfe, et al., 2020). Ein zusätzliches visuelles Angebot durch eine steigende Informationsdichte im Fahrzeug kann deshalb im Sinne visueller Ablenkung erhebliche negative Auswirkungen auf die Ausführung der primären Fahraufgabe haben. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Aufnahmefähigkeit des Menschen nicht nur insgesamt begrenzt ist, sondern vor allem Reize auf gleichen Sinneskanälen miteinander um Ressourcen konkurrieren (Wickens, 2008).

Dem Ablenkungspotential von nicht ideal gestalteten Bedienelementen sowie von fahrirrelevanten Anzeigen steht ein Sicherheitspotential der effektiven Darbietung fahrrelevanten Informationen gegenüber, die sich analog den Ebenen der Fahraufgabe (welche Donges (1982) in Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene hierarchisch schematisierte) klassifizieren lassen. Um diese Problematik gezielt zu adressieren, sind beispielsweise in Europa (Europäische Kommission, 2000; Europäische Kommission, 2008), Japan (JAMA, 2004) und den USA (AAM, 2006; NHTSA, 2013; Campbell, et al., 2016) für die Entwicklung von Mensch-Fahrzeug-Interaktionskonzepten verschiedene Richtlinien und Empfehlungen entwickelt worden. Im Laufe der ersten Jahre nach der Einführung wurden sie in vielen Fällen angepasst und weiterentwickelt. Die Richtlinien beziehen sich auf nutzerzentrierte Eigenschaften, indem sie die menschlichen Fahrenden unterstützen, geeignete Aktionen effektiv und intuitiv auszuführen. Sie berücksichtigen selten individuelle Präferenzen (Jameson, 2012), bieten jedoch gleichzeitig kontextbezogene und möglichst technologie neutrale Hilfestellungen (Bavendiek, 2024) zur guten Gestaltung von Interaktionskonzepten. Eine dieser Richtlinien ist der Europäische Grundsatzkatalog zur Mensch-Maschine-Schnittstelle, der als das „ESoP“, nach seinem englischen Titel *„European Statement of Principles on human-machine interface“*, bezeichnet wird.

Das ESoP bündelt wesentliche Sicherheits- und Nutzungsaspekte in Mindestanforderungen, die bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI, vom englischen *Human-Machine Interface*) bordeigener Informations- und Kommunikationssysteme (IVIS, vom englischen *In-Vehicle Infotainment System*) zu beachten sind (Europäische Kommission, 2008). Eine freiwillige Vereinbarung der europäischen Automobilhersteller zur vollständigen Einhaltung des ESoP wurde 2001 vom Verband der europäischen Automobilhersteller (ACEA) herausgegeben (Gelau, et al., 2010).

Seit der letzten Aktualisierung des ESoP im Jahr 2006 haben sich die Funktionen im Fahrzeug deutlich vervielfacht, auch die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion hat sich durch eine Zunahme an Möglichkeiten stark gewandelt (Horn, et al., 2023). Dies ist nicht nur auf die Einführung neuer Fahrerassistenzsysteme (FAS) zurückzuführen (Bengler, et al., 2014), sondern auch auf die sich wandelnden Gewohnheiten der Menschen bei der Nutzung von Smartphones und mobilen Technologien (Leipnitz, et al., 2022). Darüber hinaus erwarten die Nutzenden, dass sie Informations- und Kommunikationssysteme im Fahrzeug ebenso bedienen können wie ihre elektronischen Konsumgüter im Alltag (Bavendiek, et al., 2020). Infolgedessen wurden herkömmliche Displayschnittstellen und haptische Bedienelemente, wie Tasten und Knöpfe, durch neuartige multimodale Interaktionstechnologien ergänzt oder gegebenenfalls ersetzt (Murali, et al., 2021). Die Präsenz von Displays mit berührungssensitiven Oberflächen („Touchscreen“) in Fahrzeugen hat sich generell verbreitet und damit einhergehend meist auch die Größe der eingebauten Displays (Roth, 2022).

Aus veränderten technischen Möglichkeiten ergeben sich heute zudem eine Vielzahl von Interaktionen, die über manuelle Tasten- und Bildschirminteraktionen hinausgehen. Sprach- und Gestensteuerungen werden bereits in vielfältiger Art und Weise umgesetzt und stehen auch Kunden in Deutschland zur Verfügung, z.B. die Gestensteuerung im BMW 7er oder im VW Golf (Ippen, 2018). Während neuere HMI-Gestaltungsempfehlungen, wie solche der US-amerikanischen National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), z.B. Spracheingaben bereits thematisieren (Campbell, et al., 2016), sind sprachgesteuerte Systeme vom ESoP bisher explizit ausgenommen (siehe Geltungsbereich in Europäische Kommission, 2008). Auch die Interaktion mit solchen Systemen kann jedoch problematisch sein, wenn ihre Implementierung im Widerspruch zur sicheren Fahrzeugführung (als primäres Gestaltungsziel des ESoP) steht.

Es stellt sich vor dem Hintergrund der zunehmenden Informations-, Modalitäten- und Funktionsdichte daher die Frage, inwiefern das ESoP in aktuellen Serienfahrzeugen für den bisherigen Geltungsbereich noch berücksichtigt wird und ob es angesichts der sich seit 2006 deutlich veränderten, technischen Voraussetzungen ganz oder teilweise überarbeitet werden sollte. Dies könnte z.B. im Sinne eines erweiterten Geltungsbereiches erfolgen, basierend auf inzwischen vorliegenden wissenschaftlichen Belegen für aktuellere Gestaltungslösungen sowie in Anlehnung an neuere Richtlinien.

Das übergeordnete Ziel dieses Forschungsprojekts ist, die bestehenden Grundsätze des ESoP mit Blick auf gegenwärtige Fahrer-Fahrzeug-Interaktionskonzepte zu überprüfen. Hierfür werden Funktionen in einem exemplarischen Abgleich mit dem ESoP in aktuellen Serienfahrzeugen strukturiert analysiert, um zu überprüfen, inwiefern die einzelnen Grundsätze und das ESoP als Ganzes heutzutage berücksichtigt werden. Basierend auf dieser Analyse sollen zwei weitere Ziele erreicht werden: zum einen wird eine Ableitung und Begründung von Anpassungsbedarfen des ESoP gemäß dem aktuellen Stand der Technik im aktuellen Geltungsbereich (d.h. vor allem für manuelle Interaktionen) angestrebt, zum anderen erfolgt eine Prüfung einer Erweiterung des ESoP auf zukünftige oder bislang nicht berücksichtigte Interaktionskonzepte (u.a. Sprach- und Gestensteuerung).

Das folgende Kapitel 2 gibt zunächst einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik, der den Geltungsbereich, die Struktur und die grundlegenden Ziele sowohl des ESoP als auch weiterer Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklung von IVIS-HMI vorstellt, sowie aktuelle technologische Entwicklungen und daraus resultierende Herausforderungen für die bestehende ESoP-Version erläutert. Im Kapitel 3 wird beschrieben, wie für den exemplarischen Abgleich des ESoP mit aktuellen Serienfahrzeugen methodisch vorgegangen

wurde. Die in Kapitel 4 präsentierten Ergebnisse und Fallbeispiele, die im Rahmen des exemplarischen Abgleiches strukturiert eingesammelt wurden, bilden die Grundlage für eine Diskussion hinsichtlich der Projektziele im Kapitel 5. Anschließend wird im Kapitel 6 das Projekt zusammengefasst und ein Ausblick anhand der Erkenntnisse abgeleitet.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Geltungsbereich der aktuellen Version des ESoP

Das ESoP wurde erstmals 1999 veröffentlicht und fasst wesentliche Sicherheitsaspekte zusammen, die bei der Gestaltung von HMI für alle Informations- und Kommunikationssysteme im Fahrzeug berücksichtigt werden sollten (Europäische Kommission, 2000; Gelau, et al., 2010). Diese ersten Richtlinien bildeten 1999 den Ausgangspunkt für die drei meist zitiertesten internationalen HMI-Richtlinien: Neben dem ESoP sind dies die JAMA-Guideline (Japan Automobile Manufacturers Association, Japan) und AAM-Guideline (Alliance of Automobile Manufacturers, USA) (siehe Analyse von Horn, et al., 2023). Im Jahr 2001 erweiterte die Europäische Kommission die ursprünglichen Grundsätze um Definitionen, Beispiele und Erklärungen zur erleichterten Anwendung (Gelau, et al., 2010).

Um Sicherheits- und Marktfragen im Zusammenhang mit der Einführung intelligenter Kommunikationstechnologien zu adressieren, wurde 2003 das eSafety-Forum von der Europäischen Kommission gegründet. Im Folgejahr, 2004, gründete das Forum die „eSafety Working Group on Human Machine Interaction“ (eSafety WG HMI) zur Adressierung der Interaktion von fahrzeugführenden Personen mit bordeigenen Geräten. Diese Gruppe, bestehend aus sechs Experten und Expertinnen (davon drei aus der Industrie, zu denen auch Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein gehörte), empfahl im Jahr 2005 eine Überarbeitung des ESoP an die Europäische Kommission. Die überarbeitete Version wurde im Dezember 2006 angenommen und schließlich 2007 veröffentlicht (Europäische Kommission, 2008; Gelau, et al., 2010). Die neueste Fassung des ESoP aus dem Jahr 2008 ist unter dem Titel „Empfehlung der Kommission vom 26. Mai 2008 über sichere und effiziente bordeigene Informations- und Kommunikationssysteme: Neufassung des Europäischen Grundsatzkatalogs zur Mensch-Maschine-Schnittstelle“ in mehr als 20 Sprachen verfügbar, darunter auch in deutscher Sprache (Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2025).

Der zentrale Inhalt des aktualisierten ESoP umfasst fünf grundlegende Entwicklungsziele für das Gesamtdesign sowie 29 einzelne Gestaltungsgrundsätze, die insgesamt in sechs Kategorien (sog. Cluster) unterteilt sind:

- Cluster 1 enthält 5 grundlegende Entwicklungsziele für das Gesamtdesign
- Cluster 2 enthält 5 Grundsätze für die Installation
- Cluster 3 enthält 5 Grundsätze für die Darstellung von Informationen
- Cluster 4 enthält 8 Grundsätze für die Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen
- Cluster 5 enthält 4 Grundsätze für das Systemverhalten
- Cluster 6 enthält 7 Grundsätze für Informationen zum System

Als „System“ bezeichnet das ESoP „Funktionen und Teile wie z.B. Anzeigen und Bedienteile, welche die Schnittstelle zwischen den bordeigenen Systemen und dem Fahrer darstellen“ (Europäische Kommission, 2008, S. 3). Außerdem wird jeder Grundsatz unter folgenden Überschriften erläutert:

- *Erklärung:* Überlegungen und Begründungen

- *Beispiele*: „Gute“ und „schlechte“ Beispiele, die weitere Informationen zur Einführung eines Grundsatzes vermitteln
- *Anwendbarkeit*: Beschreibung der Systeme oder Funktionen der HMI, die Gegenstand des jeweiligen Grundsatzes sind
- *Überprüfung*: Verifizierungsansatz, im Einklang mit einem bestimmten Grundsatz steht – nach Möglichkeit wird eine geeignete Methode beschrieben und die Auswertung des mit dieser Methode ermittelten Ergebnisses erläutert
- *Referenzen*: weiterführende Informationen, die im Zusammenhang mit dem betreffenden Grundsatz von Bedeutung sein können (z.B. ISO-Normen)

Die Grundsätze beziehen sich überwiegend auf solche Systeme im Fahrzeug, die der fahrzeugführenden Person während der Fahrt als Schnittstelle zur Verfügung stehen und adressieren auch primär deren Nutzung während der Fahrt. Es werden im Cluster 6 jedoch auch Fahrzeughandbücher als Informationsgrundlage für die nutzende Person thematisiert. Das ESoP enthält auch Grundsätze zu solchen Systemen, deren Nutzung während der Fahrt nicht erfolgen sollte. Die Richtlinien sind sowohl für tragbare als auch fest installierte Systeme in Kraftfahrzeugen der Klassen M und N ausgelegt, wobei durch Beispiele insbesondere auf die sichere Interaktion mit Navigationssystemen, Telefonen und Verkehrsinformationssystemen eingegangen wird (Europäische Kommission, 2008).

Im Allgemeinen wird für während der Fahrt ausgeführte Tätigkeiten zwischen primären, sekundären und tertiären Aufgaben unterschieden, wie z.B. in Bubb, et al. (2015) ausgeführt. Primäre Aufgaben stehen direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung, wie die Stabilisierung des Fahrzeugs. Sekundäre Aufgaben unterstützen die primäre Aufgabe und betreffen sicherheitsrelevante Aspekte wie das Betätigen der Hupe oder das Setzen des Blinkers, aber auch die Nutzung von Assistenzsystemen. Tertiäre Aufgaben beziehen sich auf alle Tätigkeiten, die mit der Fahraufgabe nicht direkt in Zusammenhang stehen. Dies umfasst anderweitige Eingaben wie das Einstellen der Klimaanlage oder die Nutzung des Radios. Da die fahrzeugführende Person in erster Linie für die sichere Steuerung seines Fahrzeugs in einer komplexen und dynamischen Verkehrssituation verantwortlich ist, liegt das Hauptziel der ESoP-Grundsätze darin, diese Anforderung an die primäre Fahraufgabe zu gewährleisten (Europäische Kommission, 2008). Dabei sind die Grundsätze als Mindestanforderungen für den Konzeptions- und Entwicklungsprozess von IVIS zu verstehen. Obwohl die Grundsätze sich auf Sicherheit und die Vermeidung von Fahrerablenkung fokussieren, nennen sie selten konkrete Kriterien und Grenzwerte und nutzen stattdessen Formulierungen wie „hinreichend“ oder „ausreichend“. Es werden zudem keine expliziten Pass-/Fail-Kriterien verwendet, sondern Ziele formuliert, um eine gute HMI-Gestaltung der IVIS in Kraftfahrzeugen zu unterstützen (Europäische Kommission, 2008; Gelau, et al., 2010).

Das ESoP schließt sprachgesteuerte Systeme, Systeme zur Bremsunterstützung sowie Warn- oder Unterstützungsfunktionen (z.B. Nachsichtsysteme, Kollisionswarner), die eine sofortige Reaktion der fahrzeugführenden Person erfordern, explizit von seinem Geltungsbereich aus. Während Sprachinteraktionen in der letzten Überarbeitung insbesondere auf Grund eines Mangels an wissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich Schlussfolgerungen für die Gestaltungsziele nicht berücksichtigt werden konnten, wird hinsichtlich FAS auch darauf verwiesen, dass für diese fundamentale Unterschiede in den Interaktionszielen im Vergleich zu IVIS bestehen (z.B. die Lenkung von Aufmerksamkeit oder zeitkritische Eingriffe in die Fahrzeugführung). Auch FAS werden daher im ESoP nicht berücksichtigt, eine grundsätzliche Orientierung an den ESoP wird jedoch auch für ihre Entwicklung nicht per se ablehnend beurteilt. Zudem werden auf Augenhöhe projizierte Anzeigen (HUD, vom englischen *Head-Up Display*) und nicht-HMI-bezogene Aspekte wie Materialeigenschaften ausgeschlossen. Die Grundsätze stellen zudem keinen Ersatz für Rechtsvorschriften oder

auch Normen dar, welche jeweils in ihrer aktuellen Ausgabe durch die Hersteller zusätzlich zu berücksichtigen sind (Europäische Kommission, 2008; Gelau, et al., 2010).

2.2 Weitere Richtlinien für die HMI-Gestaltung im Fahrzeug

Die Gestaltung von Interaktionen zwischen Menschen und Fahrzeugen wird über das ESoP hinaus durch verschiedene weitere, teils neuere Richtlinien und Empfehlungen adressiert, die als wichtige Orientierungshilfen, auch im Hinblick auf eine mögliche Erweiterung des ESoP, dienen können. Obwohl einige Richtlinien inhaltliche Überschneidungen aufweisen, werden jeweils individuelle Schwerpunkte gesetzt oder bestimmte Themenbereiche ausgeschlossen (siehe Überblick in Bavendiek, 2024). Im Fokus der folgenden Übersicht stehen, gemäß dem aktuellen Ausschluss von FAS durch das ESoP, nur Richtlinien und Gestaltungsmaßnahmen für das manuelle Fahren, aus denen für die Bewertung der Projekterkenntnisse relevante Gestaltungskriterien entlehnt werden sollen.

Die Richtlinienammlung der AAM aus dem Jahr 2006 umfasst 24 Gestaltungsrichtlinien, welche in fünf Hauptkategorien unterteilt sind:

- *Installation*, enthält 5 Richtlinien
- *Darstellung von Information*, enthält 4 Richtlinien
- *Interaktion mit Anzeige/Bedienteilen*, enthält 6 Richtlinien
- *Systemverhalten*, enthält 3 Richtlinien
- *Information zum System*, enthält 6 Richtlinien

Diese Prinzipien gelten speziell für Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Geräte mit visuellen Ausgaben und Schnittstellen zur visuell-manuellen Interaktion. Sie beziehen sich auf Systeme, die vom Fahrenden während der Fahrt unter alltäglichen oder routinemäßigen Bedingungen verwendet werden (AAM, 2006).

Wie für das ESoP ist es auch das Hauptziel der AAM-Richtlinien, die Gestaltung und Entwicklung von IVIS so zu unterstützen, dass potenzielle Fahrerablenkungen minimiert werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Reduzierung visueller Ablenkung gelegt, während die Sprachsteuerung hier, wie im ESoP, explizit ausgeschlossen bleibt (AAM, 2006). In einem Begleitartikel zur neuesten Version des Leitfadens erörtert Bischoff (2007), dass empirische Studien aus Europa und Japan maßgeblich die Entwicklungsrichtlinien geprägt haben. Die AAM-Richtlinie weist inhaltlich eine große Nähe zum ESoP auf, da sie weitgehend auf dem europäischen Grundsatzkatalog basiert (AAM, 2006). Allerdings erweitern und konkretisieren die AAM-Richtlinien die Grundsätze des ESoP um Leistungskriterien sowie Verifikationsmethoden. So wird beispielsweise in einer AAM-Richtlinie festgelegt, dass Blickabwendungszeiten innerhalb definierter Grenzwerte bleiben sollten: Ein System soll so konzipiert sein, dass es mit Hilfe mehrerer aufeinanderfolgender Blicke bedient werden kann, wobei jeder einzelne Blick eine Dauer von maximal zwei Sekunden nicht überschreiten sollte. Zudem wird eine maximal zulässige kumulierte Abwendungszeit definiert.

Für den asiatischen Markt hat die JAMA Richtlinien entwickelt, die in Form von vier Grundsätzen und 25 spezifischen Anforderungen strukturiert sind, welche in sieben Kategorien unterteilt sind:

- *Positionierung/Installation von Anzeigesystemen*, enthält 4 Anforderungen
- *Positionierung/Installation von Bildschirmen*, enthält 2 Anforderungen
- *Allgemeine Anzeigefunktion*, enthält 3 Anforderungen

- *Anzeige und Inhalt der visuellen Informationen*, enthält 2 Anforderungen
- *Darstellung der akustischen Informationen*, enthält 2 Anforderungen
- *Bedienung des Anzeigesystems bei fahrendem Fahrzeug*, enthält 9 Anforderungen
- *Darstellung der Informationen für den Nutzer*, enthält 3 Anforderungen

Die JAMA-Richtlinien befassen sich hauptsächlich mit Aspekten hinsichtlich Anzeigesystemen im Fahrzeug. Ausgenommen sind Systeme, die ohne direkte Anweisung des Fahrzeugherstellers von Händlern als Nachrüstlösungen implementiert werden oder darauf abzielen, die Sichtfähigkeit von fahrzeugführenden Personen zu verbessern (JAMA, 2004). Dazu gehören beispielsweise Rückfahrkameras und Nachtsichtsysteme (Horn, et al., 2023).

Ziel auch dieser Grundsätze und Anforderungen ist es, Anzeigesysteme so zu gestalten, zu positionieren und hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit und Informationsdarstellung auszuliegen, dass negative Auswirkungen auf die Fahrsicherheit, Sichtverhältnisse und Aufmerksamkeit der fahrzeugführenden Personen möglichst minimiert und diese in der Fahrzeugführung nicht beeinträchtigt werden.

Die JAMA-Richtlinien wurden erstmals im Jahr 1990 veröffentlicht und in den Jahren 2000 sowie 2004 überarbeitet. In den JAMA-Richtlinien enthaltene Aspekte haben Einfluss auf die überarbeitete Version des ESoP im Jahr 2006 genommen. Ein Beispiel hierfür ist der von der JAMA empfohlene maximale Blickwinkel von 30° nach unten zwischen der normalen Sicht der fahrzeugführenden Person auf die Straße und dem Mittelpunkt vom Display, welcher darüber hinaus auch in den Veröffentlichungen der NHTSA Berücksichtigung findet (JAMA, 2004; AAM, 2006; Horn, et al., 2023). Der Blickwinkel ist somit ein Beispiel für einen international synchronisierten Anforderungswert an eine sichere Gestaltung.

Die Richtlinien der JAMA enthalten jedoch, ähnlich wie die AAM-Richtlinien und im Gegensatz zum ESoP, häufiger konkrete Grenzwerte für Gestaltungskriterien. So ist auch hier ein Akzeptanzkriterium für Blickabwendungszeiten spezifiziert. Eine Bedienung wird nur dann als während der Fahrt zulässig angesehen, wenn Kriterien hinsichtlich der visuellen Interaktionsdauer eingehalten werden: Zunächst soll die Gesamtdauer des Blicks auf den Bildschirm vom Start bis zur Fertigstellung einer Betätigungsaufgabe acht Sekunden nicht überschreiten. Wird diese Gesamtzeit mittels eines Prüfstands unter Verwendung der Okklusionsmethode gemessen, darf die Summe der Zeiträume, in denen der Verschluss geöffnet ist (also das Sehen des Bildschirms ermöglicht wird), sieben Sekunden und fünf Zehntelsekunden nicht überschreiten (JAMA, 2004).

Die NHTSA hat als Teil des sogenannten „Driver Distraction Programs“ Richtlinien herausgegeben, die darauf abzielen, die Entwicklung von bordeigenen und tragbaren Geräten so zu unterstützen, dass deren Ablenkungspotential minimiert wird (NHTSA, 2013). Das Programm gliederte sich in drei Phasen: Die erste Phase konzentrierte sich auf die Erstellung von Richtlinien zur Reduzierung visuell-manueller Ablenkung, verursacht durch fest verbaute, bordeigene Systeme. In der zweiten Phase lag der Fokus auf der Minimierung von Ablenkungen durch tragbare Geräte und nachgerüstete Systeme. Die dritte und letzte Phase widmete sich speziell den sprachgesteuerten Interaktionslösungen, um deren Einfluss auf die Fahreraufmerksamkeit zu untersuchen (NHTSA, 2010). Im Jahr 2012 erschien der Entwurf des Kriterienkatalogs „Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices“, welcher zur ersten Phase gehört (NHTSA, 2012).

Obwohl die NHTSA befugt ist, zur Umsetzung von Gesetzen des US-Kongresses Vorschriften zu erlassen, hat sich die NHTSA dafür entschieden, wie die Europäischen Kommission im Fall des ESoP, freiwillige Richtlinien anstelle verbindlicher Vorschriften festzulegen, begründet in der Notwendigkeit weiterer Forschungsarbeiten zur Thematik der

Fahrerablenkung und deren Bedeutung für Unfälle, sowie der rasanten Entwicklung technischer Geräte im Fahrzeugbereich (NHTSA, 2013). Im Jahr 2013 wurde die endgültige Version veröffentlicht, deren Geltungsbereich sich auf im Fahrzeug integrierte elektronische Geräte von Fahrzeugherstellern erstreckt, die vom Fahrenden durch visuell-manuelle Methoden bedient werden können und für die fahrzeugführende Person ohne große Mühe einsehbar bzw. erreichbar sind (NHTSA, 2013; Horn, et al., 2023).

Die Richtlinien der NHTSA basieren auf den Richtlinien der AAM, erweitert diese jedoch um zwei spezifische Methoden zur Bewertung des Arbeitsaufwands für Fahrende (NHTSA, 2013; Heinrich, 2013). Die NHTSA-Richtlinien benennen zudem systeminduzierte Nebentätigkeiten, die als störend für das sichere Fahren angesehen werden. Sie empfehlen, dass bordeigene Geräte so gestaltet werden, dass sie diese ablenkenden Tätigkeiten während der Fahrt nicht ermöglichen (sogenannte „*per se lock-outs*“, wie z.B. Inhalte sozialer Medien oder Videos). Für alle *per se* zulässigen visuell-manuellen Tätigkeiten legen die NHTSA-Richtlinien eine Testmethode zur Messung des Blickverhaltens während dieser Aufgaben fest und formulieren Empfehlungen zur Reduzierung von Ablenkungen durch die Interaktion mit elektronischen Geräten in Fahrzeugen (NHTSA, 2013).

Im Jahre 2016 präsentierte die NHTSA ihren Entwurf für die zweite Phase ihrer Richtlinienentwicklung (NHTSA, 2013; Horn, et al., 2023). Diese neuen Vorgaben fokussieren auf tragbare und nachrüstbare Geräte und bauen auf den Grundlagen der Phase 1-Richtlinien von 2013 auf, erweitern diese jedoch um spezifische Überlegungen zu Unterschieden zwischen fest integrierten Systemen und tragbaren bzw. nachrüstbaren Geräten – ein Bereich, der in den ursprünglichen Richtlinien noch nicht im Detail adressiert wurde. Aktuell sind den Autoren jedoch keine abschließende Fassung der zweiten Phase oder Details zur in Aussicht gestellten dritten Phase, die sich auf sprachbasierte Systeme konzentrieren sollte, bekannt.

2.2.1 Gestaltungshinweise für Sprachinteraktion

Um die bereits aufgezeigte Lücke zwischen den durch das ESoP ausgeschlossenen Anwendungsbereichen und aktuellen Fahrzeugtechnologien (siehe hierzu auch Kapitel 2.4) auch neben bereits vorgestellten Richtlinien zu überbrücken, wurde im Rahmen dieses Projekts nach weiteren spezifischen Gestaltungsrichtlinien für sprach- und gestengesteuerte Systeme recherchiert.

Obwohl es Standards zu sprachbasierten Technologien gibt, wie z.B. die SAE J 2988 (SAE, 2019), oder generell zu sogenannten „Natural User Interfaces“ (NUI) wie die ISO/IEC 4944 (ISO, 2024), konnte nur eine wissenschaftliche Quelle identifiziert werden, die Gestaltungsrichtlinien zu bordeigenen Sprachassistenten anbieten (Nguyen & Falkengren, 2019). Ziel der Autoren war es, Gestaltungsrichtlinien für sprachgesteuerte Interaktionen zur Durchführung sekundärer Aufgaben zu identifizieren. Dabei prüften Nguyen und Falkengren (2019) bestehende Richtlinien und stellten fest, dass aktuell übliche Richtlinien (z.B. Android Auto Design Guidelines (Google, 2024; Google, 2025), Apple CarPlay Human Interface Guidelines (Apple, 2023) keine expliziten Anleitungen für das Design von Sprachinteraktionen in Fahrzeugen bieten, sodass die Autoren eigene Richtlinien erarbeiteten. Die Richtlinien zielen darauf ab, sowohl visuelle Ablenkung als auch kognitive Belastung zu verringern.

Im Jahr 2016 stellte die NHTSA das Dokument „Human Factors Design Guidance for Driver-Vehicle Interfaces“ als ergänzende Ressource zu den Richtlinien von 2013 vor. Ziel war es, Fahrzeughersteller und Zulieferer sowie die Forschungsgemeinde der Automobilindustrie

bei der HMI-Entwicklung zu unterstützen, basierend auf aktuelleren Erkenntnissen zu den Fähigkeiten und Grenzen von fahrzeugführenden Personen, um eine schnelle, konsistente und zuverlässige Fahrer-Fahrzeug-Interaktion zu ermöglichen. Diese Richtlinie beinhaltet außerdem Gestaltungsrichtlinien für sprachgesteuerte bordeigene Systeme (Campbell, et al., 2016). Die Autoren formulieren für die Sprachinteraktion die Anforderungen, Systeme so zu implementieren, dass sie minimalen Eingabebeschränkungen unterliegen, dem Nutzenden Rückmeldungen geben und über eine Strategie zur Fehlerbehandlung verfügen. Die von Campbell, et al. (2016) herangezogene Forschung legt nahe, dass diese Ziele erreicht werden können, indem Eingabemöglichkeiten bestimmte Anforderungen erfüllen: Der Konversationsstil sollte beispielsweise einen natürlichen Dialogfluss und Rhythmus zwischen der nutzenden Person und dem System ermöglichen sowie ein reduziertes und konsistentes Eingabevokabular aufweisen. Bezüglich des Systemfeedbacks sollte gewährleistet sein, dass bei Beginn einer Interaktion eine Benachrichtigung erfolgt, die das System als einsatzbereit kennzeichnet, und nach erfolgter Nutzereingabe eine Rückmeldung gegeben wird, um zu bestätigen, dass die Eingabe registriert wurde. Die Fehlerbehandlung beschränkt sich auf den Einsatz der Spracheingabe bei geringen Auswirkungen von Erkennungsfehlern.

2.2.2 Gestaltungshinweise für Gesteninteraktion

Trotz des Einsatzes von Gesteninteraktion für Mensch-Maschine-Schnittstellen in aktuellen Fahrzeugen konnte keine spezifische Richtlinie oder Normen für diese Art der Interaktion identifiziert werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass Gestensteuerung, neben der Sprachinteraktion, erst seit einiger Zeit vermehrt eingesetzt wird. Ein weiterer Faktor für das Fehlen von Richtlinien- bzw. Kriterienkatalogen ist möglicherweise die Schwierigkeit, spezifische Grenzwerte für Sprach- und Gesteninteraktion festzulegen (Horn, et al., 2023)

Ge, et al. (2025) setzten sich mit dieser Lücke auseinander und definierten, basierend auf allgemeinen Usability-Prinzipien aus der Literatur, sogenannte (Usability)-Evaluationsheuristiken für die Bewertung von Gesten (im Original: „usability evaluation indexes“). Ihre Heuristiken umfassen die folgenden generellen Merkmale einer guten Gestensteuerung im Fahrzeug:

- *Affinität*: Das Design der Gesten sollte den Gewohnheiten und mentalen Prozessen der Nutzenden entsprechen.
- *Einfachheit*: Gesten sollten einfach zu verwenden sein, ohne dass hohe Lernkosten entstehen.
- *Einprägsamkeit*: Die Aktionen und Prozesse sollten einfach sein, sodass die Gedächtnisbelastung der nutzenden Person verringert wird.
- *Komfort*: Die Nutzung des Systems sollte eine angenehme Benutzererfahrung bieten und keine Ermüdung verursachen.
- *Zufriedenheit*: Die Nutzenden sollten subjektiv mit dem Gesten-Design und dem gesamten Interaktionssystem zufrieden sein.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Quellen legt die oben bereits erwähnte ISO/IEC 4944 (ISO, 2024) ihren Fokus nicht explizit auf die Gestaltung von Sprach- oder Gesteninteraktion, sondern auf NUI, mit dem Ziel, die Natürlichkeit der Interaktion zwischen Nutzenden und Systemen zu maximieren. Diese Norm hebt mehrere zentrale Aspekte hervor, um eine intuitive Benutzererfahrung zu gewährleisten. Die genannten Aspekte der ISO/IEC 4944 finden Parallelen zu den Usability-Evaluationsheuristiken für die Gestaltung der Gestensteuerung im Fahrzeug von (Ge, et al., 2025). Insgesamt streben beide danach, eine intuitive und benutzerzentrierte Erfahrung zu schaffen, wobei die ISO/IEC 4944 (ISO, 2024)

besonders darauf abzielt, dass die Interaktionen so natürlich wie möglich erfolgen. Zudem bietet sie konkrete Maße zur Bewertung der Usability von NUI, z.B. den Prozentsatz der Aufgaben, der von den Nutzenden beim ersten Versuch erfolgreich abgeschlossen wurde.

2.3 Ablenkungsreduzierung als Hauptziel von Gestaltungsrichtlinien

Die vorangegangene Überblicksdarstellung verdeutlicht, wie unterschiedliche internationale Organisationen trotz verschiedener Schwerpunktlegung das Ziel verfolgen, systeminduzierte Ablenkungen zu minimieren und dadurch sichere Voraussetzungen für die Fahrzeugführung zu schaffen. Dabei wird übergreifend ein Fokus auf visuell-manuelle Interaktionen mit bordeigenen Systemen gelegt.

Untersuchungen zu den Auswirkungen von Ablenkung im Straßenverkehr anhand naturalistischer Daten im Rahmen der 100-Car Study ergaben, dass fahrzeugführende Personen sich etwa 23 % ihrer Fahrzeit mit sekundären Aufgaben beschäftigen, was ihr Kollisionsrisiko erheblich erhöhen kann (Klauer, et al., 2010). Neben selbstinitiierten Abwendungen von der Fahraufgabe weisen Studien auf die Bedeutung systeminduzierter Ablenkung hin, insbesondere auch im Zusammenhang mit der Gestaltung von IVIS (Vollrath, et al., 2014; Cunningham, et al., 2017; Strayer, et al., 2017; Strayer, et al., 2019; Ramnath, et al., 2020). Darüber hinaus argumentieren Strayer, et al. (2017), dass Fahrende davon ausgehen können sollten, dass bordeigene Systeme, die während der Fahrt verfügbar sind, sicher mit der Fahraufgabe zu vereinbaren seien.

Zur Analyse des Sicherheitsrisikos einer Beschäftigung mit weiteren Aufgaben beim Fahren (Multitasking) wurde auf Basis naturalistischer Daten der Schluss gezogen, dass Multitasking bei 22 % der Unfälle und Beinahe-Unfälle sowie bei 39 % der Auffahrunfälle auftritt (Bálint, et al., 2020). Auch eine systematische Literaturrecherche von (Lansdown, et al., 2015) ergab, dass sich Multitasking während des Fahrens fast immer nachteilig auf die Fahrleistung auswirkt. Daraus lässt sich ableiten, dass durch eine Verringerung von Ablenkung sowie durch eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die für eine sichere Fahrzeugführung erforderlichen Tätigkeiten eine Verringerung des Kollisionsrisikos und somit eine Erhöhung der Verkehrssicherheit zu erwarten wäre (Seidl, et al., 2021). Ablenkung steht somit einer sicheren Ausführung der Fahraufgabe entgegen (Angelini, et al., 2016; Wang, et al., 2024).

Im ESOP ist Ablenkung definiert als „die Beanspruchung eines erheblichen Anteils der Aufmerksamkeit des Fahrers durch Reize [...], die sich aus für das Führen des Fahrzeugs nicht erheblichen Informationen oder aus für das Führen des Fahrzeugs erheblichen Informationen ergeben können, die so dargestellt werden, dass sie die Aufmerksamkeit des Fahrers in größerem Umfang binden als erforderlich“ (Europäische Kommission, 2008, S. 21). Ablenkung kann dabei Eigenschaften von Reizen wie deren Häufigkeit, Dauer oder Intensität sowie auf deren Unerheblichkeit für die Fahraufgabe zurückzuführen sein (Europäische Kommission, 2008). Hervorzuheben sind in diesem Kontext somit bestimmte kritische Reizeigenschaften, die Unterscheidung zwischen fahrtrelevanten und -irrelevanten Informationen sowie das Ausmaß, in dem dadurch Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abgezogen wird, hier über den Begriff der „Erheblichkeit“ adressiert.

Laut der NHTSA (2013) ist Fahrerablenkung definiert als eine spezifische Form von Unaufmerksamkeit, die auftritt, wenn fahrzeugführende Personen ihre Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abwenden und sich auf andere Aktivitäten konzentrieren. Gründe für

Ablenkungen können dabei in verschiedenen Quellen liegen: elektronische Geräte wie Navigationssysteme und Mobiltelefone sowie traditionelle Ablenkungen wie Ereignisse außerhalb des Fahrzeugs, Interaktionen mit Mitfahrenden oder Essen.

Die von der NHTSA genannten Quellen für Fahrerablenkung verweisen auf ein grundlegendes Problem bezüglich Aufmerksamkeit im Fahrzeug, das über den Geltungsbereich des ESOP hinausgeht: Viele der Tätigkeiten, die Fahrende zusätzlich zur Fahraufgabe ausführen, sind zum einen freiwillig gewählt und zum anderen vom bordeigenen Systemdesign unabhängig. Die NHTSA nennt für das Jahr 2010 beispielsweise einen Prozentsatz von nur 3 % der ablenkungsbezogenen Unfälle, in denen die Ablenkung von bordeigenen Geräten oder Bedienteilen ausging (NHTSA, 2013). Richtlinien für die Gestaltung von IVIS können daher lediglich beeinflussen, wie viel Aufmerksamkeit unwillkürlich durch Systemausgaben vom Verkehrsgeschehen abgezogen wird (z.B. durch die Lautstärke auditiver Informationen) oder wie ablenkend vom Fahrenden selbst aufgenommene, jedoch nicht-fahrtrelevante Interaktionen mit bordeigenen Systemen sind. Hingegen besteht nur ein geringer Einfluss auf solche zusätzlichen Tätigkeiten, die Fahrende trotz gegenteiliger Empfehlungen des Systems oder Handbuchs während der Fahrt aufnehmen oder für die, mangels expliziten Ausschlusses über bordeigene Systeme während der Fahrt, auf externe Geräte wie das eigene Mobiltelefon zurückgegriffen wird. Positive Auswirkungen auf selbstgewählte Abwendungen hin zu system-unabhängigen Tätigkeiten wie Essen sind hingegen durch richtlinienkonforme IVIS-Designs nicht zu erzielen.

Ablenkungen können visueller, manueller oder kognitiver Art sein (NHTSA, 2013). Während visuelle Ablenkung das Abwenden der Augen von für die Fahrzeugführung relevanten Bereichen wie der Straße erfordert, um andere Informationen aufzunehmen, beinhaltet manuelle Ablenkung das Wegnehmen mindestens einer Hand vom Lenkrad, z.B. zur Bedienung eines Geräts. Kognitive Ablenkung meint eine reduzierte mentale Aufmerksamkeit der fahrzeugführenden Person auf die Fahraufgabe, wovon die Blickausrichtung jedoch nicht zwangsläufig negativ beeinflusst wird (siehe Ergebnisse zu Blickstrategie von kognitiver Ablenkung bei z.B. (Engström, et al., 2017; Wang, et al., 2013). Laut NHTSA (2013) hängt der Einfluss von Ablenkungen auf die Fahraufgabe von mehreren Faktoren ab: dem Typ und Grad der Ablenkung, der Häufigkeit und Dauer der durchgeführten ablenkenden Tätigkeiten sowie der damit verbundenen Belastung. Selbst wenn eine ablenkende Tätigkeit nur geringe Ablenkung verursacht, kann ihre häufige oder langandauernde Ausführung das Unfallrisiko erhöhen. Studien zeigen, dass der Blick auf die Straße und die Hände am Lenkrad am meisten zu einem sicheren Fahren beitragen (z.B. Stutts, et al., 2005; Angelini, et al., 2016; Braun, et al., 2019; Buchhop, et al., 2017).

Wie auch durch die meisten der bisher aufgegriffenen Richtlinien adressiert, begründet sich Ablenkung durch bordeigene Systeme insbesondere in schlecht gestalteten visuell-manuellen Interaktionen. Im Sinne ungünstiger Blickabwendungen besonders kritisch zur erwähnen ist hier die Interaktion über Touchscreens ohne taktile Differenzierungsmerkmale (siehe z.B. Anforderungen der Euro NCAP (European New Car Assessment Programme, 2025 für eine direkte Eingabe über Touch; Bubb, et al., 2015). Ahmad, et al. (2015) betonen, dass Touchscreens ein erhebliches visuelles und manuelles Engagement verlangen, welches zudem die kognitive Belastung steigert und die Sicherheit potenziell gefährden kann. Häufig erforderliche Interaktionen mit Touch-Oberflächen können zu längeren Reaktionszeiten führen und die Fähigkeit der fahrzeugführenden Person beeinträchtigen, schnell auf Veränderungen oder auf Gefahren zu reagieren (siehe z.B. Do Duc Khanh, 2022; Krstacic, et al., 2024). Generell erfordert die Verwendung von virtuellen, nur visuell voneinander abgegrenzten Tasten auf Touchscreens eine deutlich höhere visuelle

Aufmerksamkeit im Vergleich zu physischen, haptischen Eingabegeräten, da die Orientierung und das taktile Feedback zur Blindbedienbarkeit der Taste fehlen. Die Aufmerksamkeit der Nutzenden muss damit sowohl für die Eingabe als auch zur Überprüfung des Ergebnisses von der Straße abgewendet werden (Horn, et al., 2023; Bubb, et al., 2015).

Wie auch durch die meisten der bisher aufgegriffenen Richtlinien adressiert, begründet sich Ablenkung durch bordeigene Systeme insbesondere in schlecht gestalteten visuell-manuellen Interaktionen. Im Sinne ungünstiger Blickabwendungen besonders kritisch zur erwähnen ist hier die Interaktion über Touchscreens ohne taktile Differenzierungsmerkmale (siehe z.B. Anforderungen der Euro NCAP (European New Car Assessment Programme, 2025 für eine direkte Eingabe über Touch; Bubb, et al., 2015). Ahmad, et al. (2015) betonen, dass Touchscreens ein erhebliches visuelles und manuelles Engagement verlangen, welches zudem die kognitive Belastung steigert und die Sicherheit potenziell gefährden kann. Häufig erforderliche Interaktionen mit Touch-Oberflächen können zu längeren Reaktionszeiten führen und die Fähigkeit des Fahrenden beeinträchtigen, schnell auf Veränderungen oder auf Gefahren zu reagieren (siehe z.B. Do Duc Khanh, 2022 und in der Literaturübersicht von Krstacic, et al., 2024). Generell erfordert die Verwendung von virtuellen, nur visuell voneinander abgegrenzten Tasten auf Touchscreens eine deutlich höhere visuelle Aufmerksamkeit im Vergleich zu physischen, haptischen Eingabegeräten, da die Orientierung und das taktile Feedback zur Blindbedienbarkeit der Taste fehlen. Die Aufmerksamkeit der nutzenden Personen muss damit sowohl für die Eingabe als auch zur Überprüfung des Ergebnisses von der Straße abgewendet werden (Horn, et al., 2023; Bubb, et al., 2015). Neben konkreten technischen Lösungen und der Vielzahl an Richtlinien bietet die allgemeine Berücksichtigung der Usability, definiert durch die ISO 9241-11 als das Ausmaß, in dem ein System seine Nutzende durch Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung unterstützt (ISO, 2018), einen vielversprechenden Ansatz zur ablenkungsarmen Gestaltung von Systemen. Im Jahr 1990 stellten Nielsen und Molich (1990) eine Sammlung von Heuristiken zur Gebrauchstauglichkeit vor, um Aspekte der Gestaltung von Nutzeroberflächen zu beschreiben, die Nutzende häufig zu Fehlern verleiten und auf welche Entwickler daher achten sollten. Die Berücksichtigung von Prinzipien der Gebrauchstauglichkeit bei der Gestaltung von IVIS trägt dabei, neben weniger nachteiligen Blickstrategien, auch entscheidend zur Reduktion der mentalen Belastung von fahrführenden Personen bei: Bedienabläufe, die den Erwartungen der Nutzenden entsprechen, führen zu einer verbesserten Bedienleistung und einer minimierten kognitiven Beanspruchung, wodurch mehr mentale Ressourcen für die eigentliche Fahraufgabe verfügbar bleiben (Schilling, 2008).

2.4 Technologische Ansätze zur Adressierung von Ablenkung im Fahrzeug

Im Zuge der bereits erwähnten technologischen Fortschritte in den Bereichen Automobil und Unterhaltungselektronik (englisch: *Consumer Electronics*), hat sich die Anzahl an Funktionen von IVIS wesentlich verbreitert. Dieser Wandel umfasst auch den Übergang von physischen Bedienteilen zu hochauflösenden Touchscreens mit anpassbaren Oberflächen, die einen einfachen Zugriff auf eine Vielzahl von Informations- und Unterhaltungsdiensten ermöglichen, darunter Fahrzeugaudiosysteme, Multimediageräte und Navigationssysteme (Krstacic, et al., 2024; Wang, et al., 2024). Allerdings kann die Integration vieler verschiedener Funktionen über einen Touchscreen auch nachteilige Effekte haben, da ein stärker

unterteiltes Oberflächenlayout die Blickfrequenz und die mentale Belastung erhöhen kann (Wang, et al., 2024; Wu, et al., 2024; Vlaskamp & Hooge, 2006).

Systemumgebungen wie Apple CarPlay und Android Auto gewährleisten eine nahtlose Integration von persönlichen Geräten mit gewohnter Personalisierung ins Fahrzeug. Fahrer*innen können über die Systemumgebung mobile Applikationen statt auf dem Handy auf dem bordeigenen Touchscreen nutzen. Zudem adressieren die Anbieter mit eigenen Richtlinien eine Reduzierung von Ablenkung, auch durch die Bewertung einer Eignung von Applikationen zur Interaktion während der Fahrt (Apple, 2024; Google, 2024). Die multifunktionale Integration von weiteren Systemumgebungen ist zum neuen Standard bei der Nutzung von Touchscreen-basierten IVIS geworden: Laut einer Umfrage von McKinsey und Company würde fast die Hälfte der befragten Autokäufer kein Fahrzeug ohne Apple CarPlay oder Android Auto Anbindung kaufen (Matthey, et al., 2023).

Ein Ansatz, um Fahrer*innen Ablenkung zu adressieren und die Sicherheit zu erhöhen, ist die Verfolgung des Prinzips "Augen auf der Straße, Hände am Lenkrad" (siehe beispielsweise die Literaturübersicht von Krstacic, et al., 2024) bei der Gestaltung von Interaktionen. Alternative Interaktionsmöglichkeiten wie die Sprach- und Gestensteuerung werden dabei häufig eingesetzt, weil sie diesen Ansatz grundsätzlich unterstützen, insbesondere wenn sie mit einem HUD kombiniert werden (Angelini, et al., 2016). Das Angebot einer Sprach- oder Gesteninteraktion sind eine Möglichkeit, um die Aufteilung der Aufmerksamkeit der fahrenden Person mit der jeweiligen Verkehrssituation besser zu vereinbaren. Dies gilt insbesondere, da beide Interaktionsmodalitäten die visuelle Ressource entlasten, welche durch die Fahraufgabe besonders beansprucht wird (z.B. Tsimhoni, et al., 2004; Graichen, et al., 2020). Als eine angeborene Interaktionsmethode kann die Gestensteueraktivität die kognitive Belastung erheblich verringern und die Ablenkung des Fahrer*innen reduzieren (Graichen, et al., 2020; Zöller, et al., 2018). Lo und Green (2013) betrachten in ihrem Review neun Studien und kommen zu dem Schluss, dass durch Sprachsteuerung, wenn diese anstelle von visuell-manuellen Schnittstellen verwendet wird, die Fahrleistung in der Regel verbessert wird bzw. die Ablenkung geringer ist. In einer Studie von Tsimhoni, et al. (2004) wurde eine Sprachsteuerung mit Touchscreen-Eingaben bei Texterfassungsaufgaben verglichen. Die Autoren stellten fest, dass Aufgaben schneller abgeschlossen wurden und die Fahrzeugkontrolle weniger beeinträchtigt war, wenn Sprachsteuerung verwendet wurde. Durch die Nutzung von Sprachinteraktion können fahrenden Personen insbesondere auch die Eingabe von Navigationszielen mit geringerem Ausmaß an Aufmerksamkeit oder Manipulation des Systems bewältigen (Liu, et al., 2023).

Auch Sprachsteuerung kann jedoch zu einer hohen visuellen Beanspruchung führen, wenn im Rahmen der Interaktion Text, z.B. als Echtzeittranskription der Antwort des Systems, angezeigt wird (Braun, et al., 2019). Werden ausschließlich akustische Ausgaben (ohne jegliche visuelle Rückmeldung) verwendet, kann sich die Effizienz der Aufgabenbearbeitung verringern (Weinberg, et al., 2011). Campbell, et al. (2016) weisen in ihren Gestaltungsrichtlinien darauf hin, dass auch die Durchführung sekundärer Aufgaben über Spracheingabe kognitive Ressourcen beansprucht und somit das Risiko negativer Auswirkungen auf die Fahraufgabe nicht vollständig reduziert. Die genauen Auswirkungen spezifischer Systemparameter und Implementierungen von Spracheingaben auf die visuell-kognitiven Ressourcen Fahrer*innen und ihrer Leistung sind jedoch weitgehend undefiniert. Eine Kombination verschiedener Modalitäten (z.B. Text und Audio) könnte zu einem Interaktionskonzept führen, das die Ablenkung von der Fahraufgabe im Gegensatz zu rein visuellen oder rein auditiven Interaktionen reduziert (Braun, et al., 2019). Die Autoren zeigen, dass eine textbasierte Zusammenfassung der Gesprächsvisualisierung in Form von

Schlüsselwörtern zu einer besseren Erkennung bei Nutzenden führt und den kognitiven Aufwand verringert, ohne die Fahrleistung negativ zu beeinflussen.

HUD stellen einen weiteren technischen Lösungsansatz dar, um Informationen im oberen Sichtfeld der fahrzeugführenden Person anzuzeigen. Dadurch können die Informationen wahrgenommen werden, ohne dass der Fahrende seinen Blick von der Straße abwenden muss. Im Vergleich zu Anzeigen, für die eine Blickabwendung nach unten erforderlich ist, sogenannten Head-Down Displays (HDD), verringern HUD die Häufigkeit und Dauer von Blicken auf das Display, indem sie Informationen direkt auf der Windschutzscheibe im Sichtfeld des Fahrenden anzeigen (Jakus, et al., 2015).

Ein weiterer Ansatz zur Adressierung von Ablenkung ist die Integration fortgeschrittener FAS, auch zur Minimierung der unmittelbaren Konsequenzen (insbesondere visueller) Ablenkung im Fahrzeug, einschließlich Spurwechselwarnungen und Kollisionsvermeidung, welche inzwischen in vielen Fahrzeugen Standard sind und zur Fahrsicherheit beitragen können (siehe z.B. Europäische Kommission, 2019; de Winkel & Christoph, 2025). Die Europäische Kommission hat in den letzten Jahren Verordnungen zur Risikoprävention durch Warnungen vor Müdigkeit und Ablenkung basierend auf Fahrerbeobachtungssystemen erlassen (Europäische Kommission, 2021; Europäische Kommission, 2023). Laxton, et al. (2022) weisen jedoch darauf hin, dass auch hier die konkrete Gestaltung von Warnungen und Hinweisen für eine effektive Kommunikation beachtet werden muss, um beispielsweise zu verhindern, dass fahrzeugführende Personen die Hinweise und Warnungen ignorieren oder sogar das System abschalten, um das verwarnte Verhalten ungestört fortführen zu können.

2.5 Herausforderungen hinsichtlich der Aktualität des ESoP

Die bisherigen Erörterungen zeigen, dass sich das ESoP primär auf herkömmliche visuell-manuelle Interaktionen bezieht. Technologische Entwicklungen der letzten Jahre, insbesondere der Weg hin zu multimodalen Interaktionskonzepten, könnten daher durch die Richtlinien aktuell unter Umständen nur unzureichend adressiert sein, da an andere Interaktionswege teilweise andere Anforderungen gestellt werden müssten. Gleichzeitig haben sich durch die zunehmende Integration von Unterhaltungselektronik und neuen FAS-Technologien sowohl die Anzahl an Funktionen als auch die Komplexität moderner IVIS erheblich erweitert. Es ist zu hinterfragen, inwiefern das ESoP als auf dem Stand der Technik von 2006 basierende Richtlinie diesen Entwicklungen Rechnung tragen kann. Vor diesem Hintergrund stellen sich daher zwei zentrale Fragen: Zum einen, inwieweit die bestehenden Grundsätze des ESoP in aktuellen Serienfahrzeugen eingehalten werden, auch vor dem Hintergrund einer Übertragbarkeit auf neue Interaktionswege, sowie zum anderen, ob weiterführende Grundsätze erforderlich wären, um eine sichere Nutzung von aktuellen IVIS zu gewährleisten.

Um diesen Fragen systematisch nachzugehen, soll eine exemplarische Untersuchung ausgewählter Serienfahrzeuge durchgeführt werden. Diese verfolgt das Ziel, klare Abweichungen von bestehenden Grundsätzen zu identifizieren und konkrete Beispiele für eine Diskussion der Aktualität des ESoP zu liefern. Die Bewertung der Erkenntnisse erfolgt in drei Stufen: (1) Einhaltung des ESoP durch herkömmliche Systeme, (2) Übertragbarkeit des ESoP auf neue Interaktionskonzepte sowie (3) Abgleich des Funktionsumfangs moderner Fahrzeuge mit den bestehenden Grundsätzen. Die folgende methodische Beschreibung erläutert den im Projekt verfolgten Bewertungsansatz, der eine strukturierte Analyse und eine fundierte Ableitung potenzieller Anpassungsbedarfe ermöglicht.

3 Methodisches Vorgehen

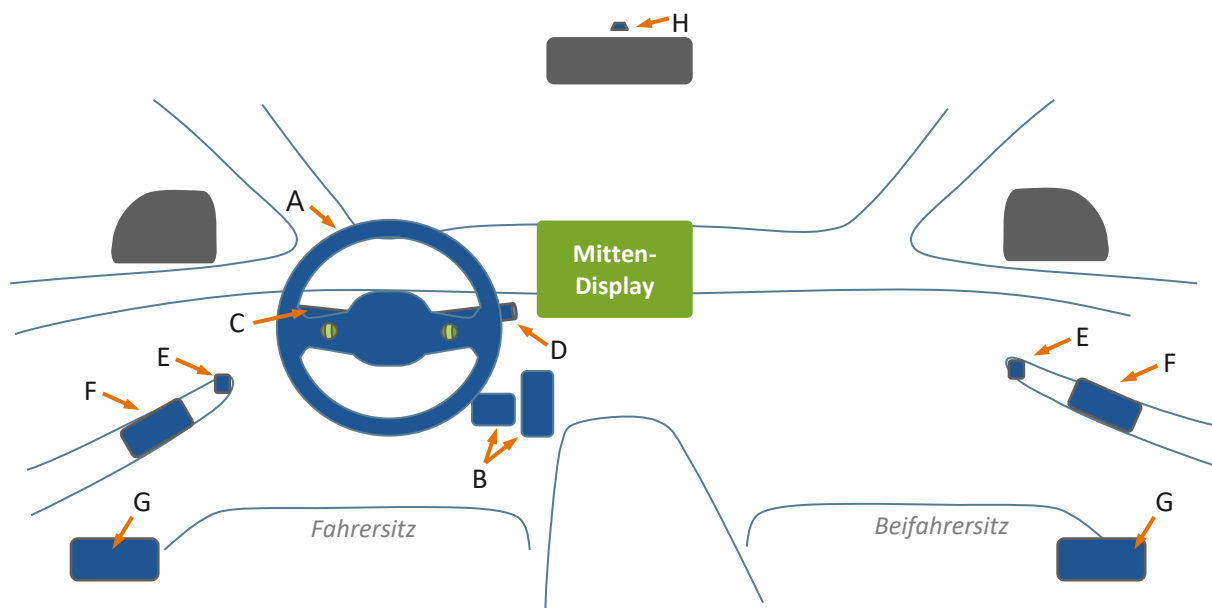
3.1 Auswahl von Fahrzeugen zum exemplarischen Abgleich

Innerhalb des Projektes wurden drei Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit dem ESoP und über diesen hinausgehenden Richtlinien analysiert. Die Auswahl für den exemplarischen Abgleich erfolgte unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, die darauf abzielten, sowohl technologische Fortschritte (z.B. Sprach- und Gestensteuerung) seit 2006 als auch durch die Auswahl möglichst unterschiedlicher Gesamtkonzepte mögliche Abweichungen von der aktuellen Fassung des ESoP evaluieren zu können.

Die Entscheidung für die Analyse elektrischer Fahrzeuge als erstes Kriterium wurde getroffen, um den Einfluss nach 2006 veränderter Bauräume auf HMI-Designs und -Funktionalitäten berücksichtigen zu können. Die Abwesenheit eines traditionellen Antriebsstrangs in Elektrofahrzeugen bietet Gelegenheit zur Neugestaltung des Innenraums. Die Auswahl beschränkte sich zudem auf Oberklassefahrzeuge, um Zugang zu möglichst aktuellen Technologien und Designkonzepten zu erhalten, deren Innovationen in absehbarer Zeit potenziell auch in Mittelklassemodelle eingesetzt werden könnten. Auf eine Vollausstattung hinsichtlich von den ESoP adressierten Systemen wurde geachtet.

Um eine Diversität verschiedener Entwicklungsstrategien und -schwerpunkte sicherzustellen, wurde zudem festgelegt, Fahrzeuge aus unterschiedlichen Entwicklungsregionen, wie den USA, Europa/Deutschland und Asien, von drei verschiedenen Herstellern auszuwählen. Eine diverse Auswahl erschien auch vor dem Hintergrund wertvoll, dass das ESoP selbst als Empfehlung für Automobilhersteller zum einen nicht bindend ist und zum anderen bewusst technologische Lösungsfreiheiten lässt. Ein besonderes Augenmerk lag zudem auf multimodalen Interaktionskonzepten in den Fahrzeugen. Die Fähigkeit, Sprach- und Gestensteuerungen zu unterstützen, wurde daher ebenfalls als wesentlich erachtet, um speziell auch diese durch das ESoP bisher nicht adressierten Interaktionskonzepte zu erfassen.

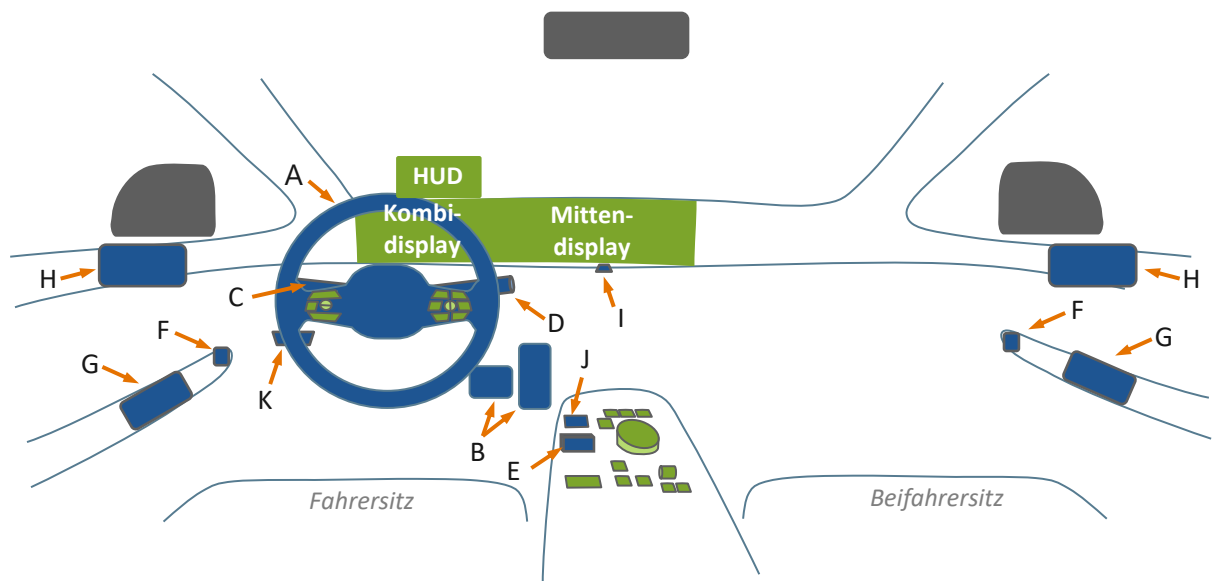
Die ausgewählten Fahrzeuge wurden für das Projekt angemietet und im Januar 2025 sequenziell an jeweils zwei Tagen hinsichtlich des ESoP und weiterer Kriterien analysiert. Die jeweiligen Fahrzeugmodelle sowie Hersteller sind dabei für die Zielsetzung der Analysen nicht relevant, sondern dienen lediglich der beispielhaften Illustration von Gestaltungsprinzipien im Kontext aktueller technologischer Entwicklungen. Bild 3-1, Bild 3-2 und Bild 3-3 bieten jeweils eine schematische Übersicht über die verschiedenen Anzeigeorte und Eingabemöglichkeiten in den drei Fahrzeugen: Die grünen Elemente auf den Bildern verweisen auf die Interaktion mit IVIS (ggf. auch FAS), während die blauen Elemente die Anordnung physischer Bedienelemente für grundlegende Fahrzeugfunktionen illustrieren.



Nicht IVIS-bezogene Bedienelemente	IVIS-bezogene Anzeige- & Bedienelemente
A. Lenkrad B. Brems- und Gaspedal C. Blinker, Fernlicht & Scheibenwischer D. Gangwahlschalter E. Türöffner F. Fensteröffner G. Sitzeinstellung (am Sitz) H. Warnblinker (oberhalb des Rückspiegels)	Anzahl der Anzeigeorte zur Informationsdarstellung: 1. Mittendisplay Anzahl der Interaktions- und Eingabemöglichkeiten: 1. Touch-Interaktion auf dem Mittendisplay 2. Drücken und Rollen der Lenkradtasten (ohne Beschriftung) 3. Sprachinteraktion (nur Sprachbefehle/Kommandos)

Bild 3-1: Fahrzeug 1, Baujahr 2022. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

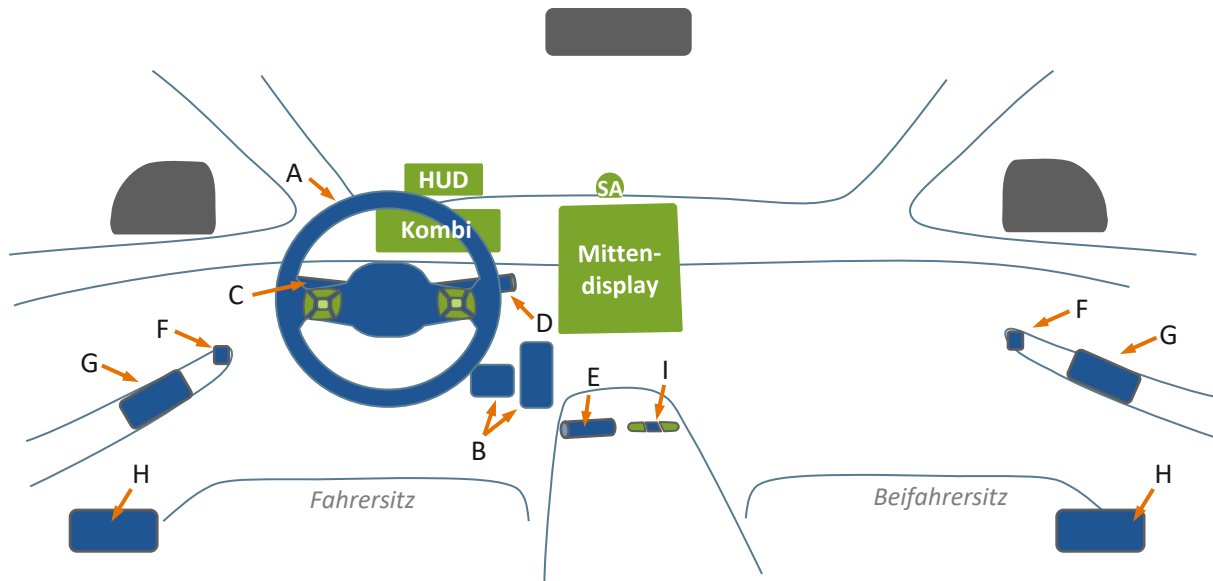
Fahrzeug 1 zeichnet sich durch einen zentralen Anzeigeort aus: das Mittendisplay, welches als primäre Informationsquelle dient. Die Interaktion erfolgt über Touch-Interaktion auf diesem Display sowie durch Drücken oder Rollen von Lenkradtasten, die teilweise individuell belegt werden können. Zusätzlich ist eine sprachbasierte Interaktion verfügbar, die ausschließlich auf (vom Hersteller definierten) Sprachbefehlen/Kommandos beruht.



Nicht IVIS-bezogene Bedienelemente	IVIS-bezogene Anzeige- & Bedienelemente
A. Lenkrad B. Brems- und Gaspedal C. Blinker, Fernlicht D. Scheibenwischer E. Gangwahlschalter F. Türöffner G. Fensteröffner H. Sitzeinstellung (an der Tür) I. Warnblinker J. Fahrzeug-Einschaltknopf K. Lichteinstellung	Anzahl der Anzeigeorte zur Informationsdarstellung: 1. Mittendisplay 2. Kombidisplay 3. (Großes) HUD Anzahl der Interaktions- und Eingabemöglichkeiten: 1. Touch-Interaktion auf dem Mittendisplay 2. Drücken und Kippen der Lenkradtasten (mit Beschriftung) 3. Sprachinteraktion über Sprachassistent (Sprachbefehle/Kommandos + natürliche Sprache) 4. Dreh-Drück-Kipp-Steller mit Touchpad auf Mittelkonsole 5. Gestik (begrenzte Funktionen)

Bild 3-2: Fahrzeug 2, Baujahr 2023. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

Fahrzeug 2 bietet eine umfangreichere Anordnung von optischen Anzeigen, bestehend aus einem Mittendisplay, einem Kombidisplay und einem großen HUD. Die Eingabemöglichkeiten umfassen Touch-Eingaben auf dem Mittendisplay sowie die Nutzung von Lenkradtasten. Eine Sprachinteraktion wird durch einen integrierten Sprachassistenten ermöglicht, der sowohl Sprachbefehle/Kommandos als auch Eingaben über natürliche Sprache erlaubt. Zudem ist ein Dreh-Drück-Steller mit Touchpad an der Mittelkonsole für zusätzliche Interaktionsmöglichkeiten integriert. Eine für eingeschränkte Interaktionsfälle nutzbare Gestensteuerung vervollständigt das Angebot an Interaktionsmöglichkeiten.



Nicht IVIS-bezogene Bedienelemente	IVIS-bezogene Anzeige- & Bedienelemente
A. Lenkrad B. Brems- und Gaspedal C. Blinker, Fernlicht D. Scheibenwischer E. Gangwahlschalter F. Türöffner G. Fensteröffner H. Sitzeinstellung (am Sitz) I. Warnblinker (auf Mittenkonsole)	Anzahl der Anzeigeorte zur Informationsdarstellung: 1. Mittendisplay 2. Kombidisplay 3. (Kleines) HUD 4. Darstellung des Sprachassistenten (SA) Anzahl der Interaktions- und Eingabemöglichkeiten: 1. Touch-Interaktion auf dem Mittendisplay 2. Drücken der Lenkradtasten (ohne Beschriftung) 3. Sprachinteraktion über Sprachassistent (Sprachbefehle/Kommandos + natürliche Sprache)

Bild 3-3: Fahrzeug 3, Baujahr 2022. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

Fahrzeug 3 bietet ebenfalls drei Anzeigeorte: ein Mittendisplay, ein Kombidisplay und ein kleineres HUD. Die Interaktion mit dem Fahrzeug erfolgt über Touch-Eingaben am Mittendisplay sowie durch Drücken von Lenkradtasten, die wie bei Fahrzeug 1 individuell belegt werden können. Wie in Fahrzeug 2 ist eine Sprachinteraktion sowohl durch Sprachbefehle/Kommandos als auch durch Eingaben in natürlicher Sprache möglich.

3.2 Ableitung von Anwendungs-/Bewertungsfällen (Use Cases)

Eine detaillierte Analyse des aktuellen ESoP bildete die Grundlage für die Auswahl von Interaktionen, die im Projekt exemplarisch mit der unten beschriebenen systematischen Bewertungsmethodik adressiert wurden. Vom ESoP unmittelbar adressierte Systeme (Navigation, Telefon und Media) sowie dort aufgeführte gute und schlechte Beispiele einer Umsetzung der einzelnen Grundsätze wurden herangezogen, um einen möglichst umfassenden Abgleich zu erzielen. Aus den Gestaltungsbeispielen des ESoP wurden sogenannte konventionelle *Anwendungs-/Bewertungsfälle (Use Cases)* abgeleitet, über die die

Einhaltung oder Abweichung von den ESoP-Grundsätzen in aktuellen Fahrzeugen evaluiert werden konnte. Die konventionellen Use Cases umfassen dabei solche Systeme, die durch die aktuelle Fassung des ESoP adressiert werden, nicht aber z.B. vom ESoP aktuell ausgeschlossene Interaktionswege. Tab. 3-1 bietet eine Übersicht der systematisch getesteten Interaktionen, um trotz des exemplarischen Analyseansatzes eine möglichst umfassende Abdeckung über die Grundsätze des ESoP zu gewährleisten.

Neben der Berücksichtigung konventioneller Interaktionsformen (manuelle Interaktionen) wurde auch ein Transfer der Grundsätze auf die bislang in dem ESoP nicht berücksichtigten Eingabemodalitäten der Sprach- und Gestensteuerung geprüft. Diese Modalitäten wurden bewusst in den Fokus genommen, um den aktuellen, über das ESoP hinausgehenden Stand an Interaktionskonzepten in heutigen Fahrzeugen in der systematischen Analyse abbilden zu können. Für die Beurteilung wurden hier zudem die im Rahmen der Recherche identifizierten neueren Richtlinien zu Gestaltungsprinzipien (z.B. NHTSA, 2013) für eine Bewertung der Gestaltungsgüte berücksichtigt, wie unten ausgeführt. Für die *alternativen Use Cases* wurden die dem ESoP direkt entlehnten konventionellen Use Cases als Grundlage genutzt und, soweit im jeweiligen Fahrzeug möglich, mit den bis dahin nicht berücksichtigten Interaktionsmodalitäten erneut durchgeführt, sofern die Aufgaben von den getesteten Fahrzeugen unterstützt wurden und über weitere Modalitäten realisierbar waren (siehe Tab. 3-1). Die Interaktionsmöglichkeiten durch Gestensteuerung waren, trotz der Kriterien basierten Fahrzeugauswahl, in den exemplarischen Fahrzeugen jedoch stark limitiert.

Systeme	Use Cases	Konventionelle Eingabemodalität	Alternative Eingabemodalität
Bordegene Navigation	Navigation zu einem Zielort	Manuelle Eingabe	Sprachsteuerung
	Ladestation (Zwischenziel) suchen und nach Kosten sortieren	Manuelle Eingabe	Sprachsteuerung
Bordegene Telefonanbindung	Kontakt in Kontaktliste suchen und anrufen	Manuelle Eingabe	Sprachsteuerung
	Telefonanruf annehmen	Manuelle Eingabe	Sprachsteuerung & Gestensteuerung
Bordegene Medien	Eine Liste mit Radiosendern anzeigen lassen und einen der Radiosender auswählen	Manuelle Eingabe	Sprachsteuerung & Gestensteuerung

Tab. 3-1: Konventionelle Use Cases und alternative Use Cases für den exemplarischen Abgleich mit aktuellen Serienfahrzeugen.

Zusätzlich wurde für jedes Fahrzeug auf Basis von Fahrzeughandbüchern und einer ersten Inaugenscheinnahme vor Ort ein (nicht-systematischer) Überblick über die während der Fahrt verfügbaren Systeme angefertigt. Aus diesem Überblick sollten primär Ableitungen hinsichtlich der von der NHTSA aufgeworfenen Frage nach per se Lock-outs von Funktionen, aber auch hinsichtlich der formulierten ESoP-Grundsätze während der Fahrt für den Fahrenden sinnvollerweise verfügbarer Funktionen getroffen werden. Aus der Analyse von einzelnen Interaktionen aus diesem Überblick, gerade auch mit solchen Funktionen, die sich erst nach 2006/2008 verbreitet haben, sollte abgeleitet werden, ob der Umfang des

ESoP ausreichend und konkret genug ist, um neuen Entwicklungen bezüglich der Zielsetzung einer sicheren Ausführung der primären Fahraufgabe durch die Grundsätze gerecht zu werden. Hierbei sollte auf Grund des exemplarischen Beurteilungscharakters vor allem solchen Interaktionen gesondert Aufmerksamkeit zukommen, die sich nach erster Inaugenscheinnahme durch ein als erhöht eingeschätztes Ablenkungspotential entweder durch ihre inhaltliche Gestaltung, eine Zeitkritikalität oder eine Mehrschrittigkeit (und somit vermutlich längere Interaktionsdauer) auszeichneten.

Die Übersicht über während der Fahrt potenziell verfügbare Systeme, abgeleitet aus den Fahrzeughandbüchern, umfasst Funktionen wie Internetzugang, Android Auto/Apple Car Play sowie klassische und fahrzeugspezifische Entertainment-Funktionen (z.B. Karaoke, Zeichnen, Videoaufnahmen oder Selfies). Die Analyse einzelner während der Fahrt verfügbarer Funktionen erfolgte nicht systematisch und floss nur in die Beurteilung ein, wenn eine klare Abweichung von den im ESoP formulierten Grundsätzen oder denen neuerer Richtlinien initial erkennbar war. Falls die Fahrzeuge ein HUD hatten, wurde dieses, im Sinne der vom ESoP festgelegten Beschlüsse zum Umgang mit Informationen im direkten Sichtfeld der fahrzeugführenden Person, ebenfalls während der Fahrt nicht systematisch analysiert.

3.3 Aufbau Checkliste

Für die systematische Bewertung der konventionellen und alternativen Use Cases sowie der Beurteilung problematischer Funktionsumfänge während der Fahrt bedarf es einer standardisierten Versuchscheckliste. Ziel war ein umfassendes Bewertungsinstrument, um systematisch herausarbeiten zu können, von welchen Grundsätzen für einzelne Interaktionen oder Fahrzeuge abgewichen wird. Zunächst werden die Prüfkriterien für konventionelle Use Cases beschrieben und anschließend die Kriterien für die Beurteilung der alternativen Use Cases.

3.3.1 Prüfkriterien für konventionelle Use Cases

Für die ESoP-Grundsätze existiert eine umfangreiche Prüfliste von Stevens und Cynk (2011). Die ursprüngliche Version dieser Prüfliste wurde vom Transport Research Laboratory (TRL) auf Ersuchen des britischen Ministeriums für Umwelt, Verkehr und Regionen (DETR) im Jahr 1999 entwickelt, um neue IVIS vor ihrer allgemeinen Verbreitung zu bewerten (Stevens, et al., 1999). Das primäre Ziel war es, Experten und Expertinnen eine strukturierte Unterstützung bei der Beurteilung sicherheitsrelevanter Merkmale von IVIS zu bieten, basierend auf gängigen Praktiken und internationalen Standards. Im Jahr 2011 veröffentlichten Stevens und Cynk die Checkliste in überarbeiteter Form, um einen Beitrag zur Bewertung eines IVIS anhand der ESoP-Grundsätzen zu leisten. Im Fokus der Bewertung steht dabei, im Gegensatz zum aktuellen Projektfokus, das Fahrzeugübergreifend auf das ESoP schaut, immer ein konkretes System, für das unzulässige Gestaltungen aufgedeckt werden sollen.

Die Prüfliste von Stevens und Cynk (2011) enthält keine detaillierten Messverfahren für die Bewertung. In einigen Fällen wird ein ESoP-Grundsatz durch eine Reihe von Fragen adressiert. Darüber hinaus beinhaltet die Checkliste Fragen zu zusätzlichen Schnittstellen- und Usability-Problemen, die nicht durch das ESoP abgedeckt werden. Es werden generische Begriffe für Schnittstellenkomponenten verwendet, um eine Robustheit gegenüber technologischen Entwicklungen zu gewährleisten (z.B. umfassen „Steuerelemente“ („input controls“) alle Elemente der IVIS-Schnittstelle, über die der Fahrende Steuerbefehle

eingibt, einschließlich Drehknöpfen, Tasten, Touchscreens, Joysticks, Pedalen und Mikrofone) (Stevens & Cynk, 2011), sodass die Liste sich auch 14 Jahre nach ihrer Veröffentlichung auf aktuelle Systeme anwenden lässt. Ein paar der Fragen aus der Prüfliste von Stevens und Cynk (2011) werden von einer kurzen Liste mit Aussagen ergänzt. Diese werden mit Ja/Nein beantwortet und sollen bei der finalen Bewertung der eigentlichen Frage unterstützen. Nicht alle dieser ergänzenden Aussagen aus der Prüfliste von Stevens und Cynk (2011) sind für das Projekt relevant oder umsetzbar. Ausgeschlossen wurden beispielsweise Aussagen, für deren Beurteilung ein konkretes Szenario hätte künstlich provoziert werden müssen (z.B. B13 - Die Information stimmt mit den externen Informationen auf den VMS-Anzeigen überein. Übersetzt aus Stevens und Cynk, 2011). Aussagen, die nur durch zusätzliche Überprüfung von Regularien möglich gewesen wären, wurden ebenfalls ausgeschlossen (z.B. C12 -Die Steueraktionen stimmen mit den in dem nationalen Standort angenommenen Konventionen überein, an dem das IVIS verwendet werden soll. Übersetzt aus Stevens und Cynk, 2011). Die Fragen, zu denen diese Aussagen gehörten, wurden dennoch in die Versuchscheckliste für die exemplarische Analyse aufgenommen.

Ergänzend dazu wurde eine Checkliste neueren Datums von Gehlert aus dem Jahr 2023 herangezogen, die auf den Visual-Manual Distraction Guidelines der NHTSA von 2013 basiert. Wobei Grundprinzip und die Struktur auf der oben vorgestellten Checkliste von Stevens und Cynk (2011) basiert, während spezifische Fragen aus den NHTSA-Leitlinien abgeleitet wurden. Die von Gehlert (2023) erstellte Checkliste dient ebenfalls als Expertenbasiertes Instrument zur Bewertung der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fahrzeug und soll Herstellern, Lieferanten sowie Fachleuten im Bereich Verkehrssicherheit dabei helfen, Potenziale für Sicherheitsoptimierungen und ergonomisch fundierte Gestaltungsmöglichkeiten zu identifizieren.

Um einen Eindruck davon zu bekommen, was Veröffentlichungen der NHTSA unter kritischen Interaktionen und Lock-out-Kriterien verstehen wurden die Visual-Manual Distraction Guidelines der NHTSA (2013) sowie die Erkenntnisse von Campbell, et al. (2016) herangezogen. Diese Quellen bieten eine fundierte Basis zur Identifizierung potenzieller Ablenkungsrisiken innerhalb des Fahrzeuginnenraums, einschließlich einer Übersicht über Systeme, die nicht während der Fahrt verfügbar sein sollten.

Einige ESOP-Grundsätze wurden für das Projekt oder die Methode der Expertenbasierten Bewertung als nicht relevant oder nicht umsetzbar eingestuft. Grundsätze, deren Bewertung auf Basis von Fragen in der Versuchscheckliste vollständig umsetzbar war, wurden nach Sichtung aller Cluster und 29 Grundsätze als „Relevant“ klassifiziert (14 Grundsätze + 5 Entwicklungsziele). Einige Grundsätze wurden mit der gewählten Methodik als nur bedingt bewertbar eingestuft („Teilweise relevant“; 6 Grundsätze). In diese Kategorie fallen alle Grundsätze, deren Beurteilung nur durch quantitative Messungen möglich ist (z.B. Blickverhaltensmessung naiver Nutzender) oder für deren Beurteilung ein konkretes Systemverhalten hätte künstlich provoziert werden müssen (z.B. Verhalten im Fehlerfall oder in konkreten Verkehrsszenarien). Für den Fall, dass zufällig die erforderlichen Voraussetzungen während der Erprobung auftraten, wurde eine Beurteilung nicht von Beginn an ausgeschlossen. Die Beurteilung erfolgte ansonsten auf Grundlage von Expertise.

Von der Beurteilung ausgeschlossen wurden jedoch Grundsätze, deren Gültigkeit nur durch Überprüfung zusätzlicher Normen und Regularien möglich gewesen wäre. Weiterhin wurden Grundsätze als „nicht relevant“ eingestuft (9 Grundsätze), wenn sie außerhalb des Kernauftrags des Projekts lagen (z.B. die Bewertung von externen Geräten) oder keine Literaturangaben für die Bewertungsmethode vorhanden waren. Cluster 6 „Grundsätze für

Informationen zum System“ wurde ausgeschlossen, da der Fokus dieses Clusters auf den Inhalt der Fahrzeughandbücher liegt und somit keine Bedienung während der Fahrt adressiert. Die finale Einstufung der Cluster und ihrer Grundsätzen findet sich in Tab. 3-2 (Spalten 1-3).

Basierend auf dem Ansatz von Stevens und Cynk (2011) wurde die Versuchscheckliste so konzipiert, dass die einbezogenen ESoP-Grundsätze hinsichtlich „Bedenken“ bewertet wurden, differenziert in „N/A“ (nicht anwendbar), „keine Bedenken“, „kleine Bedenken“ und „starke Bedenken“. Die Variante „N/A“ wurde unter anderem in Fällen gewählt, in denen das IVIS das betreffende Attribut, auf das der Grundsatz abzielt, nicht besitzt oder notwendige Voraussetzungen während der Erprobung nicht auftraten (z.B. ein Fehlerfall). Den Grundsatz detaillierende Hilfsfragen, basierend auf den oben beschriebenen Checklisten von Gehlert (2023) und Stevens und Cynk (2011), waren mit Wahr/Falsch zu beantworten. Diese Hilfsfragen dienten der Ableitung der Bedenkenstufe (Tab. 3-2, Spalte 4).

Zusammenfassend ermöglichte dieser methodische Ansatz zur Erstellung der Versuchscheckliste eine umfassende Möglichkeit, den exemplarischen Abgleich des ESoP mit drei aktuellen Serienfahrzeugen durchzuführen und systematisch Abweichungen von den Grundsätzen sowie Interaktionsprinzipien herauszuarbeiten, die bisher nicht durch das ESoP berücksichtigt werden.

ESoP Cluster	Anzahl von Grundsätzen im Cluster (n/29)	Durch die Checkliste bewertbar (Ja + Teilweise Nein)	Bewertete Bedenkenfragen (sowie wahr/falsch Hilfsfragen)	In dem ESoP benannte Beispiel-systeme aus denen die Use Cases abgeleitet wurden
1. Gesamtdesign	5	5	5 (0)	-
2. Installation	5	4 (2 + 2 1)	7 (25)	Bordeigene Systeme, nachgerüstete Systeme und mobilen Geräten
3. Darstellung von Informationen	5	5 (3 + 2)	18 (83)	Navigation, Telefon
4. Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen	8	8 (7 + 1)	14 (51)	Navigation, Telefon, Media
5. Systemverhalten	4	3 (2 + 1 1)	5 (13)	Navigation, Telefon, Media, auch Internet-Browser
6. Informationen zum System	7	0	0	-

Tab. 3-2: Darstellung der Grundsätze, die durch die Versuchscheckliste bewertbar sind, sowie die Anzahl zu bewertender Fragen und Hilfsfragen pro Cluster und der Bewertungszeitpunkt für das Cluster.

3.3.2 Prüfkriterien für alternative Use Cases

Die oben beschriebene Versuchscheckliste, die primär auf visuell-manuelle Interaktionen abzielt, wurde um Aspekte zur expliziteren Bewertung der Sprach- und Gesteninteraktion erweitert. Dafür wurden die im Kapitel 2.2.1 und 2.2.2 dargelegten Quellen für Ergänzungen der ESoP-Grundsätze zur Bewertung von Sprach- und Gesteninteraktion berücksichtigt, um relevante Beurteilungsaspekte abzuleiten.

Für die Beurteilung von Sprachinteraktion wurden die von Campbell et al. (2016) empfohlenen Gestaltungsziele von sprachgesteuerten Systemen in Fahrzeugen herangezogen. Diese beinhalten Empfehlungen für die Implementierung sprachgesteuerter Systeme, die minimale Eingabebeschränkungen aufweisen, Benutzerfeedback bieten und eine Fehlerbehandlungsstrategie enthalten. Die übernommenen Kriterien in die Versuchscheckliste waren entsprechend die Anforderungen an den Konversationsstil, dem Systemfeedback und der Fehlerbehandlung. Ergänzt wurden diese Anforderungen durch Designrichtlinien von Nguyen und Falkengren (2019) zur Gestaltung von Sprachassistenten in Fahrzeugen.

Eine Erweiterung der Versuchscheckliste für die Beurteilung von Gesteninteraktion erfolgte auf Basis der Usability-Evaluationsindizes für die Gestaltung von Gesten von Ge, et al. (2025). Aspekte der ISO/IEC 4944 (ISO, 2024) finden sich als Parallelen in den Usability-Evaluationsindizes von Ge, et al. (2025). Insgesamt streben beide danach, eine intuitive und benutzerzentrierte Erfahrung zu schaffen, um die Fahrzeugsicherheit und Interaktionseffizienz zu verbessern. Aus den Quellen wurden die Usability-Kriterien Affinität, Einfachheit, Einprägsamkeit, Komfort und Zufriedenheit zur Bewertung der Gesteninteraktion in die Versuchscheckliste übernommen.

Die Beurteilung aller zusätzlichen Kriterien für die Sprach- und Gesteninteraktion erfolgte identisch zu den Hilfsfragen für die visuelle-manuelle Interaktion auf Basis von Wahr/Falsch. Sie dienten der späteren Ableitung von Überschneidungen mit den ESoP-Grundsätzen. Die Hilfsfragen, die zur detaillierten Bewertung der Grundsätze für visuell-manuelle Interaktionen abgeleitet wurden, wurden außerdem um eine zusätzliche Variante: „Nicht anders als die manuelle Nutzung“ erweitert. Diese Variante wurde in Fällen gewählt, in denen sich das IVIS nicht von der manuellen Nutzung unterschied (z.B. bei Aspekten zur Farbgestaltung visueller Bilder). Dies trat insbesondere auf, wenn die Ausgabe-modalität unabhängig von der Eingabemodalität war. Für die Bewertung von Sprach- und Gesteninteraktion basierend auf den einbezogenen ESoP-Grundsätzen wurden insbesondere die Unterschiede zu der visuell-manuellen Interaktion in der Checkliste markiert und herausgearbeitet.

3.4 Durchführung des exemplarischen Abgleichs

Der Bewertungsablauf wurde vorab festgelegt, um eine detaillierte Analyse und Bewertung der zuvor definierten Use Cases und aller IVIS für jedes Fahrzeug unter ähnlichen Bedingungen zu ermöglichen. Die Bewertung der Fahrzeuge fand im Januar 2025 in einem Zeitraum von zwei Wochen statt, wobei jedes Fahrzeug einzeln an zwei bis drei aufeinanderfolgenden Tagen bewertet wurde. Je nach Fokus wurden die Bewertungen während der Fahrt oder im Stillstand mit jeweils zwei Expertinnen mit mehrjähriger Erfahrung in den Themenfeldern Usability und HMI-Gestaltung durchgeführt.

Während der Tests wurden Anzeigemodi (z.B. Sport, Eco) nicht separat berücksichtigt oder variiert. Falls die Fahrzeuge ein HUD hatten (Fahrzeug 2 und 3), blieb dieses während des gesamten Ablaufs aktiviert, um mögliche klare Abweichungen von im ESoP formulierten

Grundsätzen oder von neueren Richtlinien zu erkennen. Während der systematischen Bewertung waren außerdem keine FAS aktiv.

Die zehn vorab definierten Use Cases (siehe Tab. 3-1) wurden, gemäß den Empfehlungen der Versuchscheckliste, sowohl bei Tageslicht als auch bei Dunkelheit an einer festgelegten, urbanen Route entlang des RWTH-Campus Melaten in Aachen getestet. Zunächst erfolgte die Einschätzung der definierten Use Cases (konventionell und alternativ) während der Fahrt, wobei spezifische Grundsätze des ESoP in den Clustern 3 „Darstellung von Informationen“, 4 „Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen“ und 5 „Systemverhalten“ mit Hilfe der erstellten Versuchscheckliste evaluiert wurden. Für die alternativen Use Cases wurden auch die zusätzlichen Kriterien bewertet. Jeder Use Case wurde mehrfach während der Fahrt erlebt, um einen umfassenden Eindruck zu gewinnen. Zudem variierte die Durchführung: In einer Variante wurden die Use Cases ohne Interaktionspausen abgeschlossen, in einer anderen Variante mit Pausen. Dadurch wurde die in Cluster 4 thematisierte Zeitüberschreitung adressiert.

Die Bewertung der Grundsätze des Clusters 2 „Installation“ erfolgte nach der detaillierten Analyse aller Use Cases und im Stillstand. Ebenfalls im Stillstand wurde eine umfassende Bewertung unter Einbeziehung der Entwicklungsziele des Clusters 1 „Gesamtdesign“ vorgenommen. Eine Zusammenfassung des Versuchsablaufs gibt Tab. 3-3.

Ein weiterer Aspekt, der nach der Bewertung aller definierten Use Cases erfolgte, war die Überprüfung zusätzlicher, während der Fahrt verfügbarer Funktionen. Klare Abweichungen von für jedes Fahrzeug vorab ausgewählter Funktionen (Auswahlkriterien: Ablenkungskritikalität, Zeitkritikalität und Anzahl Bedienschritte) von den ESoP-Grundsätzen wurden dokumentiert. Die Prüfung hinsichtlich Abweichungen erfolgte ebenfalls während der Fahrt.

Prüfkriterien der Versuchscheckliste	Bewertung der Prüfkriterien
1. Entwicklungsziele für das Gesamtdesign	Nach allen Use Cases, im Stillstand
2. Grundsätze für die Installation	Nach allen Use Cases, im Stillstand
3. Grundsätze für die Darstellung von Informationen	Nach einzelnen Use Cases, während der Fahrt
4. Grundsätze für die Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen	Nach einzelnen Use Cases, während der Fahrt
5. Grundsätze für das Systemverhalten	Nach einzelnen Use Cases, während der Fahrt
Explizite Kriterien für Sprach- und Gesteninteraktion	Nach einzelnen Use Cases, während der Fahrt

Tab. 3-3: Die Übersicht zeigt, wann im Ablauf welche Prüfkriterien exemplarisch bewertet wurden.

4 Exemplarischer Abgleich

4.1 Bewertungsschema

Für die Diskussion, ob das ESoP in aktuellen Fahrzeugen weiterhin eingehalten wird und inwiefern neue Interaktionsprinzipien oder Technologien zusätzlich Berücksichtigung finden sollten, ist es zunächst unerheblich, durch welches System, welche Funktion(en) eines Systems oder in welchem Fahrzeug ein Grundsatz konkret nicht eingehalten wird. Für die Bewertung ist zudem eher nachrangig, welche oder wie viele Funktionen eines einzelnen Fahrzeugs nicht den Grundsätzen des ESoP entsprechen. Vielmehr ist entscheidend, ob Abweichungen hinsichtlich eines Grundsatzes über mehrere der ausgewählten Fahrzeuge hinweg bestehen. Dieser Gedanke ist ebenfalls in der Fahrzeugauswahl (siehe Kap. 3.1) reflektiert, in der explizit verschiedene Hersteller für den Einbezug unterschiedlicher Designphilosophien und Zielgruppen/-märkte ausgewählt wurden. Abweichungen mehrerer Fahrzeuge hinsichtlich eines ESoP-Grundsatzes erscheinen für die Ableitung von Begründungen wertvoller als Abweichungen über verschiedene Funktionen innerhalb nur eines Fahrzeuges, unter anderem auch, um technologische Entwicklungen als Grundlage für bestimmte Abweichungen klarer benennen zu können. Die Ergebnisse aus der Bewertung einzelner Use Cases werden im Folgenden daher lediglich zur Illustration von festgestellten Abweichungen genutzt.

Nach Abschluss der Bewertung aller untersuchten Fahrzeuge wurden die einzelnen identifizierten Abweichungen zu einer Gesamteinschätzung für jeden Grundsatz aggregiert, die über die spezifischen Use Cases für Navigation, Telefonie oder Mediasysteme hinausgeht. Finden sich für einen Grundsatz Abweichungen in mehreren Fahrzeugen, werden diese als Diskussionspunkte aufgenommen, um Gründe, z.B. auf Basis technologischer Neuerungen, zu identifizieren, und Grundsätze auf einen Anpassungs- oder Erweiterungsbedarf zu prüfen. Das in Tab. 4-1 dargestellte Bewertungsschema verdeutlicht das beschriebene Vorgehen der Aggregation von Beispielen als Diskussionsgrundlage.

Anzahl Abweichungen über die einzelnen analysierten Funktionen pro Grundsatz	0	≥ 1	≥ 1	≥ 1
Anzahl Fahrzeuge, für die mind. eine Abweichung pro Grundsatz festgestellt wurde	0	1	2	3
Aggregierte festgestellte Abweichungen vom ESoP	Keine Abweichung	Einzelne Abweichungen	Mehrfache Abweichungen	Häufige Abweichungen

Tab. 4-1: Bewertungsschema zur Ableitung von Abweichungen von bestehenden Grundsätzen für die exemplarisch ausgewählten Funktionen. Festgestellte beispielhafte Abweichungen von ESoP-Grundsätzen sind als Diskussionspunkte zu verstehen.

Wenn bei keiner der verschiedenen analysierten Funktionen in keinem der drei Fahrzeuge eine Abweichung vom betrachteten Grundsatz festgestellt werden konnte, wird dieser

Grundsatz mit „Keine Abweichung“ bewertet. Wenn jedoch für mindestens eine Funktion in einem der drei Fahrzeuge eine Abweichung festgestellt wurde, wird dies als „Einzelne Abweichung(en)“ zusammengefasst. Wurde eine Abweichung für jeweils mindestens eine analysierte Funktion in zwei von drei Fahrzeugen festgestellt, wird dies als „Mehrfache Abweichungen“ bewertet. Wenn für alle drei Fahrzeuge mindestens jeweils eine Abweichung für mindestens eine der analysierten Funktionen festgestellt wurde, wird als aggregierte Bewertung „Häufige Abweichungen“ gewählt. Wenn ein Grundsatz im Rahmen des gewählten Vorgehens nicht bewertet werden kann – zum Beispiel, weil er die Bewertung von Systemverhalten in einer bestimmten Verkehrssituation erfordert – wird er mit „N/A“ (nicht anwendbar) bewertet.

Zu beachten ist, dass jede Abweichung von einem Grundsatz ohne Wertung bezüglich ihrer Auswirkungen im Sinne des ESoP dokumentiert wird. Erst im Rahmen der Diskussion von über Fahrzeugen hinweg bestehenden Abweichungen oder von einzelnen Beispielen, die von mehreren Grundsätzen zugleich klar abweichen, wird eine Einordnung hinsichtlich des ESoP vorgenommen.

Aus einer festgestellten exemplarischen Abweichung ergibt sich somit nicht unmittelbar ein Handlungsbedarf und auch kein unmittelbarer Anpassungs- oder Erweiterungsbedarf für das ESoP. Letzteres gilt nicht zuletzt deshalb, weil das ESoP, im Einklang mit weiteren Richtlinien und Forschungserkenntnissen, für seinen aktuellen Geltungsbereich weiterhin Gültigkeit besitzt.

4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse innerhalb des ESoP Geltungsbereiches

Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit einer individuellen Betrachtung jedes der fünf bewerteten Cluster des ESoP und erläutern festgestellte Abweichungen durch konkrete Beispiele. Grundsätze, für die „Keine Abweichung“ festgestellt werden konnte, werden im Folgenden nicht weiter erläutert. Jedes Kapitel wird mit einer Tabelle eingeleitet, welche die aggregierte Beurteilung basierend auf den ESoP-Grundsätzen pro betrachtetem Cluster widerspiegelt. Um eine eindeutige Zuordnung der Grundsätze zu ihren Clustern zu ermöglichen, wird die folgende Benennung eingeführt: Grundsatz 2.I. stammt beispielsweise aus Cluster 2 und bezieht sich auf den ersten Grundsatz dieses Clusters.

4.2.1 Cluster 1: Gesamtdesign

Die fünf Grundsätze im Cluster Gesamtdesign werden im ESoP als generelle Entwicklungsziele benannt. Von den Grundsätzen in Cluster 1 wurden für vier dieser Grundsätze Abweichungen dokumentiert (siehe Tab. 4-2). Im Folgenden wird genauer auf die einzelnen Entwicklungsziele eingegangen. Für Entwicklungsziel V („Schnittstellen und Schnittstellen mit Systemen, die zur gleichzeitigen Nutzung durch den Fahrenden während der Fahrt vorgesehen sind, müssen einheitlich und kompatibel gestaltet sein“) konnte keine Abweichung festgestellt werden.

Cluster 1: Gesamtdesign	
Entwicklungsziele	Aggregierte Bewertung aus exemplarischem Abgleich
I. Das System ist so zu gestalten, dass es den Fahrer unterstützt und nicht zu einem potenziell gefährdenden Verhalten des Fahrers oder anderer Verkehrsteilnehmer Anlass gibt.	Häufige Abweichungen
II. Die Aufteilung der Aufmerksamkeit des Fahrers während der Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen des Systems bleibt mit dem in der jeweiligen Verkehrssituation gegebenen Aufmerksamkeitsbedarf vereinbar.	Mehrfache Abweichungen
III. Das System lenkt nicht ab und dient nicht zur visuellen Unterhaltung des Fahrers.	Häufige Abweichungen
IV. Das System zeigt dem Fahrer keine Informationen an, die ein möglicherweise gefährliches Verhalten für den Fahrer oder andere Verkehrsteilnehmer zur Folge haben könnten.	Häufige Abweichungen
V. Schnittstellen und Schnittstellen mit Systemen, die zur gleichzeitigen Nutzung durch den Fahrer während der Fahrt vorgesehen sind, müssen einheitlich und kompatibel gestaltet sein.	Keine Abweichung

Tab. 4-2: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 1 „Gesamtdesign“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Entwicklungsziel I

Entwicklungsziel I fordert dazu auf Systeme so zu gestalten, dass sie die fahrzeugführende Person unterstützen und sie nicht zu potenziell gefährlichem Verhalten anregen. In der Entwicklung und Implementierung von Fahrzeugsystemen spielt die Minimierung potenzieller Ablenkungen sowie der Möglichkeiten zur Abwendung eine entscheidende Rolle, um die Fahrsicherheit zu gewährleisten. Ein besonderes Augenmerk liegt hierfür auch auf Funktionen, die ausschließlich der Unterhaltung des Fahrenden dienen, ohne fahrtrelevante Informationen zu beinhalten. Diese werden im Rahmen der Richtlinien der NHTSA (2013) über Kriterien für per se Lock-outs adressiert, um Funktionen zu klassifizieren, die während der Fahrt für die fahrzeugführende Person nicht nutzbar bzw. verfügbar sein sollten. Eine mit diesen empfohlenen Einschränkungen konforme Gestaltung findet sich allerdings nicht in allen Fahrzeugen wieder. So sind während der Fahrt zum Beispiel zuvor aufgenommene Fahraufnahmen abspielbar, es konnten dynamische Texte für Karaoke auf dem Bildschirm abgespielt oder umfangreiche Textinhalte über Internetbrowser und Benutzerhandbücher während der Fahrt gelesen werden. Zudem sind Funktionen wie etwa das freie Skizzieren auf dem Touchscreen oder das Anfertigen von Selfies während der Fahrt verfügbar. Ein etwas anderes Beispiel in diesem Kontext, welches eher auf den Aspekt eines möglicherweise durch die Funktion beeinflussten Fahrstils Bezug nimmt, ist die Echtzeit-Visualisierung von erreichten Beschleunigungswerten im Kombiinstrument.

Neben einer Verfügbarkeit potentiell ablenkender Anzeigen ohne direkten Bezug zur Fahraufgabe ließen sich jedoch in einzelnen Funktionen auch positive Aspekte feststellen, die

dem Anspruch von Entwicklungsziel I entgegenkommen: In Fahrzeug 2 sind zum Beispiel Textanzeigen mit einer hohen Dichte an Informationen so gestaltet, dass sie statisch bleiben und eine relativ große Schriftgröße aufweisen. Dies ermöglicht eine erste Orientierung durch Überschriften von Nachrichtenmeldungen, wobei der vollständige Artikelinhalt anschließend nur akustisch verfügbar ist. Zudem ist in Fahrzeug 2 ein Lock-out von reinen Unterhaltungsfunktionen implementiert, welche dadurch nur in Parkstellung oder im Stand zugänglich sind.

Entwicklungsziel II

Entwicklungsziel II adressiert die Notwendigkeit einer sicheren Aufmerksamkeitsverteilung der fahrzeugführenden Person während der Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen des Systems, sodass der gegebene Aufmerksamkeitsbedarf mit der jeweiligen Verkehrssituation vereinbar bleibt. Hinsichtlich dieses Ziels wurden im Rahmen der Bewertung Herausforderungen wie zum Beispiel Tastatureingaben ohne haptische und teilweise auch ohne akustische Rückmeldung identifiziert, welche nicht ohne Blickzuwendung nutzbar sind und somit die visuelle Aufmerksamkeit binden. Ebenso stellen lange Listen zur Auswahl von Optionen wie Kontakten, Radiosendern oder Ladesäulen eine Herausforderung dar, da ihre Nutzung visuelle Aufmerksamkeit beansprucht, auch wenn die Auswahl einer Option über die Liste prinzipiell unterbrechbar ist (siehe Grundsatz 4.II für eine weitere Diskussion zur Unterbrechbarkeit von Eingaben). Kritisch wird vor dem Hintergrund dieses Entwicklungsziels auch die Option auf ein (teils mit dynamischen) Hinweisen angereichertes Videobild der Fahrumgebung im Kombidisplay bewertet, da dieses dazu einlädt sich vollständig auf das angezeigte, räumlich stark reduzierte Kamerabild zu verlassen, anstatt die Informationen per Blick aus der Windschutzscheibe zu beziehen (siehe Bild 4-1 als Beispiel). Allerdings kann diese Einstellung durch den Fahrenden selbstständig ausgewählt werden und ist nicht die Standardeinstellung



Bild 4-1: AR View bzw. Kamerabild der Umgebung während der Fahrt im Kombidisplay von Fahrzeug 2

Positiv fiel im direkten Vergleich der Fahrzeuge das Angebot verschiedener Eingabemodalitäten in Fahrzeug 2, einschließlich haptischen und akustischen Feedbacks, neben dem Touchscreen auf (siehe Bild 3-2). So kann die fahrzeugführende Person je nach Verkehrssituation die für ihn passende Eingabemodalität wählen und ist nicht auf eine visuell beanspruchende Eingabe per Touchscreen beschränkt.

Entwicklungsziel III

Entwicklungsziel III legt dar, dass Systeme nicht zur visuellen Unterhaltung des Fahrenden dienen sollten. Wie bereits im Entwicklungsziel I erwähnt, widersprechen reine Unterhaltungsfunktionen wie Karaoke oder die Möglichkeit Skizzen anzufertigen (siehe Bild 4-2, rechts) in Fahrzeug 1 sowie die Nutzung des Internetbrowsers während der Fahrt in Fahrzeug 3 (siehe Bild 4-2, links) diesem Grundsatz. Wie im Bild ersichtlich, werden beispielsweise Videos im Browser jedoch mit Verweis auf die Fahrsicherheit nicht wieder gegeben, sodass der eigentliche Unterhaltungs- und Nutzenwert der Funktion zur Abwendung zum Teil über den Interaktionsverlauf hinweg deutlich reduziert wird.



Bild 4-2: Das Bild links zeigt den geöffneten Internetbrowser inklusive Hinweis auf während der Fahrt nicht verfügbare Inhalte in Fahrzeug 3, während im rechten Bild die Möglichkeit des Skizzierens in Fahrzeug 1 dargestellt wird.

In geringerem Ausmaß erscheint eine Einhaltung dieses Entwicklungsziels auch hinsichtlich der exemplarischen Gestaltung des Sprachassistenten fraglich, wenn dieser durch kontinuierliche Animationen zum Blickfang für den Fahrenden wird. Hier ist jedoch die Positionierung entscheidend, die sich im dokumentierten Fall in der direkten Sichtlinie der fahrzeugführenden Person befindet. Die für Entwicklungsziel II bereits diskutierte dynamische Darstellung der auch direkt beobachtbaren Umgebung im Kombi- und/oder Mittendisplay, sei es als Video oder als animierte Sensorinformation, wäre auch hier zumindest zu diskutieren, auch wenn teilweise fahrtrelevante Informationen für die Abbildungen aufgegriffen werden.

Entwicklungsziel IV

Entwicklungsziel IV betont, dass Systeme so gestaltet sein müssen, dass sie dem Fahrenden keine Informationen anzeigen, die ein potenziell gefährliches Verhalten für den Fahrenden oder andere Verkehrsteilnehmende zu Folge haben könnten. Hier ist die bereits thematisierte Darstellung der Beschleunigungswerte (siehe Bild 4-3, rechts) im Kombidisplay als ein Beispiel zu erwähnen, wobei der Einfluss dieser Visualisierung auf die Fahrtätigkeit klar von der Eigenmotivation der fahrzeugführenden Person abhängt. Die bereits bei Entwicklungsziel II und III angesprochene, nicht anpassbare und teils auch durch den Nutzenden nicht deaktivierbare dynamische Darstellung der Umgebung, z.B. durch ein

Kamerabild (AR-View, Bild 4-1) im Kombidisplay oder durch Echtzeitdarstellung von Sensordaten im Mitten- oder Kombidisplay (siehe Bild 4-3, links), wäre hier ebenfalls als Abweichung zu diskutieren. Als besonders aufmerksamkeitsbindend wird die Darstellung der Sensorinformationen eingeschätzt, wenn sie instabil oder fluktuierend ist, anstatt eine stabile und kontinuierliche Darstellung wie bei einem Kamerabild zu bieten. Diese eher ruckartigen Bewegungen im Bild können unbewusst die visuelle Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die animierte Darstellung von ebenfalls durch die Windschutzscheibe erfassbaren Informationen begünstigt zudem möglicherweise einen temporären Wechsel von direkter Sicht hin zu einer Bewertung basierend auf einer scheinbar vollständigen indirekten Sicht auf Basis von Sensorinformationen, was auch durch die Displaygröße negative Einflüsse auf den Überblick über die Gesamtsituation haben könnte. Zu unterscheiden ist hier jedoch zwischen Informationen, die vom Fahrenden selbst angefordert werden können und solchen, die durchgehend nicht ausblendbar sind.



Bild 4-3: Ungefilterte Echtzeitdaten von Sensordaten aus Fahrzeug 1 im Mittendisplay (links, Bild zeigt linken Teilausschnitt des Displays) und die Darstellung von Beschleunigungswerten im Kombidisplay von Fahrzeug 2 (rechts).

4.2.2 Cluster 2: Grundsätze für die Installation

Cluster 2 des ESoP umfasst fünf Grundsätze zur Installation. Zwei der fünf Grundsätze wurden als „Mehrfache Abweichungen“ eingeordnet und werden im Folgenden beispielhaft diskutiert. Tab. 4-3 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse. Grundsatz 2.1 wurde im Rahmen der Erhebungen auf Grund der Vielzahl an dafür zusätzlich zu berücksichtigenden Dokumente nicht bewertet.

Cluster 2: Installation	
Grundsätze	Aggregierte Bewertung aus exemplarischem Abgleich
I. Die Systeme sollten unter Berücksichtigung der maßgeblichen Rechtsvorschriften, Normen und Einbauanleitungen der Hersteller platziert und sicher montiert werden.	N/A

II. Keiner der Bestandteile des Systems sollte die Sicht des Fahrers auf das Verkehrsgeschehen behindern.	Keine Abweichung
III. Das System sollte Anzeigen sowie den Zugang zu Bedienteilen nicht behindern, die für das Führen des Fahrzeugs - die primäre Aufgabe des Fahrers - benötigt werden.	Keine Abweichung
IV. Optische Anzeigen sollten so nahe wie machbar oder praktikabel an der normalen Sichtlinie des Fahrers positioniert werden.	Mehrfache Abweichungen
V. Optische Anzeigen sollten so entwickelt und eingebaut werden, dass sie nicht blenden und reflektieren.	Mehrfache Abweichungen

Tab. 4-3: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 2 „Installation“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Grundsatz IV

Grundsatz 2.IV betont die Notwendigkeit, optische Anzeigen so nahe wie möglich und praktikabel an der normalen Sichtlinie der fahrzeugführenden Person zu positionieren. Getestet wurde dieser Grundsatz statt über eine reine Experteneinschätzung mit einem dafür angefertigten Sichtwinkel-Dreieck von 30° als Winkel zwischen der normalen Sicht des Fahrenden auf die Straße und der Mitte des Displays. Problematisch hinsichtlich heutiger Mittendisplays ist ihre Größe bei aktueller Positionierung von Elementen auf den Displays. Insbesondere bei Mittendisplays, die weit nach unten hin verlängert sind, wird der Blick der fahrzeugführenden Person durch die an der Unterkante eingblendete Tastatur für z.B. Navigationseingaben oder Suchfunktionen sehr weit nach unten und damit von der Straße weggelenkt.

Grundsatz V

Grundsatz 2.V fordert, dass optische Anzeigen so entwickelt und eingebaut werden sollten, dass sie nicht blenden oder reflektieren. Abweichungen von diesem Grundsatz bestehen Fahrzeugübergreifend in Form von nicht-idealen Kontrast- und Helligkeitseinstellungen vor allem bei direkter Sonneinstrahlung, was die fehlerfreie Information über HUD sowie teils auch über Kombi- und Mittendisplays erschwert. Darüber hinaus beeinträchtigen Verschmutzungen durch Fingerabdrücke nach längerer Bedienung von Touchscreens die Sichtbarkeit von dort angezeigten Inhalten, was vor allem dann problematisch zu bewerten ist, wenn, wie in Fahrzeug 1, kein Kombidisplay verfügbar ist, auf dem fahrtrelevante Informationen wie Geschwindigkeit zusätzlich ablesbar wären.

4.2.3 Cluster 3: Grundsätze für die Darstellung von Information

Cluster 3 beschäftigt sich mit Grundsätzen für die Darstellung von Informationen. Es sind fünf Grundsätze definiert, wobei für Grundsatz 3.I, 3.III und 3.IV Abweichungen dokumentiert wurden. Eine Übersicht aller Ergebnisse des Clusters zeigt Tab. 4-4.

Cluster 3: Informationsdarstellung	
Grundsätze	Aggregierte Bewertung aus exemplarischem Abgleich
I. Die von einem System zu einem beliebigen Zeitpunkt optisch angezeigten Informationen sollten so gestaltet werden, dass der Fahrer die betreffenden Informationen mit wenigen Blicken erfassen kann, die kurz genug sein müssen, um das Fahrverhalten nicht zu beeinträchtigen.	Mehrfache Abweichungen
II. International und/oder national vereinbarte Normen zu Lesbarkeit und Hörbarkeit, Symbolen, Begriffen, Akronymen und/oder Abkürzungen sollten berücksichtigt werden.	Keine Abweichung
III. Für das Führen des Fahrzeugs maßgebliche Informationen sollten genau sein und rechtzeitig angezeigt werden.	Einzelne Abweichungen
IV. Informationen mit höherer Sicherheitsrelevanz sollte höhere Priorität beigemessen werden.	Einzelne Abweichungen
V. Vom System erzeugte Töne oder Geräusche, deren Lautstärke vom Fahrer nicht gesteuert werden kann, sollten akustische Warnsignale innerhalb oder außerhalb des Fahrzeugs nicht überlagern.	Keine Abweichung

Tab. 4-4: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESOP Cluster 3 „Informationsdarstellung“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Grundsatz I

Grundsatz 3.I besagt, dass die von einem System zu einem beliebigen Zeitpunkt optisch angezeigten Informationen so gestaltet werden sollten, dass die fahrzeugführende Person die betreffenden Informationen mit wenigen kurzen Blicken erfassen kann. Abweichungen in den exemplarisch analysierten Fahrzeugen bestehen vor allem in Form langer Listen mit vielen Elementen zur Auswahl von Optionen sowie bei Anordnung von Tastaturen im unteren Bereich von Touchscreens. Informationen aus langen Listen sind zwar auch mit Unterbrechungen, und damit in einem selbstgewählten Interaktionstempo, erfassbar (entspricht Grundsatz 4.II), allerdings erfordert die Auswahl von Kontakten oder Radiosendern durch nicht vorselektierte, alle bestehenden Optionen umfassende Listen nicht unerhebliche Aufmerksamkeit im Falle einer Abwendung zur Sichtung aller Optionen. Eine Bedienung ohne wiederkehrende visuelle Abwendung vom Straßengeschehen ist zudem für Tastatureingaben nicht möglich, insbesondere wenn Eingaben auf Touchscreens ohne haptische Rückmeldung erfolgen und keine akustische Rückmeldung zu Eingaben erfolgt. Ebenfalls gegen eine Erfassung mit wenigen Blicken spricht die Informations- bzw. Textdichte bei Benutzerhandbüchern oder für während der Fahrt aufrufbare Nachrichtenseiten im Internetbrowser. Zudem führten bei Fahrzeug 1 eingeschränkte Anpassungsmöglichkeiten der Schriftgröße (z.B. auf der Navigationskarte oder im Hauptmenü) dazu, dass teilweise nicht mehr alle Informationen bei Auswahl einer größeren Schriftanzeige vollständig abgebildet wurden, was die Informationserfassung und -verarbeitung erschwerte,

jedoch streng genommen eine über diesen Grundsatz hinausgehende Bedienproblematik darstellt.

Grundsatz III

Grundsatz 3.III fordert, dass für das Führen des Fahrzeugs maßgebliche Informationen genau und rechtzeitig dargestellt werden. Fahrzeug 3 zeigte diesbezüglich kleinere Abweichungen durch eine zeitliche Verzögerung zwischen akustischen Navigationsansagen (z.B. „In 250 Metern rechts abbiegen“) und der visuellen Darstellung auf verschiedenen Displays (z.B. „200 m rechts“). Die über die Ausgabequellen hinweg entstehenden Ungenauigkeiten sollten jedoch in den seltensten Fällen fahrtrelevante Konsequenzen ergeben.

Grundsatz IV

Grundsatz 3.IV beschreibt, dass Informationen mit höherer Sicherheitsrelevanz eine höhere Priorität beigemessen werden sollte. Eine Abweichung vom Grundsatz ist die nicht anpassbare dynamische Darstellung der Umgebung durch Sensordaten, in der zum Beispiel die Darstellung des Gegenverkehrs auf der abgetrennten Fahrbahn der Autobahn dieselbe Präsenz einnimmt wie das Vorderfahrzeug. Auf Basis der Literatur kann, wie unten diskutiert, angenommen werden, dass ein Übermaß an Details die Selektion fahrtrelevanter Informationen möglicherweise erschwert und im Zweifelsfall die Reaktionszeit des Fahrenden negativ beeinflussen könnte. Andererseits führt die Abbildung auch von durch die Anzeige als gleichwertig priorisierten, jedoch handlungsirrelevanten Informationen nicht dazu, dass Informationen von Sicherheitsrelevanz überdeckt würden.

Neben der visuellen Priorisierung von Informationen fand sich für Fahrzeug 3 ebenfalls ein Priorisierungsdilemma bezüglich des Audiokanals. Da für verschiedene Systeme nur eine Audioquelle genutzt wird, wurde ein eingehender Telefonanruf über eine anstehende Navigationsaussage priorisiert, sodass diese vom Fahrenden nicht erfasst werden konnte.

Positiv für Fahrzeuge hinweg hervorzuheben ist, dass Sicherheitswarnungen, wie Gurtwarnungen oder Aufforderungen zur Konzentration auf die Straße, in allen Fahrzeugen über Ausgaben anderer Systeme priorisiert werden.

4.2.4 Cluster 4: Grundsätze für die Interaktion

Cluster 4 umfasst Grundsätze für die Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen. In diesem Cluster sind acht Grundsätze definiert, wobei lediglich für zwei Grundsätze Abweichungen identifiziert wurden. Eine Übersicht aller Ergebnisse des Clusters zeigt Tab. 4-5. Für Grundsatz 4.II wurden keine Abweichungen festgestellt, dennoch wird er für eine bessere Einordnung der Abweichungen von Grundsatz 3.I noch einmal aufgegriffen: Es ist zu hinterfragen, ob das Kriterium der Unterbrechbarkeit in allen Fällen ausreichend ist, um die Fahrsicherheit zu gewährleisten. Auch für Grundsatz 4.III wurden keine Abweichungen festgestellt; jedoch geht er indirekt in die Diskussion zu Grundsatz 4.IV ein.

Cluster 4: Interaktion mit Anzeigen und Bedienelementen	
Grundsätze	Aggregierte Bewertung aus exemplarischem Abgleich
I. Der Fahrer sollte immer in der Lage sein, mindestens eine Hand am Lenkrad zu belassen, während er mit dem System in Interaktion tritt.	Keine Abweichung
II. Das System sollte keine lange andauernden und nicht zu unterbrechenden Ein-/Ausgabefolgen [erfordern]; ununterbrochene Ein-/Ausgabefolgen sind nur über kurze Zeitspannen möglich.	Diskussionspunkt (auch wenn keine Abweichung festgestellt)
III. Der Fahrer sollte eine unterbrochene Ein-/Ausgabefolge mit dem System an der Stelle fortsetzen können, an der die Ein-/Ausgabefolge zuvor unterbrochen wurde, oder an einer anderen logisch denkbaren Stelle wieder aufnehmen können.	Diskussionspunkt (auch wenn keine Abweichung festgestellt)
IV. Der Fahrer sollte das Tempo der Ein-/Ausgabefolgen mit dem System selbst bestimmen können. Insbesondere sollte das System den Fahrer nicht veranlassen, Eingaben unter Zeitdruck vorzunehmen.	Diskussionspunkt (potenzielle Abweichung festgestellt)
V. Die Bedienteile des Systems sollten so gestaltet werden, dass sie ohne Beeinträchtigung der für das Führen des Fahrzeugs erforderlichen primären Bedienteile verwendet werden können.	Keine Abweichung
VI. Der Fahrer sollte die Lautstärke auditiver Informationen steuern können, wenn diese eine Ablenkung bedeuten können.	Keine Abweichung
VII. Die Reaktionen des Systems (Rückmeldungen, Bestätigungen usw.) nach Fahrereingaben sollten zeitnah und deutlich wahrnehmbar erfolgen.	Keine Abweichung
VIII. Systeme, die keine sicherheitserheblichen visuellen Informationen ausgeben, sollten in eine Betriebsart geschaltet werden können, in der der Fahrer nicht mit den betreffenden Informationen konfrontiert wird.	Häufige Abweichung

Tab. 4-5: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESOP Cluster 4 „Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Grundsatz IV

Grundsatz 4.IV betont, dass das Tempo von Ein-/Ausgabefolgen vom Fahrenden selbst bestimmt werden sollte. Insbesondere sollte vermieden werden, dass Eingaben unter Zeitdruck vorgenommen werden müssen. Als Abweichung von diesem Grundsatz könnten, je nach konkreter Gestaltung, beispielsweise Zeitüberschreitungen (im englischen *Timeout*) für die Auswahl von Routenvorschlägen diskutiert werden. Nachdem eine Auswahlzeit abgelaufen ist, wird nach erfolgreicher Zieleingabe eine Route vom System entweder automatisch ausgewählt (Fahrzeug 1 und 2), oder aber, wie bei Fahrzeug 3, die gesamte Interaktion nach ca. einer Minute zurückgesetzt, sodass die Route erneut eingegeben werden muss, um gestartet zu werden (mögliche Abweichung von Grundsatz 4.III). Fahrzeug 1 bietet 7s Zeit, bevor eine Route automatisch gestartet wird, Fahrzeug 2 lässt ca. 15s

Auswahlzeit. In beiden Fällen kann die fahrzeugführende Person jedoch über maximal drei Interaktionsschritte auch anschließend zurück zur Auswahl der Routen gelangen und die Auswahl des Systems anpassen. Dadurch, dass der vom System initiierte Auswahlschritt durch einfache Korrektur rückgängig gemacht werden kann, ist zunächst kein unmittelbarer Zeitdruck zu erkennen. Die automatische Auswahl von Routen nach erfolgreicher Zieleingabe kann eher auch positiv bewertet werden, da sie Interaktionsschritte reduziert und das Interaktionserlebnis verbessert. Dies gilt insbesondere insofern, dass das Aufgabenziel des Fahrenden mit Eingabe des Zieles in vielen Fällen als erfolgreich abgeschlossen angesehen werden dürfte (siehe NHTSA, 2019, für die Definition von Aufgabenzielen im Rahmen einer „Testable Task“).

Grundsatz VIII

Grundsatz 4.VIII fordert, dass Systeme, welche keine sicherheitsrelevanten Informationen ausgeben, in eine Betriebsart geschaltet werden können, in der die fahrzeugführende Person nicht mit den betreffenden Informationen konfrontiert wird. Wie bereits in vorherigen Grundsätzen als Beispiel genannt, weicht die nicht anpassbare oder deaktivierbare dynamische Darstellung der Umgebung durch Echtzeitdarstellung von Sensordaten im Kombiinstrument und/oder Mittendisplay potentiell von diesem Grundsatz ab (siehe Bild 4-3, links). Diese Darstellung zeigt prominent und ungefiltert alle Informationen, welche die Sensoren aufnehmen. Nicht alle Informationen sind dabei relevant für die Fahrzeugführung (z.B. Fahrzeuge und Elemente auf räumlich vom eigenen Fahrzeug getrennten Fahrstreifen).

In allen Fahrzeugen ist außerdem eine sich dynamisch aktualisierende Kartendarstellung als Home-Bildschirm hinterlegt. Dies gilt auch dann, wenn keine aktive Zielführung vom Nutzenden angefordert wurde. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass beispielsweise die JAMA-Richtlinien (2004) konkrete Bedingungen vorgeben, unter denen z.B. kleinere Straßen in städtischen Gebieten angezeigt werden dürfen, damit der Fahrende nicht zu häufig auf den Bildschirm schaut oder nach Abkürzungsrouten sucht.

4.2.5 Cluster 5: Grundsätze für das Systemverhalten

Das letzte Cluster des ESoP umfasst Grundsätze für das Systemverhalten. Von den vier definierten Grundsätzen wurden für die Grundsätze 5.I und 5.III Abweichungen in mindestens einem Fahrzeug identifiziert. Grundsatz 5.IV konnte während der Testungen nicht untersucht werden, da keine Systemstörungen o.ä. auftraten. Tab. 4-6 zeigt die Bewertungen für den Cluster 5.

Cluster 5: Systemverhalten	
Grundsätze	Aggregierte Bewertung aus exemplarischem Abgleich
I. Während sich das Fahrzeug in Bewegung befindet, sollten für das Führen des Fahrzeugs nicht erhebliche Informationen, die den Fahrer erheblich ablenken könnten, automatisch ausgeschaltet oder so ausgegeben werden, dass der Fahrer sie nicht sieht.	Häufige Abweichungen
II. Das Systemverhalten sollte keine Anzeigen bzw. Bedienteile stören, die für das Führen des Fahrzeugs benötigt werden oder für die Sicherheit des Straßenverkehrs von Bedeutung sind.	Keine Abweichung

Cluster 5: Systemverhalten	
III. Die Interaktion mit Systemfunktionen, die nicht zur Nutzung durch den Fahrer während der Fahrt vorgesehen sind, sollte unmöglich gemacht werden, solange sich das Fahrzeug in Bewegung befindet; wenn dies nicht möglich ist, sollte zumindest in unmissverständlicher Weise vor entsprechenden nicht erwünschten Interaktionen gewarnt werden.	Einzelne Abweichungen
IV. Dem Fahrer sollen Informationen zum aktuellen Status sowie zu sämtlichen Systemstörungen angezeigt werden, die sicherheitsrelevante Auswirkungen haben könnten.	N/A

Tab. 4-6: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 5 „Systemverhalten“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Grundsatz I

Grundsatz 5.I besagt, dass für das Führen des Fahrzeugs nicht erhebliche Informationen, die den Fahrenden erheblich ablenken könnten, während sich das Fahrzeug in Bewegung befindet, automatisch ausgeschaltet oder diese so ausgegeben werden sollten, dass die fahrzeugführende Person sie nicht sieht. Abweichungen von diesem Grundsatz finden sich in den bereits ausführlich beschriebenen Darstellungen der Umgebung über Sensordaten (Fahrzeug 1 und 3) oder als Kamerabild (Fahrzeug 2). Reine Unterhaltungsfunktionen, wie Karaoke oder aber das Abspielen von zuvor aufgezeichneten Fahraufnahmen (siehe Bild 4-4:), welche während der Fahrt nutzbar sind, widersprechen diesem Grundsatz und den Entwicklungszielen. Auch die Darstellung von Fahrzeugwerten, die sich dynamisch an das Fahrverhalten anpassen, steht prinzipiell im Gegensatz zu diesem Grundsatz. Teilweise können diese Systeme durch den Fahrenden jedoch ausgeschaltet bzw. abgewählt werden. Für alle der vorab genannten Aspekte ist zudem zu berücksichtigen, dass das ESoP von „erheblicher Ablenkung“ spricht, von der für viele der genannten Beispiele nicht auszugehen ist.

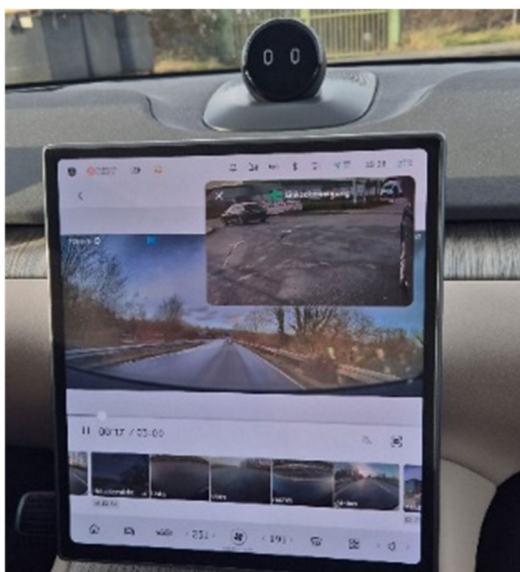


Bild 4-4: Darstellung einer abspielbaren Fahraufnahme inklusive aktueller Überlagerung durch das Videobild des Totwinkelassistenten in Fahrzeug 3.

Grundsatz III

Grundsatz 5.III legt fest, dass die Interaktion mit Systemfunktionen, die nicht zur Nutzung durch die fahrzeugführende Person während der Fahrt vorgesehen sind, unmöglich gemacht werden sollte, solange sich das Fahrzeug in Bewegung befindet. Ist dies nicht möglich, soll in unmissverständlicher Weise vor dieser nicht erwünschten Interaktion gewarnt werden. Widersprüchlich zu diesem Grundsatz werden Systemfunktionen diskutiert, die Aufgaben enthalten, die in den Richtlinien der NHTSA (2013) als per se Lock-outs definiert sind. In mindestens zwei Fahrzeugen sind Systemfunktionen verfügbar, die von der NHTSA als unsicher für die Durchführung durch die fahrzeugführende Person während der Fahrt gelten und daher nicht ermöglicht werden sollten. Darunter fällt die beobachtete Möglichkeit Videos abzuspielen, die Darstellung von dynamisch durchlaufenden Text für Karaoke, sowie die Funktionen für reine Unterhaltung (z.B. Skizzieren) der Fahrenden. Warnhinweise vor der Aufnahme von Interaktionen mit reinen Unterhaltungsfunktionen, wie z.B. eine Bestätigung, dass man die mitfahrende Person sei, um die Funktion Karaoke starten zu können, werden jedoch nur teilweise ausgegeben (siehe Bild 4-5:). Zudem befindet sich der für den Befahrenden ausgegebene Inhalt weiterhin im Sichtbereich der fahrzeugführenden Person.

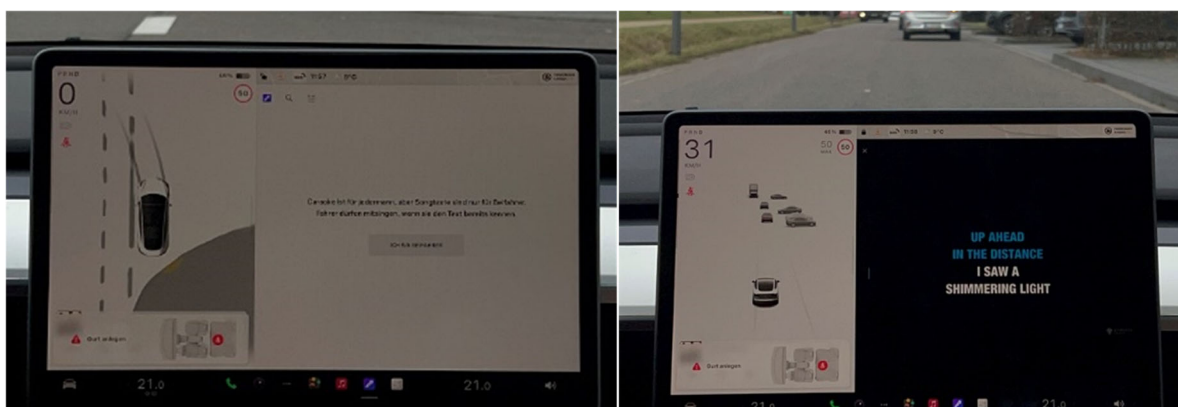


Bild 4-5: Bestätigungsanfrage, dass man die mitfahrende Person ist, um die Funktion „Karaoke“ während der Fahrt starten zu können (linkes Bild) sowie Darstellung der Karaokefunktion während der Fahrt (rechtes Bild).

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse außerhalb des ESoP Geltungsbereiches

4.3.1 Ergebnisse der Sprach- und Gesteninteraktion

Für eine aggregierte Beurteilung der Sprach- und Gesteninteraktion wurden die in Kapitel 2.2.1 und 2.2.2 dargelegten Quellen ergänzend berücksichtigt, um relevante Beurteilungsaspekte abzuleiten. Die Grundsätze des ESoP wurden einzeln hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf bisher nicht berücksichtigte Modalitäten bewertet, indem Überschneidungen mit in den weiteren Quellen definierten Gestaltungsempfehlungen bzw. Aspekten der Benutzerfreundlichkeit identifiziert wurden. Bei entsprechender Überschneidung zwischen den auf visuell-manuelle Interaktionen ausgerichteten Grundsätzen des ESoP und den Empfehlungen für weitere Modalitäten wurde von einer Anwendbarkeit des jeweiligen Grundsatzes ausgegangen. Der Ansatz eines Abgleichs hinsichtlich modalitätsspezifischer Gestaltungsempfehlungen bietet zudem eine Grundlage für die spätere Diskussion und Argumentation über die Notwendigkeit einer Erweiterung der ESoP-Grundsätze.

In Fällen, in denen ein Grundsatz auf Sprach- und/oder Gesteninteraktion erweiterbar war, wurde die Bewertung der dokumentierten Beispielinteraktionen gemäß den Verfahrensbeschreibungen von Kapitel 4.1 durchgeführt. Grundsätze, die als nicht anwendbar erachtet wurden, sind mit dem Akronym N/A (für „nicht anwendbar“) bewertet. Dies trifft im Falle der Gestensteuerung insbesondere auch dann zu, wenn auf Grund des in den drei Fahrzeugen deutlich eingeschränkten Interaktionsraums über die Modalität eine generelle Anwendbarkeit nicht prüfbar erschien.

Im Folgenden werden einzelne Grundsätze jedes Clusters genauer betrachtet und mit Beispielen ergänzt. Grundsätze aus Cluster 2 „Installation“ wurden ausschließlich als nicht anwendbar bewertet, da Sprach- und Gesteninteraktion reine Eingabemodalitäten sind und auf denselben Anzeigen ausgegeben werden wie bei manueller Interaktion. Cluster 2 wird daher nicht weiter aufgeführt. Generell gilt, dass Grundsätze, die als „Keine Abweichung“ oder als „N/A“ eingeordnet wurden, im Text nicht weiter erläutert werden.

Cluster 1: Gesamtdesign

Alle Entwicklungsziele sind auf Sprach- und Gesteninteraktion anwendbar, einzig Entwicklungsziel V ist auf Gestik nicht anwendbar, da für die Gestensteuerung keine Schnittstellen verwendet werden, die auch für die primäre Fahrtätigkeit Relevanz haben, und die Interaktionsmöglichkeiten generell sehr einfach gehalten sind. Für die Sprachsteuerung hat Grundsatz V hingegen durch die Ausgabe fahrtrelevanter akustischer Informationen Relevanz. Für die Entwicklungsziele I, III und V sind durch die Sprachassistenten der untersuchten Fahrzeuge Abweichungen festgestellt worden. Tab. 4-7: zeigt eine Übersicht der Ergebnisse für Cluster 1.

Cluster 1: Gesamtdesign		
Entwicklungsziele	Sprachinteraktion	Gesteninteraktion
I. Das System ist so zu gestalten, dass es den Fahrer unterstützt und nicht zu einem potenziell gefährdenden Verhalten des Fahrers oder anderer Verkehrsteilnehmer Anlass gibt.	Einzelne Abweichungen	Keine Abweichung
II. Die Aufteilung der Aufmerksamkeit des Fahrers während der Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen des Systems bleibt mit dem in der jeweiligen Verkehrssituation gegebenen Aufmerksamkeitsbedarf vereinbar.	Keine Abweichung	Keine Abweichung
III. Das System lenkt nicht ab und dient nicht zur visuellen Unterhaltung des Fahrers.	Einzelne Abweichungen	Keine Abweichung
IV. Das System zeigt dem Fahrer keine Informationen an, die ein möglicherweise gefährliches Verhalten für den Fahrer oder andere Verkehrsteilnehmer zur Folge haben könnten.	Keine Abweichung	Keine Abweichung
V. Schnittstellen und Schnittstellen mit Systemen, die zur gleichzeitigen Nutzung durch den Fahrer während der Fahrt vorgesehen sind, müssen einheitlich und kompatibel gestaltet sein.	Einzelne Abweichungen	N/A

Tab. 4-7: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESOP Cluster 1 „Gesamtdesign“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Eine Abweichung von **Entwicklungsziel I** wurde besonders durch die Art der Antwortdarstellung des Sprachassistenten im ersten untersuchten Fahrzeug festgestellt. Die Ausgabe erfolgt ausschließlich visuell und ist unten links auf dem Mittendisplay positioniert, was den Fahrenden dazu zwingt, seinen Blick von der Straße abzuwenden, um Feedback vom System zu erhalten. In Abhängigkeit der fahrerindividuellen Lenkradpositionierung kam es mitunter auch dazu, dass ein Teil der Gesprächsvisualisierung verdeckt wurde. Diese Abweichung ist zwar nicht unmittelbar sicherheitskritisch, da die fahrzeugführende Person je nach Situation selbst über eine Zuwendung entscheiden kann, verdeutlicht jedoch, dass die konkrete Gestaltung der Interaktion maßgeblich die Vorteile der Sprachinteraktion im Vergleich zur manuellen Eingabe beeinflusst.

Die beobachtete Abweichung von **Entwicklungsziel III** lässt sich auf die Gestaltung des Sprachassistenten im dritten Fahrzeug zurückführen. Die dynamische Anpassung und die damit zum Blickkontakt anregende aktivierende Darstellung des Sprachassistenten stehen im Widerspruch zum Entwicklungsziel III. Allerdings ist der Assistent im direkten Blickbereich auf dem Dashboard positioniert, sodass die Aufmerksamkeitslenkung zwar nicht minimal, aber mindestens auch nicht erheblich ist. Zudem kann der Sprachassistent inklusive Animation komplett ausgeschaltet werden.

Bezüglich **Entwicklungsziel V** lässt sich zunächst feststellen, dass eine Anwendbarkeit auch für Sprachinteraktionen gegeben ist. Eine mögliche Abweichung vom Grundsatz tritt bezüglich des Prinzips der Einheitlichkeit dann auf, wenn dem Fahrenden ein unerwünschter Wechsel zwischen Interaktionsmodalitäten auferlegt wird. Dies bedeutet konkret, dass die fahrzeugführende Person ähnliche Aktionen wie die Aufnahme eines ausgehenden Anrufs und andererseits das Annehmen eines eingehenden Anrufs nicht einheitlich durchführen kann. Ein Beispiel dafür trat in Fahrzeug 2 auf: Hier war es möglich, einen Anruf über Sprach-eingabe zu starten, jedoch konnte ein eingehender Anruf ausschließlich durch manuelle Interaktion angenommen werden. Im Gegensatz dazu ermöglichte Fahrzeug 3 einheitlich auch die Annahme von Anrufen per Sprachbefehl. Es soll hier jedoch festgehalten werden, dass Abweichungen von einheitlichen Interaktionswegen nicht als kritisch für die Aufmerksamkeit der fahrzeugführenden Person angesehen werden. Zudem spricht das Beispiel auf Grund von bisher im ESOP nicht adressierten Modalitätswechseln eher für eine Erweiterung als für eine klare Abweichung vom Grundsatz (siehe z.B. auch den diskutierten Modalitätswechsel in Grundsatz 4.III).

Cluster 3: Grundsätze für die Darstellung von Informationen

Aus Cluster 3 wurden für zwei Grundsätze Abweichungen für Sprachassistenten festgestellt (siehe Tab. 4-8). Grundsatz 3.III wurde für beide Interaktionsmodalitäten (Sprache und Gestik) als nicht anwendbar bewertet, da dieser die Ausgabe von Informationen anstatt einer Eingabe durch den Fahrenden thematisiert: Auch wenn eine Zielführung beispielsweise über Sprachinteraktion gestartet wurde, ist die Sprachinteraktion beendet, bevor relevante Informationen wie zeitkritische Routenangaben ausgegeben werden.

Cluster 3: Informationsdarstellung		
Grundsätze	Sprachinteraktion	Gesteninteraktion
I. Die von einem System zu einem beliebigen Zeitpunkt optisch angezeigten Informationen sollten so gestaltet werden, dass der Fahrer die betreffenden Informationen mit wenigen Blicken erfassen kann, die kurz genug sein müssen, um das Fahrverhalten nicht zu beeinträchtigen.	Häufige Abweichungen	Keine Abweichung
II. International und/oder national vereinbarte Normen zu Lesbarkeit und Hörbarkeit, Symbolen, Begriffen, Akronymen und/oder Abkürzungen sollten berücksichtigt werden.	Keine Abweichung	Keine Abweichung
III. Für das Führen des Fahrzeugs maßgebliche Informationen sollten genau sein und rechtzeitig angezeigt werden.	N/A	N/A
IV. Informationen mit höherer Sicherheitsrelevanz sollte höhere Priorität beigemessen werden.	Mehrfache Abweichungen	Keine Abweichung
V. Vom System erzeugte Töne oder Geräusche, deren Lautstärke vom Fahrer nicht gesteuert werden kann, sollten akustische Warnsignale innerhalb oder außerhalb des Fahrzeugs nicht überlagern.	Keine Abweichung	Keine Abweichung

Tab. 4-8: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESOP Cluster 3 „Informationsdarstellung“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

In Bezug auf die Anforderung, optisch angezeigte Informationen mit wenigen Blicken erfassen zu können, um das Fahrverhalten nicht zu beeinträchtigen (**Grundsatz 3.I**), wurde festgestellt, dass keiner der Sprachassistenten eine klare Minimierung visueller Informationen bei Fahrereingabe als auch bei Systemausgabe verfolgt. Diese Einschätzung resultiert insbesondere daraus, dass die akustische Ausgabe bei zwei von drei untersuchten Sprachassistenten durch eine identische visuelle Präsentation der Information begleitet wird. In einem Fahrzeug erfolgt sogar nur eine visuelle Ausgabe. Die vom System erkannten Eingaben der nutzenden Person werden ebenfalls als Rückmeldung nochmals visuell dargestellt, wobei sich je nach Eingabe- oder Antwortsequenz die Menge an angezeigter Information nicht immer mit den durch den Grundsatz geforderten „wenigen Blicken“ vereinbaren lässt. Ein prägnantes Beispiel hierfür ist in Bild 4-6 dargestellt, welches die visuelle Ausgabe des Sprachassistenten auf eine Anfrage nach einem Rezept veranschaulicht. Parallel erfolgt die akustische Ausgabe desselben Inhaltes.

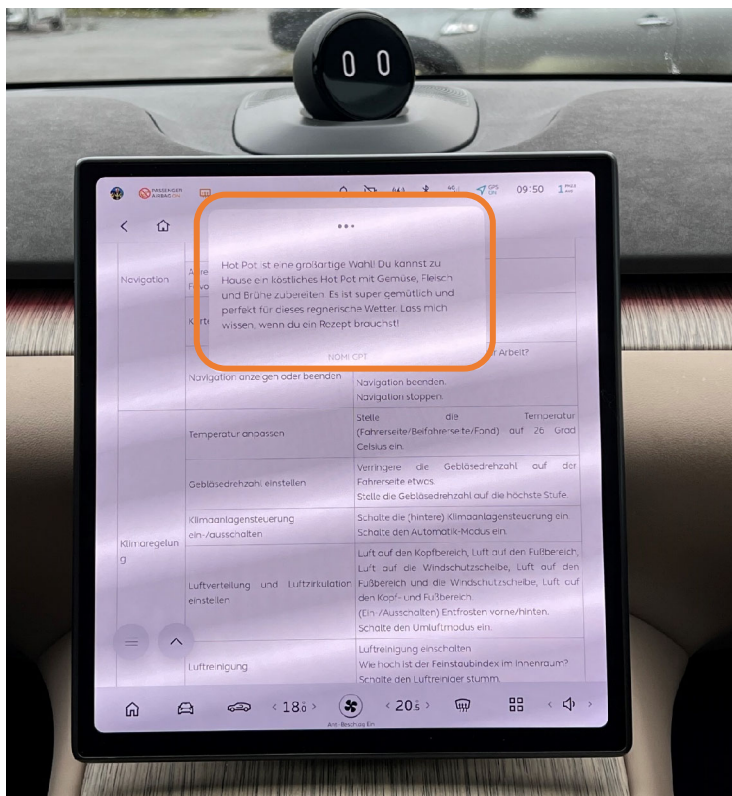


Bild 4-6: Visuelle Ausgabe des Sprachassistenten von Fahrzeug 3 auf die Bitte nach einem Rezept (markierter Bereich).

Die festgestellte Abweichung von **Grundsatz 3.IV** stellt sich nicht ausschließlich als Problem der Sprachinteraktion per se dar, sondern bezieht sich auf die in Kapitel 4.2.3 bereits thematisierte Herausforderung einer Überbelegung von Ausgabekanälen. Ein Beispiel hierfür ist die Unterbrechung von Navigationsansagen, sobald die fahrzeugführende Person eine Eingabesequenz über den Sprachassistenten initiiert. Während für visuelle Informationen eigene Anzeigeorte auf dem Display vorgegeben sind, sodass hier, unter Risiko einer visuellen Überforderung, mehrere Ausgaben parallel dargeboten werden können, ist dies über den auditiven Kanal nicht möglich. Hier wäre daher eine Priorisierung nach Informationsrelevanz noch einmal wichtiger, jedoch bedeutend schwieriger zu realisieren, wenn der Nutzende selbst zu einem ungünstigen Zeitpunkt eine neue Interaktion initiiert.

Positiv hervorzuheben ist in diesem Sinne jedoch, dass der Assistent aus Fahrzeug 3 keine Spracheingabe akzeptiert, wenn der Rückwärtsgang eingelegt ist und dem Fahrenden stattdessen rückgemeldet wird, dass dieser sich zunächst auf das Fahren konzentrieren solle. Ebenfalls positiv zu bewerten ist, dass die visuelle Darstellung der Ausgaben der Sprachassistenten keine fahrtrelevanten Informationen überlagert.

Cluster 4: Grundsätze für die Interaktion

Im Rahmen der Analyse wurden Abweichungen für die Grundsätze 4.II, 4.III, 4.IV und 4.VIII des Cluster 5 in Bezug auf die Sprachinteraktion beobachtet. Für die Gesteninteraktion waren alle Grundsätze des Clusters mit Ausnahme von Grundsatz 4.I und 4.VII nicht anwendbar (N/A), was jeweils auf den in den aktuellen Fahrzeugen zu geringen Interaktionsumfang zurückzuführen ist. Wie oben beschrieben, ließen sich über Gestik lediglich sehr einfache, kurze Interaktionen ausführen. Ebenfalls wurde festgestellt, dass sich Grundsatz

4.V nicht auf die Sprachinteraktion anwenden lässt, da die Bedienung nicht über haptische Bedienteile erfolgt. Eine Zusammenfassung über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für Cluster 4 zeigt Tab. 4-9.

Cluster 4: Informationsdarstellung		
Grundsätze	Sprachinteraktion	Gesteninteraktion
I. Der Fahrer sollte immer in der Lage sein, mindestens eine Hand am Lenkrad zu belassen, während er mit dem System in Interaktion tritt.	Keine Abweichung	Keine Abweichung
II. Das System sollte keine lange andauernden und nicht zu unterbrechen- den Ein-/Ausgabefolgen [erfordern]; ununterbrochene Ein-/Ausgabefol- gen sind nur über kurze Zeitspannen möglich.	Einzelne Abweichungen	N/A
III. Der Fahrer sollte eine unterbrochene Ein-/Ausgabefolge mit dem Sys- tem an der Stelle fortsetzen können, an der die Ein-/Ausgabefolge zuvor unterbrochen wurde, oder an einer anderen logisch denkbaren Stelle wie- der aufnehmen können.	Häufige Abweichungen	N/A
IV. Der Fahrer sollte das Tempo der Ein-/Ausgabefolgen mit dem System selbst bestimmen können. Insbesondere sollte das System den Fahrer nicht veranlassen, Eingaben unter Zeitdruck vorzunehmen.	Häufige Abweichungen	N/A
V. Die Bedienteile des Systems sollten so gestaltet werden, dass sie ohne Beeinträchtigung der für das Führen des Fahrzeugs erforderlichen pri- mären Bedienteile verwendet werden können.	N/A	N/A
VI. Der Fahrer sollte die Lautstärke auditiver Informationen steuern kön- nen, wenn diese eine Ablenkung bedeuten können.	Keine Abweichung	N/A
VII. Die Reaktionen des Systems (Rückmeldungen, Bestätigungen usw.) nach Fahrereingaben sollten zeitnah und deutlich wahrnehmbar erfolgen.	Keine Abweichung	Keine Abweichung
VIII. Systeme, die keine sicherheitserheblichen visuellen Informationen ausgeben, sollten in eine Betriebsart geschaltet werden können, in der der Fahrer nicht mit den betreffenden Informationen konfrontiert wird.	Einzelne Abweichungen	N/A

Tab. 4-9: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESOP Cluster 4 „Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Für **Grundsatz 4.II**, der die Unterbrechbarkeit von Ein-/Ausgabefolgen behandelt, findet sich für den Sprachassistenten des dritten Fahrzeuges eine Abweichung. Während der Tests ermöglichte es dieser nicht, dass die Ausgabe von Antworten vom Fahrenden unterbrochen wird. Das zugrunde liegende Problem war, dass die Lenkradtaste, über welche eine Ausgabe unterbrochen werden kann, anfänglich nicht individuell mit dieser Funktion für den Sprachassistenten belegt worden war. Ohne diese personalisierte Funktionszuwei- sung kann die Sprachausgabe jedoch nicht unterbrochen werden, was eine Abweichung

vom Grundsatz 4.II bedeutet. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass eine Abweichung nach entsprechender personalisierter Einrichtung entsprechend nicht mehr vorliegt.

Des Weiteren wurde eine Abweichung von **Grundsatz 4.III** festgestellt. Grundsatz 4.III fordert, dass eine unterbrochene Interaktion an einer logisch nachvollziehbaren Stelle fortgesetzt oder dort wieder aufgenommen werden kann, wo sie zuvor pausiert wurde. In keinem der untersuchten Fahrzeuge war dies für die Sprachsteuerung möglich. Obwohl die fahrzeugführende Person bei dem (visuell angezeigten) Systemstand blieb, an dem die Interaktion unterbrochen wurde, hatte keiner der Sprachassistenten ein Gedächtnis für den dort präsentierten Inhalt. Dadurch war eine anschließende Bezugnahme auf den vorherigen Inhalt nicht möglich. So war es beispielsweise in keinem Fahrzeug möglich, nachdem die Interaktion entweder vom Fahrenden selbst oder durch ein Zeitlimit des Sprachassistenten abgebrochen wurde, eine zuvor vorgeschlagene Zieladresse auszuwählen. Folglich musste die Interaktion neu begonnen oder aber auf eine andere Modalität (manuelle Auswahl) gewechselt werden. Da Sprachinteraktionen jedoch im Vergleich zur visuell-manuellen Interaktion im Allgemeinen zu kürzeren Interaktionszeiten und geringeren Beeinträchtigung der Fahrzeugkontrolle führen (siehe z.B. Tsimhoni, et al., 2004), ist die beobachtete Abweichung in diesem Kontext als weniger kritisch als im Falle anderer Eingabemodalitäten einzustufen.

Positiv hervorzuheben ist, dass es mit Ausnahme des Assistenten im ersten Fahrzeug möglich war, während einer laufenden, mehrschrittigen Interaktion über dieselbe Modalität – sprich durch Sprachbefehle – auf den durch den Sprachassistenten akustisch und visuell präsentierten Inhalt mit einem weiteren Sprachbefehl zu reagieren. Wenn beispielsweise für einen Kontakt mehrere Telefonnummern gespeichert waren, werden diese angezeigt, und es wird gefragt, welche gewählt werden solle. Die fahrzeugführende Person kann dann basierend auf den Optionen, die der Sprachassistent bietet, auswählen. Ähnlich verhält es sich bei der Eingabe einer Adresse für die Navigation: Es wurde eine nummerierte Liste möglicher Ziele präsentiert, nachdem der Fahrende z.B. „Navigiere zum Roder Weg“ anfragte. Der fahrzeugführenden Person wird anschließend angeboten basierend auf der Nummerierung der gefundenen Adressen das korrekte Ziel auszuwählen. Dies erlaubt es der fahrzeugführenden Person, eine Interaktion von Beginn bis zum tatsächlichen Ziel der Interaktion (z.B. der Bestätigung des Startens der Zielführung) als Sprachinteraktion auszuführen. Analog steht in den Fahrzeugen der Weg über eine mehrschrittige manuelle Eingabe, meist über den Touchscreen, zur Verfügung.

Von **Grundsatz 4.IV** wird für die Ergebnisse der Analyse abgewichen, da Sprachinteraktionen immer mindestens teilweise systemgesteuert sind. Als Beispiel hierfür zu nennen ist, wenn Fahrende mit ihren eigenen akustischen Eingaben bis zum Ende der Ausgabe des Sprachassistenten warten müssen, auch, wenn deutlich früher eine Entscheidung der fahrzeugführenden Person gefallen war. Zu berücksichtigen ist, dass dies nur bei Fahrzeug 3 der Fall war. Beim Sprachassistenten in Fahrzeug 2 konnte eine akustische Eingabe auch während der noch aktiven Ausgabe erfolgen. Eine manuelle Auswahl über den Touchscreen ist parallel zur Ausgabe des Sprachassistenten jedoch in beiden Fahrzeugen möglich. Es sollte beachtet werden, dass die Interaktion über Sprache ab dann jedoch abgebrochen wird und die gleichen Kriterien wie in Grundsatz 4.III gelten.

Des Weiteren führte in einem Fahrzeug ein falsch erkannter Befehl zu einem ungewollten Anruf, da keine weitere Bestätigung für die Ausführung benötigt wurde. Sprachinteraktionen können daher, obwohl häufig unmittelbarer zielführend durch die Umgehung

komplexer Menüstrukturen, aus Fahrersicht teilweise mit Wartezeiten bei Ausgaben oder in anderen Fällen zu stark systemkontrolliert sein.

In Fahrzeug 2 war es möglich, die visuelle Animation des Sprachassistenten individuell anzupassen (siehe Bild 4-7:). Im Gegensatz dazu wurde der Assistent im dritten Fahrzeug so gestaltet, dass auch abseits einer Nutzung durchgehend Animationen angezeigt wurden. Anders als in Fahrzeug 2 ließ sich diese Animation nicht durch den Fahrenden anpassen, was eine Abweichung von **Grundsatz 4.VIII** für dieses Fahrzeug darstellen könnte. Zu beachten ist jedoch, dass der Assistent wie bereits angesprochen (siehe Entwicklungsziel III) im direkten Blickbereich nach außen auf dem Dashboard positioniert ist, und nicht, wie in Fahrzeug 2, in einzelnen Displays visualisiert wird.



Bild 4-7: Visuelle Animation des Sprachassistenten in Fahrzeug 2. Links die reduzierte Variante und rechts die ausdrucksstarke Variante.

Cluster 5: Grundsätze für das Systemverhalten

Für das letzte Cluster des ESoP werden alle Grundsätze, bis auf den ersten, für die Sprachinteraktion als nicht anwendbar bewertet (siehe Tab. 4-10). Die Begründung dafür besteht darin, dass Sprache hauptsächlich als Eingabemodalität dient. Die Ausgabemodalität entspricht hingegen häufig der manueller Eingaben. Daher wurden diese Grundsätze nicht spezifisch für die Sprachinteraktion bewertet. Die Anwendung der Grundsätze auf die Gesteninteraktion war ebenfalls nicht möglich, was jedoch dem begrenzten Interaktionsumfang geschuldet ist.

Cluster 5: Systemverhalten		
Grundsätze	Sprachinteraktion	Gesteninteraktion
I. Während sich das Fahrzeug in Bewegung befindet, sollten für das Führen des Fahrzeugs nicht erhebliche Informationen, die den Fahrer erheblich ablenken könnten, automatisch ausgeschaltet oder so ausgegeben werden, dass der Fahrer sie nicht sieht.	(Häufige Abweichungen)	N/A
II. Das Systemverhalten sollte keine Anzeigen bzw. Bedienteile stören, die für das Führen des Fahrzeugs benötigt werden oder für die Sicherheit des Straßenverkehrs von Bedeutung sind.	N/A	N/A

III. Die Interaktion mit Systemfunktionen, die nicht zur Nutzung durch den Fahrer während der Fahrt vorgesehen sind, sollte unmöglich gemacht werden, solange sich das Fahrzeug in Bewegung befindet; wenn dies nicht möglich ist, sollte zumindest in unmissverständlicher Weise vor entsprechenden nicht erwünschten Interaktionen gewarnt werden.	N/A	N/A
IV. Dem Fahrer sollen Informationen zum aktuellen Status sowie zu sämtlichen Systemstörungen angezeigt werden, die sicherheitsrelevante Auswirkungen haben könnten.	N/A	N/A

Tab. 4-10: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESoP Cluster 5 „Systemverhalten“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Abweichungen für den ersten Grundsatz konnten in jedem der untersuchten Fahrzeuge festgestellt werden. Diese Abweichungen ergeben sich aus dem Mangel einer Möglichkeit, die visuelle Komponente der Rückmeldung für Ein- und/oder Ausgabeinteraktionen deutlich zu reduzieren oder vollständig abzuschalten. Abhängig von der Länge dieser Interaktionen könnten die bereitgestellten Informationen für die fahrzeugführende Person ablenkend wirken. Während in Fahrzeug 2 und 3 zumindest die visuelle Ausgabe durch eine zusätzliche akustische Präsentation der Ausgaben potenziell ignoriert werden kann, bietet das erste Fahrzeug ausschließlich visuelle Rückmeldungen an den Fahrenden. Das Potential von Sprachinteraktionen, visuelle Ablenkung durch ein geringeres Ausmaß visueller Ausgaben zu reduzieren (siehe z.B. Liu, et al., 2023; Peissner, et al., 2011), wird hierdurch geschmälert.

4.3.2 Identifikation von Usability-Auffälligkeiten

Das ESoP fokussiert auf Mindestanforderungen an eine beeinträchtigungsfreie Ausführung der primären Fahraufgabe. Über den sicheren Mindeststand hinausgehende Aspekte der Usability werden von der Richtlinie bewusst offengelassen. Auch Frustration durch fehlende Interaktionsmöglichkeiten oder längere Interaktionen durch fehleranfällige Systeme können jedoch einen Einfluss auf die Folgen einer Beschäftigung mit nicht-fahrtrelevanten Funktionen haben (für eine Herleitung siehe Kapitel 2.3). Im Rahmen einer zusätzlichen Analyse wurden daher auch solche Auffälligkeiten gesammelt, die außerhalb des Geltungsbereiches des ESoP liegen. Diese Auffälligkeiten wurden Grundprinzipien der Usability zugeordnet, die auf den Heuristiken von Jakob Nielsen aus dem Jahr 1994 basieren. Eine Übersetzung der zehn Heuristiken nach Nielsen sind in Tab. 4-11 zusammengefasst.

Heuristik	Erklärung
Sichtbarkeit des Systemstatus	Das System sollte die Benutzer stets darüber informieren, was gerade passiert, durch angemessenes Feedback innerhalb einer vernünftigen Zeitspanne.
Übereinstimmung zwischen System und realer Welt	Das System sollte die Sprache der Benutzer sprechen. Verwende Wörter, Phrasen und Konzepte, die den Benutzern vertraut sind, anstatt internes Fachjargon zu verwenden. Folge den Konventionen der realen Welt, sodass Informationen in einer natürlichen und logischen Reihenfolge erscheinen.

Heuristik	Erklärung
Benutzerkontrolle und Freiheit	Benutzer führen oft versehentlich Aktionen aus. Sie benötigen einen klar gekennzeichneten „Notausgang“ (z.B. „Abbrechen“, „Rückgängig“), um die unerwünschte Aktion zu verlassen, ohne einen langen Prozess durchlaufen zu müssen.
Konsistenz und Standards	Benutzer sollten nicht darüber nachdenken müssen, ob verschiedene Wörter, Situationen oder Aktionen dasselbe bedeuten. Folge den Konventionen der Plattform und der Branche.
Fehlervermeidung	Gute Fehlermeldungen sind wichtig, aber das beste Design verhindert Probleme bereits im Vorfeld. Entweder sollten fehleranfällige Bedingungen eliminiert oder überprüft werden, und den Nutzenden sollte eine Bestätigungsoption angezeigt werden, bevor sie die Aktion ausführen.
Erkennung statt Erinnerung	Minimiere die Gedächtnisbelastung der nutzenden Person, indem du Elemente, Aktionen und Optionen sichtbar machst. Der Nutzende sollte sich keine Informationen von einem Teil der Benutzeroberfläche zum anderen merken müssen. Informationen, die zur Nutzung des Designs erforderlich sind (z. B. Feldbezeichner oder Menüpunkte), sollten sichtbar oder bei Bedarf leicht abrufbar sein.
Flexibilität und Effizienz der Nutzung	Shortcuts – die für unerfahrene Nutzende verborgen sind – können die Interaktion für erfahrene Nutzende beschleunigen, sodass das Design sowohl unerfahrene als auch erfahrene Nutzende ansprechen kann. Ermögliche es den nutzenden Personen, häufige Aktionen anzupassen.
Ästhetisches und minimalistisches Design	Benutzeroberflächen sollten keine Informationen enthalten, die irrelevant oder selten benötigt werden. Jede zusätzliche Information in einer Benutzeroberfläche konkurriert mit den relevanten Informationen und verringert deren relative Sichtbarkeit.
Hilfe bei Fehlern	Fehlermeldungen sollten in einfacher Sprache (keine Fehlercodes) formuliert sein, das Problem genau angeben und konstruktiv eine Lösung vorschlagen.
Hilfe und Dokumentation	Es ist am besten, wenn das System keine zusätzliche Erklärung benötigt. Es kann jedoch notwendig sein, Dokumentation bereitzustellen, um den Nutzenden zu helfen, ihre Aufgaben zu verstehen und abzuschließen.

Tab. 4-11: Übersicht der zehn Usability-Heuristiken nach Nielsen. Die deutsche Übersetzung basiert auf dem englischsprachigen Artikel von (Nielsen, 2024).

Sichtbarkeit des Systemstatus: Während der systematischen Analyse fiel auf, dass teilweise nur visuelle Rückmeldungen für bestimmte Systemgetriebene Auswahlsschritte erfolgten, wie z.B. die automatische Routenanpassungen des Systems nach dem Verpassen einer Auffahrt oder Kreuzung, wobei zusätzlich keine separate Fahrerbestätigung erforderlich war.

Übereinstimmung zwischen System und realer Welt: Wenn ein Spurwechsel oder Abbiegemanöver nach links initiiert wurde, erfolgte die Anzeige des Videobildes des Totwinkelassistenten nicht an der entsprechenden Position. Stattdessen wurde das Video stets auf dem Mittendisplays rechts vom Fahrenden angezeigt, womit die Informationsanforderung im Sinne einer zielführenden Lenkung der Aufmerksamkeit nicht ideal ist. Dieser Aspekt betrifft jedoch eher die Gestaltung eines FAS als die der hier im Fokus stehenden IVIS.

Benutzerkontrolle (und Freiheit): Fahrzeugführende Personen hatten in Fahrzeug 3 nur eingeschränkte Kontrolle über die gewünschten akustisch dargebotenen Informationen, da der Sprachassistent nicht deaktiviert werden konnte, ohne Systemausgaben generell stumm zu schalten. Insbesondere Navigationsansagen und Sprachassistent sollten daher nicht über dieselbe Steuerung verbunden sein, um Einschränkungen in der Priorisierung von Audioausgaben zu vermeiden. Zudem traten Zeitüberschreitungen bei Einstellung von Spiegel- oder Lenkradkonfigurationen auf, welche insbesondere bei erster Nutzung der Fahrzeuge eine erfolgreiche Einstellung im ersten Anlauf schwierig gestalten können. Eine grundlegende Einstellung sollte jedoch im Stillstand vor der ersten Fahrt erfolgen, wonach von einer Gewöhnung an das Bedienkonzept inklusive der dafür zur Verfügung stehenden Zeit für eventuelle Nachjustierungen während der Fahrt auszugehen ist.

Konsistenz (und Standards): In der Analyse wurden Beispiele einer nicht idealen Konsistenz festgestellt, die sich in einer nicht einheitlichen Abfolge von Menülabels oder Bedienelementen zur Lautstärkeeinstellung an unterschiedlichen Bedienorten (z.B. Display und darunterliegende Buttons) äußerte. Darüber hinaus trug die Überbelegung von Lenkradtasten zu einer aus Expertensicht teils mangelnden Konsistenz bei, da einige Tasten nicht beschriftet waren und ihre Funktion je nach geöffnetem Menü variierte.

Fehlervermeidung: Es war teilweise möglich, die Seitenspiegel bis zu einer Geschwindigkeit von ca. 40-50 km/h per Schnellwahlknopf auf dem Lenkrad einzuklappen. Die Zuweisung dieser Funktion zum Schnellwahlknopf ist eine individuelle Einstellung und kann das Risiko von Fehleingaben oder ungewollten Aktionen erhöhen, falls dem Fahrenden diese Einstellung nicht bewusst ist. Allerdings kann eine Korrektur ebenso zügig durch erneute Betätigung des Knopfes vorgenommen werden. Hinsichtlich der Fehlermeidung sei an dieser Stelle zudem erneut auf mögliche Missverständnisse bei Sprachinteraktionen verwiesen, die sich teilweise vor Ausführen der Aktion vom Fahrenden nicht mehr abbrechen ließen (z.B. ungewollte Anrufe). Eine Abwägung zwischen einer Vereinfachung der Bedienstrukturen und einer notwendigen Bestätigung durch die fahrzeugführende Person erscheint in diesem Kontext vor allem für fehleranfällige Bedienwege relevant.

Erkennung statt Erinnerung: Die Komplexität der Menüstruktur steigt generell mit der Zunahme an Funktionen. Zudem müssen Nutzende teilweise durch das Touchscreen-Menü navigieren, um Einstellungen wie z.B. Spiegel-, Lenkradposition oder auch Scheibenwischerkonfigurationen vorzunehmen. Basierend auf der Heuristik kann argumentiert werden, dass der Nutzende sich Ober- und Untermenüpunkte merken muss, um das Ziel zuverlässig zu erreichen. Insbesondere im Erstkontakt kann dies zu einem höheren Aufwand führen, um die Bedienstruktur wieder zu erkennen.

Zusammengenommen verdeutlichen diese Beobachtungen, dass über die Empfehlungen zur Einhaltung minimaler Gestaltungsgrundsätze hinaus durch die Berücksichtigung genereller Gestaltungsprinzipien das Potential besteht, eine insgesamt effizientere, effektivere und zufriedenstellendere Nutzererfahrung im Fahrzeug zu gewährleisten.

5 Ableitung von Anpassungsbedarf für das ESoP

Im Folgenden sollen die Ergebnisse, insbesondere die festgestellten Abweichungen von einzelnen Grundsätzen, hinsichtlich ihrer Bedeutung für eine Aktualisierung des ESoP und dessen aktuellen Umfang diskutiert werden. Die Analyse zeigt auf, dass trotz einzelner festgestellter Abweichungen die ESoP-Grundsätze in aktuellen Fahrzeugen größtenteils befolgt werden. Für die meisten der festgestellten Abweichungen ist zudem festzuhalten, dass aus diesen nicht zwangsläufig ein sicherheitskritisches Verhalten resultieren muss. Vor dem Hintergrund der oben diskutierten „Erheblichkeit“ von Ablenkungen ist in vielen der identifizierten Fälle davon auszugehen, dass mutmaßlich zwar eine ablenkungsoptimierte Gestaltung möglich wäre, andererseits jedoch nach Kriterien wie der Häufigkeit, Dauer und Intensität der angebotenen Reize eben auch keine erhebliche Ablenkung angenommen werden kann. Da das ESoP eher Mindestanforderungen an die Anordnung von Elementen und insbesondere auch an visuell-manuelle Interaktionen definiert, lässt sich grundlegend jedoch festhalten, dass eine Einhaltung des ESoP weiterhin einen wichtigen ersten Schritt hin zur Ermöglichung einer sicheren Ausführung der Primäraufgabe darstellt. Jedoch verdeutlichen einige Ergebnisse, dass dieser Schritt nicht der einzige bleiben sollte.

Die Basis der aktuellen Fassung des ESoP ist der Stand der Technik aus dem Jahr 2006. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Fahrzeugen von heute und solchen aus diesem Zeitraum liegt in der erheblichen Zunahme der Displaygröße sowie der Vielzahl an weiteren, nicht-fahrtrelevanten Funktionen, die moderne Fahrzeuge bieten. Darüber hinaus hat sich die Anzahl und Art der Interaktionsmöglichkeiten deutlich erweitert – von traditionellen Hardkeys zu größeren Touchscreens hin zu gestik- und sprachgesteuerten Systemen. Diese diversen Interaktionswege stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an die nutzende Person, was mutmaßlich eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Interaktionswege notwendig macht. Es scheint daher unerlässlich, die bestehenden Grundsätze im Licht dieser technologischen Fortschritte neu zu bewerten und gegebenenfalls anzupassen.

5.1 Empfehlung zur Überarbeitung bestehender Grundsätze

In den letzten zehn Jahren haben sich Touchscreens im Fahrzeug durchgesetzt und ermöglichen einen Zugriff auf eine Vielzahl von Informations- und Unterhaltungsfunktionen (siehe die Literaturübersicht von Krstacic, et al., 2024; Wang, et al., 2024). Die Größe der Bildschirme hat sich dabei stetig vergrößert, so sind diese von ehemals 5 Zoll als Standard über 7 Zoll bis zu 12 Zoll angewachsen, im Tesla findet sich z.B. sogar ein 17-Zoll-Display (Ma, et al., 2018). Die Anforderung, „[...] dass Anzeigen mit für das Führen des Fahrzeugs maßgeblichen Informationen sowie alle Anzeigen, bei denen eine lange andauernde Abfolge von Schnittstellenkontakten erforderlich ist, in einem Winkel von etwa 30° unter dem Blickwinkel der normalen Geradeaussicht des Fahrers angeordnet werden“ (Europäische Kommission, 2008), ist mit den gewachsenen Displaygrößen heutzutage nicht mehr einzuhalten. Erschwerend wirkt sich hier insbesondere aber die Anordnung

von Elementen auf den Displays aus: Bei größeren und nach unten hin verlängerten Mittendisplays sind die Tastaturen für Navigationseingaben oder Suchfunktionen häufig im unteren Teil des Bildschirms angeordnet und liegen damit klar außerhalb des empfohlenen 30° Sichtwinkels.

Auch die maximale vertikale Ausrichtung der Displays hat sich deutlich verändert. Während der Testung fiel auf, dass die äußeren Kanten der größeren Mittendisplays von den Testern nicht immer ohne ein leichtes nach vorne Lehnen erreichbar waren. Nach Stevens und Cynk (2011) sollten Streckungen oder Oberkörperbeugung, sowie ungünstige Arm- oder Körperhaltungen nicht erforderlich sein. Bubba, et al. (2015) verweisen darauf, dass ein Touchscreen, wenn er im optimalen Greifraum der fahrzeugführenden Person angebracht ist, im Gegenzug eine zu große Blickabwendung verursacht. Befindet sich der Touchscreen hingegen in einem günstigen Blickwinkel, kann er nur durch Vorbeugen und Strecken des Arms erreicht werden. Eine derart ergonomisch ungünstige Positionierung hat laut den Autoren während der Fahrt zudem den Nachteil, dass eine zielgerichtete Bedienung, u.a. aufgrund von Schwingungseinflüssen, nicht immer gewährleistet ist. Erweiterte Displaygrößen sollten daher im Falle einer Überarbeitung der ESoP-Grundsätze in ihrer Funktion als Eingabe- und Ausgabemedium gleichermaßen berücksichtigt werden. Sinnvoll erscheint mindestens ein Aufgreifen hinsichtlich der Positionierung von Eingabe- und Ausgabepositionen unter Berücksichtigung ergonomischer Erreichbarkeit und optimierten Blickwinkeln, z.B. als Ergänzung zu Grundsatz 2.IV.

Aus der flexiblen Anordnung der Ein- und Ausgabefelder auf Touchscreens ergibt sich auch die Möglichkeit einer auf Nutzerseite einfachen Integration verschiedenster weiterer Funktionen in das bordeigene Interaktionskonzept, die häufig über fahrtrelevante IVIS hinaus gehen. Im Rahmen der exemplarischen Analyse waren beispielsweise Funktionen wie mitlaufender Text für Karaoke, das Abspielen einer Videoaufnahme vorheriger Fahrsituationen oder die Nutzung des Internetbrowsers während der Fahrt möglich. Die Nutzung dieser Funktionen während der Fahrt widerspricht jedoch einigen grundlegenden Entwicklungszielen des ESoP: Insbesondere Entwicklungsziel III („Das System lenkt nicht ab und dient nicht zur visuellen Unterhaltung des Fahrers.“) formuliert Entscheidungskriterien dafür, ob ein System während der Fahrt überhaupt verfügbar sein sollte. Auch Entwicklungsziel I fordert, dass das System die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen oder zumindest nicht beeinträchtigen sollte (Europäische Kommission, 2008), wovon auf Grund der Darstellungsweise exemplarischer Inhalte nicht durchgehend ausgegangen werden kann. Da die hier dargestellten Informationen z.B. nicht mit wenigen Blickkontakten erfassbar sind und die Geschwindigkeit der Darstellung vom Fahrenden nicht selbst gesteuert werden kann, sind diese Funktionen mindestens auch vor dem Hintergrund von Grundsatz 5.I kritisch zu diskutieren (Europäische Kommission, 2008).

Neuere Richtlinien wie die der NHTSA (2013) enthalten konkrete Beispiele und Testkriterien für Aufgaben, die als ungeeignet zur Ausführung während der Fahrt angesehen werden. Ein per se Lock-out gilt beispielsweise für manuelle Texteingaben zum Verfassen von Textnachrichten oder bewegte sowie statische Bilder, die keinen Bezug zur Fahraufgabe haben. Dabei wird unterschieden zwischen Aufgaben, die der Fahrende selbst nicht ausführen sollte, und solchen, die auch mitfahrende Personen nicht ausführen können sollten, wenn die Ausgabe für die fahrzeugführende Person sichtbar ist (z.B. Video; siehe dazu auch Beispiele zu den Grundsätzen für das Systemverhalten im ESoP). Zu den konkreten Kriterien und Dimensionen, die zum Ausschluss einer Funktion führen sollten, gab es dabei im Rahmen der Diskussionen zu den NHTSA-Richtlinien durchaus unterschiedlichste Meinungen und kritische Stimmen.

Neben der NHTSA (2013) legt jedoch auch Google (2024) für Android Auto fest, dass das System keine unnötigen und potenziell gefährlichen Aktivitäten wie Spiele oder auch das Surfen im Internet zulassen sollte. Laut Google sind solche Aktivitäten unzulässig, die den Fahrenden sehr stark einbinden und das Situationsbewusstsein für die Fahraufgabe dadurch kritisch beeinträchtigen. Auch wird festgelegt, dass für die Fahraufgabe irrelevante bewegte Inhalte vermieden werden sollten, da Videos, Animationen und automatisch scrollender Text fahrzeugführende Personen dazu verleiten können, längere Zeit den Blick von der Straße abzuwenden. Somit bestehen inhaltlich starke Bezüge zur Auswahl der NHTSA-Richtlinien.

Im Allgemeinen unterschätzen Fahrende zudem den Grad an Ablenkung und wenden sich während der Fahrt verfügbaren Tätigkeiten zu (White, et al., 2004), was ein Argument für eine Kriterien-basierte Einschränkung des Funktionsangebotes darstellen könnte. Im Hinblick auf anderweitige Festlegungen zu per se Lock-outs und bekannten Einflüssen konkreter Tätigkeiten oder Risikofaktoren auf die Fahrsicherheit sollte daher überlegt werden, ob derartige Systeme bzw. Aufgaben, wie durch die NHTSA (2013) geschehen, nicht spezifischer adressiert werden könnten oder die Richtlinien um weitere konkrete Beispiele ergänzt werden sollten. Auch die Festlegung eines Testprotokolls, wie es die NHTSA (2013) zur Ermittlung ablenkender Aufgaben vorschlägt, wäre eine mögliche Vorgehensweise.

Hinsichtlich einer systemseitigen Einschränkung von Funktionen gilt es jedoch abzuwägen, inwiefern diese tatsächlich einen Verzicht von fahrzeugführenden Personen hinsichtlich der angestrebten Zuwendung zu bestimmten Nebentätigkeiten bewirkt. Durch das Ausweichen auf andere, nicht-regulierte Geräte könnte der intendierte positive Effekt eines Funktionsausschlusses konterkariert werden. Die Option eines per se Lock-outs sollte daher maßvoll angewendet werden. Andererseits sollte der Fahrende nicht durch die Systemgestaltung dazu motiviert werden, mit der primären Fahraufgabe schlecht vereinbare Tätigkeiten auszuführen (z.B. durch das Angebot von Spielen auf dem Touchscreen) oder durch einfachen Zugriff eine häufigere Ausführung von ablenkungskritischen Interaktionen in Betracht ziehen. Zudem ist die Möglichkeit eines Hinweises, wie beispielhaft für die Funktion Karaoke in Fahrzeug 1, für entsprechende Funktionen in Betracht zu ziehen, wie es das ESoP auch bereits in den Grundsätzen zum Systemverhalten formuliert. Die Abwägung bezüglich inzwischen verfügbarer Fremdgeräte und eines restriktiven Funktionsangebots könnte jedoch auf Grund der Möglichkeiten zur Anbindung von Fremdgeräten mit höherer Priorität adressiert werden.

Relevant für eine systemseitige Einschränkung von Funktionen ist auch, dass für den europäischen Markt durch Zulassungsanforderungen inzwischen auf weitere Möglichkeiten zurückgegriffen werden kann, um Fahrerablenkung zu adressieren. Fahrerbeobachtungssysteme (engl. Driver Monitoring Systems, DMS) detektieren die visuelle Abwendung von fahrtrelevanten Bereichen. Wenn definierte Abwendungszustände erkannt werden, geben die Systeme eine Warnung aus, die den Fahrenden auffordert, sich wieder auf die Fahraufgabe zu konzentrieren (Europäische Kommission, 2019; Koniakowsky, et al., 2025). DMS als die Fahrsicherheit steigernde Systeme sind seit 2024 Pflichtbestandteil von Neuwagen in der EU (Advanced Driver Distraction Warning, ADDW; Europäische Kommission, 2019) und auch Bestandteil des Bewertungsprotokolls von Euro NCAP (2022). DMS sind außerdem eine erwiesene wirksame Strategie, um fahrzeugführende Personen bei Nutzung von FAS auf einem ihrer Überwachungsaufgabe angemessenen Aufmerksamkeitsniveau zu halten (Josten, et al., 2023).

Eine Neuauflage des ESoP sollte daher auch DMS als Standardausstattung heutiger Fahrzeuge mitberücksichtigen bzw. ihr Zusammenspiel mit der Gestaltung von IVIS adressieren. Durch die Überwachung von Anforderungen an die visuelle Aufmerksamkeitsverteilung reduziert sich die Wahrscheinlichkeit dafür, dass fahrzeugführende Personen sich während der Fahrt längerfristig in unzulässiger Weise (visuellen) Sekundärtätigkeiten zuwenden (siehe z.B. European New Car Assessment Programme, 2022). Daraus ergibt sich im Sinne der Kundenzufriedenheit jedoch der Auftrag an Hersteller, im eigenen Interesse eine kompatible Gestaltung verschiedener bordeigener Funktionen mit den Anforderungen des DMS anzustreben. Nur so ließen sich effektiv Warnungen durch die Nutzung bordeigener Systeme vermeiden. Dieser Aspekt betrifft auch eine kompatible Gestaltung von laut DMS zulässigen Blickzuwendungsorten und Anzeigen im Fahrzeug, um Bereiche zu meiden, die für Aufmerksamkeitswarnungen relevant sind.

Neben der Vielzahl nicht-fahrtrelevanter Funktionen fallen in den analysierten Fahrzeugen insbesondere lange Auflistungen von Radiosendern, Favoriteneinstellungen, sowie eine hohe Textdichte (z.B. durch während der Fahrt verfügbare Benutzerhandbücher) und in der generellen Rasteransicht von Menüpunkten eine hohe Informationsdichte auf. Die jeweiligen Interaktionen sind für diese Fälle zwar leicht unterbrechbar, was konform mit Grundsatz 4.II des ESoP ist, allerdings ist zu hinterfragen, ob dies ein hinreichendes Kriterium einer guten und sicheren Gestaltung darstellt. Auch hier könnte die Verknüpfung mit weiteren Indikatoren für eine Einschätzung hilfreich sein. So werden auch kurze, aber mehrfache Abwendungen durch Euro NCAP als eine Ablenkung definiert, welche die Fahrerkontrolle verringert (European New Car Assessment Programme, 2022). Die NHTSA (2013) definiert zudem, neben anderen Indikatoren, 12 Sekunden als die maximal zulässige kumulierte Zeit einer Blickabwendung zur Bearbeitung einer Aufgabe.

Ebenfalls zu diskutieren ist eine kontinuierliche dynamische Darstellung der Umgebung in Form von Visualisierungen oder Videos, insbesondere dann, wenn eine solche Darstellung keine sicherheitserheblichen Informationen beinhaltet und durch den Fahrenden nicht anpassbar ist (siehe Grundsatz 4.VIII). Von einem automatischen Bildlauf rät das ESoP auch heute bereits ab (siehe Grundsatz 5.1). Neben dem Beispiel eines Videos der vorausliegenden Fahrszenarie werden teilweise auf dem Mitten- oder Kombidisplay alle von der Sensorik in der Umgebung detektierten Elemente als Animation dargestellt. Auch wenn einzelne Elemente an sich jeweils als fahrtrelevant (und damit sicherheitserheblich) zu betrachten sind, werden dabei auch solche Elemente dargestellt, die keinen informatorischen Mehrwert für die aktuell ausgeführte Fahraufgabe beinhalten (z.B. Fahrzeuge auf räumlich getrennter Gegenfahrbahn auf einer Autobahn). Das ESoP argumentiert, dass, da „[...] die dynamische Darstellung nicht sicherheitserheblicher Informationen eine unannehmbare Ablenkung beim Führen des Fahrzeugs zur Folge haben kann, [...] der Fahrer die Darstellung der betreffenden Informationen ausschalten können [sollte]“ (Europäische Kommission, 2008, S. 22). Hieraus ließe sich mindestens ableiten, dass der fahrzeugführenden Person die Hoheit über die präsentierte Informationsdichte solcher zusätzlichen Informationen obliegen sollte. Auf Basis der im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Recherche bleibt jedoch unklar, ob oder wann animierte Darstellungen auch solcher für den Fahrenden direkt durch die Windschutzscheibe erfassbaren Informationen eine Einschätzung rein basierend auf indirekter (Sensor-)Sicht fördern könnten, sowie welche Vor- oder Nachteile der Wechsel von direkter zu indirekter Sicht für die Fahrzeugführung bietet. Im Kontext der Darstellung der „Sehfähigkeiten“ von Sensoren für FAS könnten diese Darstellungen z.B. nützlich sein, um der fahrzeugführenden Person einen Einblick in die aktuelle Zuverlässigkeit der Sensorik zu geben. In diesem Anwendungsfall wären diese Informationen

zudem unmittelbar fahrtrelevant. FAS sind jedoch momentan kein Bestandteil des ESoP. Die allgemeinen Auswirkungen solcher Darstellungen sollten daher über dieses Projekt hinaus bewertet werden, um deren Effekte sowie Auswirkungen auf das ESoP besser einschätzen zu können.

Weiterführende Analysen zur Prüfung der Aufmerksamkeitsverteilung von Fahrenden oder die Entwicklung von Strategien für gutes Informationsmanagement erscheinen auch dahingehend sinnvoll, dass perspektivisch weitere Systeme (z.B. DMS, FAS) neben IVIS-Funktionen auf dieselben Anzeigeorte zurückgreifen und in Touchscreens integriert werden. Vor diesem Hintergrund könnte über eine Erweiterung des Geltungsbereiches des ESoP nachgedacht werden, um die zunehmende Komplexität und Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Systemen zu adressieren. Dies könnte z.B. in Form eines Kapitels zum Informationsmanagement im Gesamtfahrzeug erfolgen. Eine weiterhin rein isolierte Betrachtung von IVIS könnte hingegen wichtige Wechselwirkungen mit zunehmend zahlreichen Systemen im Fahrzeug übersehen.

Basierend auf den Ergebnissen der Analyse scheint zuletzt auch die differenziertere Betrachtung von Systemzeitüberschreitungen sinnvoll (siehe Grundsatz 4.IV in Kapitel 4.2.4). In allen drei Fahrzeugen wurde in Einzelfällen nach einer gewissen Zeitspanne eine automatische Auswahl für den Nutzenden getroffen, z.B. nach Zieleingabe im Navigationssystem. Ein durch das System bedingter, zeitlicher Handlungsdruck auf die fahrzeugführende Person entsteht hier jedoch, je nach konkreter Funktionsgestaltung, nicht zwangsläufig. Der vom System initiierte Auswahlsschritt, z.B. einer Routenoption nach vordefinierten Kriterien, ist häufig eher als Komforteinstellung anstatt als Abweichung vom ESoP zu bewerten, zumal dieser häufig durch eine einfache Korrektur (maximal drei Interaktionsschritte) vom Fahrenden rückgängig gemacht werden kann. Eine automatische Routenauswahl nach Zieleingabe ist daher eher positiv zu bewerten, da sie Interaktionsschritte reduziert und das Interaktionserlebnis verbessert. Anders zu bewerten wäre der Fall, in dem die fahrzeugführende Person nach ausbleibender Bestätigung der Zieladresse ohne Rückfrage an den Beginn der Interaktion zurückgesetzt wird (siehe exemplarisches Beispiel für Fahrzeug 3). In diesem Fall muss der Fahrende die manuelle Interaktion (hier: Adresseingabe) von Beginn an erneut durchführen, was zu längeren Interaktionszeiten führt. Eine systemgesteuerte Auswahl nach einer gewissen Wartezeit erscheint in Interaktionen dann sinnvoll, wenn dadurch kein Handlungsdruck auf den Fahrenden ausgeübt wird und dieser bei seiner Zielerreichung unterstützt wird (z.B. durch die Reduzierung der Interaktionsschritte). Positivbeispiele für das Mittel systemgesteuerter Ein- und Ausgabefolgen könnten auf Basis der Beispiele eventuell differenzierter betrachtet werden, um Kosten und Nutzen abzuwägen. Dies fügt sich in die Empfehlung eines Verweises des ESoP auf generelle Usability Prinzipien ein.

5.2 Empfehlung möglicher Erweiterungen

Eine mögliche Lösung, um die häufig thematisierte visuelle Ablenkung bei Koordination von Eingaben oder durch visuelle Informationsdarbietung zu reduzieren, ist die Erweiterung der Interaktionsmodalitäten. Das Angebot einer Sprach- oder Gesteninteraktion sind eine Möglichkeit, um auch bei selbstgewählten Interaktionen den benötigten Aufmerksamkeitsbedarf der fahrzeugführenden Person besser mit der jeweiligen Verkehrssituation zu vereinbaren. Dies gilt insbesondere, da beide Interaktionsmodalitäten die visuellen Ressourcen entlasten, welche durch die Fahraufgabe besonders beansprucht werden (z.B. Tsimhoni, et al., 2004; Graichen, et al., 2020). Wie in Kap. 2.4 dargestellt, liegen

inzwischen belastbare Erkenntnisse vor, die den Einsatz von Sprachinteraktionen im Fahrzeug als ablenkungsärmere und als weniger beeinträchtigende Interaktionsstrategie für die Fahrzeugkontrolle sinnvoll erscheinen lassen. Auch hier gilt es für eine gelungene Umsetzung jedoch Gestaltungshinweise zu berücksichtigen (siehe z.B. die Richtlinien von Nguyen & Falkengren, 2019; Campbell, et al., 2016; ISO/IEC 4944:2024). Diese werden hinsichtlich einer Integration in das ESoP im Folgenden im Zusammenhang mit exemplarischen Fallbeispielen und Ergebnissen der Literaturrecherche diskutiert.

Sprachinteraktionen benötigen im Vergleich zur Interaktion über Touchscreens geringere Zeiten für die Aufgabenerledigung (Tsimhoni, et al., 2004), sodass diese basierend auf den Anforderungen des aktuellen ESoP (z.B. Anzahl der einzelnen Eingaben < 5 Tastendrucke, Dauer der Eingabe aus Grundsatz 4.IV) nicht zwingend unterbrechbar gestaltet sein müssten. Allerdings kann sich auch für diese Modalität die Interaktion über mehrere Schritte erstrecken oder aber das System eine längere Ausgabefolge erzeugen (z.B. bei Ausgabe eines Rezeptes). Eine solche Interaktion sollte für den Fahrenden jederzeit über Sprache oder manuell unterbrechbar sein, zudem sollte die Möglichkeit zu unterbrechen nachvollziehbar und eindeutig erkennbar sein (siehe für ähnliche Anforderungen an Interaktionen z.B. auch ISO/IEC 4944:2024; Nielsen & Molich, 1990; Nielsen, 2024).

Die Kontrolle über die Interaktion zu behalten, inklusive der Option, die Interaktion zu beenden, ist auch im Hinblick auf die Fehleranfälligkeit von Sprachinteraktion für den Fahrenden relevant. Die technologische Herausforderung, gesprochene Worte von Umgebungsgeräuschen im Fahrzeug effektiv zu isolieren, ist inzwischen technisch gut gelöst (Bubb, et al., 2015). Darüber hinaus ist es jedoch erforderlich, eindeutig zwischen Sprachbefehlen, die an den Sprachassistenten gerichtet sind, und Gesprächen zwischen Insassen zu unterscheiden (Bubb, et al., 2015). Dies stellt in den exemplarisch untersuchten Fällen teilweise noch ein Problem dar. Problematisch ist dies insbesondere, wenn eine Aussage an mitfahrende Personen fälschlich als Aufforderung an den Sprachassistenten verstanden wird und dazu führt, dass die fahrzeugführende Person unter Druck gesetzt wird zu handeln. Dies war exemplarisch z.B. durch die Auslösung eines ungewollten Telefonanrufes in Fahrzeug 3 der Fall. Zu empfehlen wäre daher eine Bestätigung durch den Fahrenden, bevor eine Aktion ausgelöst wird. Campbell, et al. (2016) empfehlen ebenfalls, dass Interaktionen vom Fahrenden selbst gesteuert werden sollten. Dies ermögliche es der fahrzeugführenden Person, die sichere Steuerung des Fahrzeugs über eine Reaktion auf das System zu priorisieren. Zu diskutieren wäre daher auch, welche Systeme durch Spracheingaben ansteuerbar sein sollten. Für Interaktionen mit direkten Auswirkungen auf die primäre Fahrtätigkeit, auch im Zusammenspiel mit FAS zur Abstands- oder Geschwindigkeitsregelung, wäre das Prinzip der Kontrollierbarkeit bzw. die Vermeidung von Fehlern nochmals deutlicher hervorzuheben. Eine Erweiterung von z.B. Grundsatz 4.II und 4.IV wäre bei Einbezug von Sprachinteraktionen für IVIS zu empfehlen, während für FAS außerhalb des ESoP mutmaßlich noch weitere Aspekte diskutiert werden sollten.

Für Sprachassistenten, die eine Interaktion mit natürlicher Sprache ermöglichten, konnte im Test auch direkt auf Informationen referenziert werden, die visuell als Ergebnis des vorherigen Interaktionsschrittes dargestellt wurden. Wurde eine Sprachinteraktion nicht innerhalb eines definierten Zeitraumes weitergeführt, verblieb die Anzeige an dieser Stelle. Eine Aufnahme der Interaktion war dann jedoch nicht mehr in gleicher Weise möglich wie im Rahmen einer direkt fortgesetzten Sprachinteraktion, da keiner der Assistenten ein Gedächtnis bezüglich der aktuell angezeigten Inhalte auf dem Display hatte, nachdem die ursprüngliche Interaktion unterbrochen wurde. Ein Modalitätswechsel (manuelle Eingabe) oder aber eine Sprachinteraktion ab ursprünglicher Anfrage waren exemplarische

Lösungen. Die Richtlinien von Nguyen und Falkengren (2019) für die Sprachinteraktion betonen die Bedeutung der Möglichkeit, Interaktionen später an einem inhaltlich logischen Punkt fortzusetzen oder mit minimalem Aufwand zum vorherigen Interaktionsstatus zurückzukehren. Diese Anforderungen ähneln denen des ESoP für visuell-manuelle Interaktionen (Grundsatz 4.III). Bei einer in Betracht gezogenen Erweiterung auf mehrere Eingabemodalitäten sollte mit Blick auf die exemplarischen Erkenntnisse (siehe z.B. auch Entwicklungsziel V in Kapitel 4.3.1) grundsätzlich berücksichtigt werden, dass die fahrzeugführende Person so lange wie möglich selbst wählen können sollte, welchen Interaktionsweg er in der aktuellen Situation für angemessen hält. Fahrende sollten vom System nicht gezwungen werden vor Erreichen des Interaktionsziels die Interaktionsmodalität zu wechseln. Ist ein Modalitätswechsel nötig, sollte dieser an einer hinsichtlich der dafür nötigen Aufmerksamkeit sinnvoll gewählten Stelle geschehen und dem Fahrenden eindeutig vermittelt werden. Ein solcher Gestaltungsgrundsatz würde Aspekte aus bereits bestehenden Entwicklungszielen (insbesondere Ziele I und II) sowie Grundsätzen aufgreifen, z.B. bezüglich der logischen Fortsetzung von Interaktionen. Eine Empfehlung, keine unerwünschten Modalitätswechsel zu erzwingen, erscheint daher sinnvoll, da sie eine benutzerfreundliche Nutzung unterstützt und gleichzeitig eine konsistente sowie kontinuierliche Benutzererfahrung über verschiedene Modalitäten hinweg fördert.

Das ESoP fordert eine Priorisierung von Informationen mit höherer Sicherheitsrelevanz. Bereits ohne Berücksichtigung zusätzlicher sicherheitsrelevanter Informationen von parallel aktivierten Assistenzsystemen oder der Möglichkeit über Spracheingaben zu interagieren, zeigte sich in einem der Fahrzeuge jedoch exemplarisch das Problem einer Priorisierung bei umfassenden akustisch präsentierten Informationen. Wird nun berücksichtigt, dass z.B. ein DMS, FAS und der Sprachassistent ebenfalls über den auditiven Kanal mit der fahrzeugführenden Person kommunizieren, gewinnt eine Priorisierung von Informationen an Relevanz. Die Priorisierung von Informationen insbesondere von Systemen, die auf akustische Informationen zurückgreifen, sollte mindestens mit entsprechenden Beispielen in einer Überarbeitung adressiert werden, um das Bewusstsein für mögliche Priorisierungskonflikte zu fördern.

Zusammenfassend erscheint vor dem Hintergrund der zitierten Ergebnisse zur visuellen und kognitiven Ablenkung, aber auch durch die aktuell bereits gegebene Verbreitung von Sprachassistenten in Fahrzeugen, eine Erweiterung der aktuellen Richtlinien insbesondere auf Sprachinteraktion angemessen. In früheren Kapiteln zitierte Erkenntnisse könnten im Rahmen einer Überarbeitung des ESoP nun aufgegriffen werden, um sicherzustellen, dass eine Sprachinteraktion angemessen gestaltet ist und kein gegenteiliger Effekt im Sinne weiterer Ablenkung erzielt wird. Neben der angemessenen Gestaltung der Gesprächsvisualisierung sollte dazu auch die Gestaltung des Sprachassistenten selbst kein unangemessenes Ausmaß an Aufmerksamkeit auf sich ziehen (z.B. Grundsatz 3.I und 3.IV). Die Modalität Sprache sollte die visuellen Ressourcen des Fahrenden nicht weiter durch eine kontinuierliche Animation belasten, sondern diese reduzieren (Liu, et al., 2023).

Neben der Sprachinteraktion ist darüber hinaus auch die Interaktion durch Gestik eine Möglichkeit, um die kognitive Belastung und Ablenkung der fahrzeugführenden Person zu verringern (Ge, et al., 2025; Graichen, et al., 2020; Bavendiek, 2024; Zöller, et al., 2018.) Der Funktionsumfang der Gesteninteraktion im Rahmen der exemplarischen Bewertungen war jedoch sehr eingeschränkt. Dort, wo eine Anwendbarkeit auf die ESoP-Grundsätze gegeben war, konnten keine Abweichungen festgestellt werden. Eine positive Wirkung von Gesteninteraktionen ist allerdings nur dann zu erzielen, wenn die Erkennungsgüte angemessen ist. Bei der exemplarischen Analyse fiel auf, dass bei einer reduzierten

Erkennungsgüte die visuelle Überprüfung, ob die Geste erkannt wurde, zu unwillkürlichen Abwendungen führen kann. Solche Kontrollblicke werden allerdings im Fall einer schnell erfassbaren visuellen Rückmeldung als eher unproblematisch eingeschätzt. Generell sollte auch die Gesteninteraktion so natürlich, verständlich und intuitiv wie möglich erfolgen (ISO, 2024; Zöller, et al., 2018). Zusammenfassend lässt sich neben der Feststellung, dass nach aktuellem Kenntnisstand keine Argumente gegen eine Berücksichtigung der Gesteninteraktion als technologische Lösung sprechen, kein expliziter Ergänzungsbedarf des aktuellen ESoP feststellen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das 1999 erstmal veröffentlichte und 2006 überarbeitete ESoP definiert Mindestanforderungen an die Gestaltung von IVIS, insbesondere an visuell-manuelle Interaktionen, um die Ausführung der Primäraufgabe des Fahrens möglichst sicher zu ermöglichen. Ein wesentlicher ausstattungs-technischer Unterschied zwischen Fahrzeugen von heute und denen des Jahres 2006 ist die Zunahme von Displaygrößen sowie die Vielzahl an tertiären, d.h. nicht fahrtrelevanten Funktionen, auf die fahrzeugführende Personen auch während der Fahrt Zugriff haben. Aus der gewachsenen Zahl verfügbarer Interaktionsmöglichkeiten, wie Eingaben über Touchscreens, Gestik- oder Sprachsteuerung, ergeben sich zudem unterschiedliche Anforderungen an den Nutzenden, welche eine differenzierte Betrachtungsweise für Empfehlungen eines sicheren Interaktionsdesigns erfordern. Die Grundsätze des ESoP sollten im Licht dieser Entwicklungen und vor dem Hintergrund bereits existierender Richtlinien neueren Ursprungs (NHTSA, 2013; Campbell, et al., 2016; NHTSA, 2016) hinsichtlich einer notwendigen zweiten Überarbeitung im Rahmen des Projektes geprüft werden.

Dazu wurden anhand des ESoP ausgewählte Beispielfunktionen in drei Oberklasse-Fahrzeugen (Baujahr 2022-2023) für jeweils verfügbare Interaktionsmodalitäten hinsichtlich einer Übereinstimmung mit dem ESoP sowie weiteren Richtlinien durch Expertinnen analysiert. Die Analyse zeigt, dass trotz einzelner Abweichungen die Grundsätze des ESoP für die Gestaltung visuell-manueller Interaktionen weitgehend eingehalten werden. Zudem werden die meisten der festgestellten Abweichungen nicht als sicherheitskritisch hinsichtlich der daraus unmittelbar resultierenden Ablenkung eingeschätzt. Die Einschätzung der Expertinnen zeigt für die exemplarische Analyse und die identifizierten Abweichungen, dass die Grundsätze des ESoP weiterhin für eine ablenkungsminimierte Gestaltung von Funktionen zielführend sind und somit eine wichtige Grundlage für die Gestaltung sicherer Bedienkonzepte darstellen. Eine Erweiterung anhand angepasster, aktualisierter Beispiele und Erklärungen des ESoP, um auch technologische Entwicklungen und Kriterien neuerer Richtlinien einzubeziehen, erscheint jedoch sinnvoll.

Einzelne Diskussionspunkte, insbesondere hinsichtlich der Nutzung von großen Touchscreens sowie der Integration von reinen Unterhaltungsfunktionen, ließen sich jedoch nicht nur über verschiedene Funktionen und Systeme, sondern in unterschiedlichem Maße auch über Fahrzeuge hinweg identifizieren. Teils werden diese Aspekte vom ESoP bereits an verschiedenen Stellen adressiert, bedürfen jedoch einer Konkretisierung bzw. Neubeurteilung vor dem Hintergrund technologischer Entwicklungen oder einer Diskussion vor dem Hintergrund neuerer, aber im Detail abweichender Richtlinien.

Die zunehmende Größe von Touchscreens ist insbesondere dann kritisch zu bewerten, wenn dadurch entweder Anforderungen an sichere Blickwinkel oder Anforderungen an eine gute ergonomische Erreichbarkeit nicht mehr eingehalten werden können. Es wird daher empfohlen, die Grundsätze des ESoP im Hinblick auf Touchscreens und die Vielzahl an möglichen Positionen für Eingabefelder und visuelle Informationen zu konkretisieren. Sinnvoll erscheint eine bewusste Abwägung zwischen der Bediengenaugkeit durch eine

gute Erreichbarkeit von (berührungssensitiven) Eingabefeldern und einem optimierten Blickwinkel auf den gesamten Anzeigebereich, was zumindest mittels positiver oder negativer Beispiele veranschaulicht werden könnte, beispielsweise als Ergänzung zu Grundsatz 2.IV.

Ein weiterer Diskussionspunkt neben der Gestaltung systeminduzierter Ablenkung betrifft die Verfügbarkeit von fahrtirrelevanten Unterhaltungsfunktionen in Fahrzeugen, deren Nutzung während der Fahrt aus unterschiedlichen Aspekten potenziell sicherheitskritisch sein kann. In manchen Fahrzeugen angebotene Funktionen wie das Abspielen von Videos oder die Nutzung des Internetbrowsers während der Fahrt sind vor dem Hintergrund der hierdurch zu erwartenden visuellen Aufmerksamkeitszuwendung und der potentiell negativen Beeinflussung der primären Fahrtätigkeit zu kritisieren. Angesichts existierender Festlegungen zu per se Lock-outs sowie bekannten Einflüssen bestimmter Tätigkeiten oder Risikofaktoren auf die Fahrsicherheit sollte überlegt werden, ob generell mit der Fahrttätigkeit inkompatible Tätigkeiten, wie von der NHTSA detaillierter diskutiert, nicht auch im ESoP spezifischer behandelt oder die Entwicklungsziele und Grundsätze nicht zumindest um weitere konkrete Beispiele ergänzt werden sollten. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nur durch weitere Beispiele neue, bisher unbekannte Funktionen schwierig zu adressieren wären. Die Festlegung von Kriterien oder eines Testprotokolls, wie es die NHTSA (2013) zur Ermittlung ablenkender Aufgaben vorschlägt, wäre eine mögliche alternative Vorgehensweise. Dabei sollte allerdings auch, wie in Kapitel 5.1 bereits thematisiert, zwischen gut gestalteten bordeigenen Systemen und der Nutzung nicht-regulierter Fremdgeräte im Fahrzeug abgewogen werden, auf welche Fahrende zur Umgehung von Funktionseinschränkungen ausweichen könnten.

Auch technologische Entwicklungen, wie in europäischen Fahrzeugen geforderte DMS, bieten sowohl einen Weg zur Adressierung freiwillig gewählter Abwendungen, als auch Motivation für die gute Gestaltung von bordeigenen Systemen, um übermäßige Warnungen bei Interaktion mit bordeigenen Systemen zu vermeiden. Bei einer Überarbeitung des ESoP sollten diese daher als Stand der Technik mitsamt ihrer Prüfkriterien, z.B. hinsichtlich zulässiger Blickbereiche, berücksichtigt werden. Auch ein Abgleich der aktuellen Euro NCAP Protokolle (2025) mit den Zielen des ESoP erscheint sinnvoll für die Bestimmung während der Fahrt zulässiger Funktionen.

Schließlich sollte bei einer Neuauflage des ESoP eine Erweiterung um zusätzliche Interaktionsmodalitäten bedacht werden. Vor allem Sprachsteuerung ist in unterschiedlichen Formen in den verschiedenen aktuellen Fahrzeugen verfügbar. Diese bietet zudem die Möglichkeit Ablenkungen zu reduzieren, solange sie gemäß dem aktuellen Stand der Wissenschaft hinreichend gestaltet ist. Einzelne Grundsätze des ESoP sind für die Sprachsteuerung jedoch separat zu interpretieren oder, für eine einfachere Interpretation, mit eigenen konkreten Beispielen zu belegen.

Schließlich erscheint auf Grund einer Zunahme der Anzahl an Systemen im Fahrzeug eine klarere Priorisierung sicherheitskritischer Informationen zielführend. In einem Umfeld, das durch IVIS, FAS und Sprachassistenten geprägt wird, muss sichergestellt werden, dass über den Geltungsbereich einzelner, separierter Richtlinien hinaus diejenige Funktion Priorität erhält, die zum aktuellen Zeitpunkt die fahrtrelevantesten Informationen bereitstellt. Eine isolierte Betrachtung von IVIS könnte wichtige Wechselwirkungen mit anderen Systemen im Fahrzeug übersehen (z.B. mit FAS oder DMS), da sich Primäraufgabe, IVIS und FAS dieselben Anzeigorte und Ausgabekanäle teilen. Neben einer Aktualisierung des ESoP, um technologischen Entwicklungen wie Displaygrößen, Funktionsumfang und

Interaktionsmodalitäten gerecht zu werden, ist daher zu diskutieren, wie über den aktuellen Geltungsbereich des ESoP hinaus sinnvoll ein Mehrwert geschaffen werden kann. Eine Erweiterung um ein Kapitel zur Priorisierung der Ausgabe visueller und akustischer Informationen als gute Grundlage zur Konzeption und Umsetzung eines Warn- und Informationsmanagements, das auch die Ausgaben von IVIS und FAS priorisiert, erscheint hierfür zielführend. Eine zusätzliche Referenz auf Usability-Standards wie die ISO 9241-11 (ISO, 2018) könnte ebenfalls sinnvoll sein, da diese grundlegende Prinzipien für effiziente und benutzerfreundliche Interaktionen aufzeigen, die über Minimalanforderungen hinaus wertvolle Gestaltungshinweise liefern. So liegen auch die Ursachen für einige der identifizierten ablenkungsrelevanten Diskussionspunkte eher im Bereich einer weiter optimierbaren Usability.

Hersteller von Betriebssystemen wie Android Auto und Apple CarPlay haben für ihre Erweiterung bordeigener Systeme inzwischen eigene Richtlinien zur Vermeidung erheblicher Fahrerablenkung etabliert. Eine Prüfung dieser Systeme stand jedoch nicht im Fokus dieses Projektes. Es erscheint dennoch sinnvoll zu überprüfen, inwiefern die Richtlinien dieser Hersteller mit dem ESoP übereinstimmen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die bereits angesprochene Abwägung zwischen sicheren bordeigenen Systemen und der Nutzung von Fremdgeräten, die Nutzende ins Fahrzeug mitnehmen. Ein Einbezug könnte insbesondere zum Thema „Lock-out“ einen Beitrag leisten, wenn der Rückgriff auf fahrzeugfremde Systeme für eine unangemessene, freiwillige Abwendung erschwert wird. Da die herstellereigenen Richtlinien zudem neuer als das ESoP sind, könnten in diesen bereits relevante Aspekte hinsichtlich weiterer Interaktionsmöglichkeiten wie Sprache enthalten sein, die in technikneutraler Formulierung auch für das ESoP relevant sein könnten.

Des Weiteren erscheint es, wie in Kapitel 5.1 thematisiert, sinnvoll, in weiterführenden Analysen eine Abhängigkeit der Designvorschläge von unterschiedlichen Automatisierungsstufen oder FAS-Funktionen sowie deren HMI zu prüfen. Diese Analysen könnten sich unter anderem damit befassen, wie dynamische Umgebungsdarstellungen fahrzeugführende Personen in ihrer Aufmerksamkeitsverteilung bei Nutzung unterschiedlicher Assistenzstufen beeinflussen, oder auch, welche Strategien zur Priorisierung von Informationen im Zusammenspiel von IVIS und FAS notwendig sind.

Insgesamt erscheint es sinnvoll, die Richtlinien regelmäßig zu aktualisieren, um modernen Fahrzeugtechnologien mindestens durch Verweise auf weitere Richtlinien und gesetzliche Entwicklungen gerecht zu werden. Eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Automobilherstellern, weiteren Technologieanbietern sowie Verbraucherschutzorganisationen und Behörden wäre darüber hinaus sinnvoll und erforderlich, um Sicherheitsstandards weltweit zu harmonisieren und die Fahrsicherheit kontinuierlich zu verbessern.

Literatur

AAM, 2006. *Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems*, Washington, DC, USA: Alliance of Automotive Manufacturers (AAM) & National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT).

Abendroth, B. & Joisten, P., 2024. Menschliche Leistung bei der Fahrzeugführung. In: H. Winner, et al. eds. *Handbuch Assistiertes und Automatisiertes Fahren*. Wiesbaden: ATZ/MTZ-Fachbuch, pp. 3-24.

Ahmad, B. I. et al., 2015. Intent inference for hand pointing gesture-based interactions in vehicles.. *IEEE transactions on cybernetics*, 46(4), pp. 878-889.

Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2025. *EUR-Lex - Der Zugang zum EU_Recht*. [Online]
Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2008/653>
[Accessed 06 01 2025].

Angelini, L. et al., 2016. A comparison of three interaction modalities in the car: gestures, voice and touch. *IHM '16: Actes de la 28ième conference francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, pp. 188-196.

Apple, 2023. *Human Interface Guidelines - CarPlay*. [Online]
Available at: <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/carplay>
[Accessed 20 03 2025].

Apple, 2024. *Autoschlüssel und CarPlay: Intelligenter von A nach B*. [Online]
Available at: <https://www.apple.com/de/ios/carplay/>
[Accessed 18 03 2025].

Bálint, A. et al., 2020. Multitasking additional-to-driving: Prevalence, structure, and associated risk in SHRP2 naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention, Volume 137*.

Bavendiek, J., 2024. *Entwurf und Evaluation eines Ansatzes zur Entwicklung von Mensch-Fahrzeug-Interaktionskonzepten*, Rheinsich-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen: Dissertation.

Bavendiek, J., Ostad, Y. & Eckstein, L., 2020. Evaluating HMI-Development Approaches from an Automotive Perspective. *HCI inMobility, Transport, and Automotive Systems: Automated Driving and In-Vehicle Experience Design*, Volume LNCS 12212, pp. 199-216.

Bengler, K. et al., 2014. Three Decades of Driver Assistance Systems: Review and Future Perspectives. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 6(4), pp. 6-22.

Bischoff, D., 2007. Developing guidelines for managing driver workload and distraction. *SAE Paper Number 07-0082*.

Braun, M., Broy, N., Pfleging, B. & Alt, F., 2019. Visualizing natural language interaction for conversational in-vehicle information systems to minimize driver distraction.. *Multimodal User Interfaces*, Volume 13, pp. 71-88.

Bubb, H., Bengler, K., Grünen, R. & Vollrath, M., 2015. *Automobilergonomie*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Buchhop, K. et al., 2017. In-Vehicle Touchscreen Interaction: Can a Head-Down Display Give a Heads-Up on Obstacles on the Road?. *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '17)*, pp. 21-30.

Campbell, J. L. et al., 2016. *Human Factors Design Guidance for Driver-Vehicle Interfaces (Report No. DOT HS 812 360)*, Washington, DC, USA: National Highway Traffic Safety Administration.

Cunningham, M., Regan, M. & Imberger, K., 2017. Understanding driver distraction associated with specific behavioural interactions with in-vehicle and portable technologies. *Journal of Road Safety*, 28(1), pp. 27-40.

de Winkel, K. N. & Christoph, M., 2025. Rethinking Advanced Driver Assistance System taxonomies: A framework and inventory of real-world safety performance. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 29.

Do Duc Khanh, N., 2022. *Are touch screens the new mobile phone? The effects of touch screen devices in vehicles*, Hasselt University, Belgium: Master thesis.

Donges, E., 1982. Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personalkraftwagen. *Automobil-Industrie*, 27(2), pp. 183-190.

Engström, J. et al., 2017. Great expectations: a predictive processing account of automobile driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 19(2), pp. 15-194.

Europäische Kommission, 2000. Empfehlung der Kommission vom 21. Dezember 1999 an die Mitgliedstaaten und die Industrie über sichere und effiziente On-board-Informations- und -Kommunikationssysteme: Europäischer Grundsatzkatalog zur Mensch-Maschine-Schnittstelle. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, Serie L 19/64, 25.1.2000*, pp. 67-71.

Europäische Kommission, 2008. Empfehlung der Kommission vom 26. Mai 2008 über sichere und effiziente bordeigene Informations- und Kommunikationssysteme: Neufassung des Europäischen Grundsatzkatalogs zur Mensch-Maschine-Schnittstelle. *Amtsblatt der Europäischen Union, Serie L 216/1, 12.8.2008*, pp. 1-42.

Europäische Kommission, 2019. Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2019 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese [...]. *Amtsblatt der Europäischen Union, Serie L 325, 16.12.2019*, pp. 1-40.

Europäische Kommission, 2021. Delegierte Verordnung (EU) 2021/1341 vom 23. April 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/2144 [...] für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer Warnsysteme bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers [...]. *Amtsblatt der Europäischen Union, Serie L292/4*, 16.08.2021, pp. 6-21.

Europäische Kommission, 2023. Delegierte Verordnung (EU) 2023/2590 vom 13. Juli 2023 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/2144 [...] für die Typgenehmigung von bestimmten Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer hochentwickelten Warnsysteme bei nachlassender Konzentration des Fahrers[...]. *Amtsblatt der Europäischen Union, Serie L*, 22.11.2023.

European New Car Assessment Programme, 2022. *Assessment Protocol - Safety Assist - Safe Driving*, s.l.: European New Car Assessment Programme.

European New Car Assessment Programme, 2025. *Euro NCAP Protocol - Safe Driving - Driver Engagement v1.0*, s.l.: European New Car Assessment Programme.

Färber, B. & Färber, B., 2003. *Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten, Heft M 149*, Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

Gehlert, T., 2023. *Checklist In-Vehicle HMI Distraction*, Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.

Gelau, C., Baumann, M. & Pauzié, A., 2010. HUMANIST Contributions for the Development of Guidelines and Standards on HMI. In: Y. Barnard, R. Risser & J. Krems, eds. *The Safety of Intelligent Driver Support Systems*. London: CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 65-80.

Ge, Y. et al., 2025. User Participatory In-Vehicle Gesture Interaction Design Based on Electric Vehicles.. In: A. Marcus, et al. eds. *HCI International 2024 – Late Breaking Papers (HCII 2024)*. Washington, DC, USA: Springer Cham, pp. 30-40.

Google, 2024. *Android Auto: Auf dem Display deines Autos*. [Online] Available at: https://www.android.com/intl/de_de/auto/ [Accessed 18 03 2025].

Google, 2024. *Google Design. Android Auto*. [Online] Available at: <https://developers.google.com/cars/design/design-foundations?hl=de> [Accessed 20 03 2024].

Google, 2025. *Guidelines for Development - Android Automotive Operating System*. [Online] Available at: https://source.android.com/docs/automotive/driver_distraction/guidelines?hl=de [Accessed 20 03 2025].

Graichen, L., Graichen, M. & Krems, J. F., 2020. Effects of Gesture-Based Interaction on Driving Behavior: A Driving Simulator Study Using the Projection-Based Vehicle-in-the-Loop. *Human Factors*, 64(2).

Heinrich, C., 2013. *Fighting Driver Distraction - Worldwide Approaches*. Seoul, Korea, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) - U.S. Department of Transportation (DOT).

Horn, H.-P., Oehme, A., Kröling, S. & Gehlert, T., 2023. *Ablenkung im Fahrzeug (Forschungsbericht Nr. 88)*, Berlin: GDV - Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft - Unfallforschung der Versicherer.

Ippen, H., 2018. *Wisch und weg – Eine feine Geste*. [Online]
Available at: <https://www.autozeitung.de/gestensteuerung-test-192557.html>
[Accessed 06 01 2024].

ISO, 2018. *ISO 9241-11:2018 - Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. .

ISO, 2024. *ISO/IEC 4944:2024 Information technology - User interfaces - Evaluating usability of natural user interfaces*. Switzerland: ISO/IEC.

Jakus, G., Dicke, C. & Sodnik, J., 2015. A user study of auditory, head-up and multi-modal displays in vehicles. *Applied ergonomics*, Volume 46, pp. 184-192.

JAMA, 2004. *Guidelines for In-Vehicle Display Systems - Version 3.0*, Tokyo: Japan Automobile Manufacturers Association, Inc..

Jameson, A., 2012. Choices and Decisions of Computer Users. In: J. A. Jacko, ed. *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*. Third Edition ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 77-91.

Josten, J. et al., 2023. *FAT-Schriftenreihe 369 Level 2 hands-off –Recommendations and guidance*, s.l.: Verband der Automobilindustrie.

Klauer, S. G., Guo, F., Sudweeks, J. & Dingus, T. A., 2010. *An Analysis of Driver Inattention Using a Case-Crossover Approach On 100-Car Data: Final Report*, Washington, DC, USA: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).

Koniakowsky, I. et al., 2025. The effectiveness of driver monitoring systems in mitigating visual distraction depends on secondary task complexity and experience– A driving simulator study.. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 109, pp. 125-136.

Krstacic, R., Zuzic, A. & Orehovacki, T., 2024. Safety Aspects of In-Vehicle Infotainment Systems: A Systematic Literature Review from 2012 to 2023. *Electronics*, 2563(13).

Lansdown, T. C., Stephens, A. N. & Walker, G. H., 2015. Multiple driver distractions: A systemic transport problem. *Accident Analysis and Prevention*, Volume 74.

Laxton, V. et al., 2022. *Technical support to assess the upgrades necessary to the advanced driver distraction warning systems*, Brussels: Publications Office of the European Union.

Leipnitz, J., Gross, A., Dostert, J. & Baumgarten, T., 2022. Evaluation of a dynamic blocking concept to mitigate driver distraction: Three simulator studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, pp. 262-276.

Liu, J., Wan, F. & Zou, J., 2023. Exploring Factors Affecting People's Willingness to Use a Voice-Based In-Car Assistant in Electric Cars: An Empirical Study. *World Electric Vehicle Journal*, 14(73).

Lo, V. E.-W. & Green, P. A., 2013. Development and evaluation of automotive speech interfaces: useful information from the human factors and the related literature. *International Journal of Vehicular Technology*, 2013(1).

Ma, J., Ding, Y. & Gong, Z., 2018. Impact of Screen Size and Structure of IVIS on Driving Distraction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 452(4).

Matthey, A., Rupalla, F., Schneiderbauer, T. & Zuyeva, D., 2023. *How do consumers perceive in-car connectivity and digital services?*, s.l.: McKinsey & Company.

Murali, P. K., Kaboli, M. & Dahiya, R., 2021. Intelligent In-Vehicle Interaction Technologies. *Advanced Intelligent Systems*.

Nguyen, C. K. & Falkengren, W., 2019. *Designing in-vehicle voice assistants: Creating safer, integrated driver experiences*, Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, University of Gothenburg.

NHTSA, 2010. *Overview of the National Highway Traffic Safety Administration's Driver Distraction Program*, Washington DC, USA: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) - Department of Transport (DOT).

NHTSA, 2012. *Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices - A Notice by the National Highway Traffic Safety Administration on 04/25/2012*. [Online]
Available at: <https://www.federalregister.gov/documents/2012/04/25/2012-9953/visual-manual-nhtsa-driver-distraction-guidelines-for-in-vehicle-electronic-devices>
[Accessed 12 2024].

NHTSA, 2013. *Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices (Docket No. NHTSA-2010-0053)*, Washington, DC, USA: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT).

NHTSA, 2016. *Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for Portable and Aftermarket Devices - A Notice by the National Highway Traffic Safety Administration on 12/05/2016*. [Online]
Available at: <https://www.federalregister.gov/documents/2016/12/05/2016-29051/visual-manual-nhtsa-driver-distraction-guidelines-for-portable-and-aftermarket-devices>
[Accessed 12 2024].

NHTSA, 2019. *Visual-Manual Driver Distraction Guidelines Test Procedures – Task Acceptance Testing Occlusion and Eye Glance Measurement Using Driving Simulator Testing*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.21949/1530170>

[Accessed 18 03 2025].

Nielsen, J., 1994. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 152-158.

Nielsen, J., 2024. *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. [Online]

Available at: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

[Accessed 18 03 2025].

Nielsen, J. & Molich, R., 1990. Heuristic evaluation of user interfaces. In: A. f. C. Machinery, ed. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Seattle, Washington, USA: s.n., p. 249–256.

Peissner, M., Doeblner, V. & Metze, F., 2011. *Can voice interaction help reducing the level of distraction and prevent accidents? Meta-Study on Driver Distraction and Voice Interaction*, s.l.: White Paper.

Ramnath, R., Kinnear, N., Chowdhury, S. & Hyatt, T., 2020. *Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance (IAM RoadSmart Project Report)*, Welwyn Garden City, UK: TRL Limited.

Roth, C., 2022. Design of the In-Vehicle Experience. *SAE Technical Paper*, Issue EPR2022012.

SAE, 2019. *SAE J 2988 - Guidelines for Speech Input and Audible Output in a Driver Vehicle Interface*, s.l.: SAE International.

Schilling, T., 2008. *Mentale Modelle der Benutzer von Fahrerinformationssystemen*, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin: Dissertation.

Seidl, M. et al., 2021. *General Safety Regulation - Technical study to assess and develop performance requirements and test protocols for various measures implementing the new General Safety Regulation: Final report*, Luxembourg: European Commission.

Sivak, M., 1996. The Information That Drivers Use: Is it Indeed 90% Visual?. *Perception*, 25(9), pp. 1081-1089.

Stevens, A., Board, A., Allen, P. & Quimby, A., 1999. *A safety checklist for the assessment of in-vehicle information systems : a user's manual (PA3536/00)*, Crowthorne, U.K.: Transport Research Laboratory.

Stevens, A. & Cynk, S., 2011. *Checkliste for the assessment of in-vehicle information systems*, s.l.: Transport Research Laboratory.

Strayer, D. L. et al., 2017. *Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems*, Washington : AAA Foundation for Traffic Safety.

- Strayer, D. L. et al., 2019. Visual and Cognitive Demands of CarPlay, Android Auto, and Five Native Infotainment Systems. *Human Factors*, 61(8), pp. 1371-186.
- Stutts, J. et al., 2005. Driver's exposure to distractions in their natural driving environment. *Accident Analysis & Prevention*, 37(6), pp. 1093-1101.
- Tsimhoni, O., Smith, D. & Green, P., 2004. Address entry while driving: Speech recognition versus a touch-screen keyboard. *Human Factors*, 46(4), pp. 600-610.
- Vlaskamp, B. N. & Hooge, I. T., 2006. Crowding degrades saccadic search performance. *Vision research*, Volume 46, pp. 417-425.
- Vollrath, M., Huemer, A. K., Nowak, P. & Pion, O., 2014. *Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme*, Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. - Unfallforschung der Versicherer.
- Wang, B. et al., 2024. Driving Distraction Evaluation Model of In-Vehicle Infotainment Systems Based on Driving Performance and Visual Characteristics.. *Transportation Research Record*, 2678(8), pp. 1088-1103.
- Wang, Y., Reimer, B., Dobres, J. & Mehler, B., 2013. The sensitivity of different methodologies for characterizing drivers' gaze concentration under increased cognitive demand. *Transportation Research Part F*, pp. 227-237.
- Weinberg, G., Harsham, B. & Medenica, Z., 2011. Investigating HUDs for the presentation of choice lists in car navigation systems. *Proceedings of the sixth international driving symposium on human, DA'11*, June, pp. 195-202.
- White, M. P., Eiser, J. R. & Harris, P. R., 2004. Risk Perceptions of Mobile Phone Use While Driving. *Risk Analysis*, 24(2).
- Wickens, C. D., 2008. Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50(3), pp. 449-455.
- Wolfe, B., Sawyer, B. D. & Rosenholtz, R., 2020. Toward a Theory of Visual Information Acquisition in Driving. *Human Factors*, 64(4), pp. 694-713.
- Wu, Z. et al., 2024. The Effect of Touchscreen Layout Division on the Usability and Driving Safety of In-Vehicle Information Systems. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(5), pp. 3340-3351.
- Zöller, I., Bechmann, R. & Abendroth, B., 2018. Possible applications for gestures while driving. *Automotive and Engine Technology*, Issue 3, pp. 11-20.

Bilder

Bild 3-1: Fahrzeug 1, Baujahr 2022. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

Bild 3-2: Fahrzeug 2, Baujahr 2023. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

Bild 3-3: Fahrzeug 3, Baujahr 2022. Darstellung der nicht IVIS-bezogenen Bedienelemente in Blau und der IVIS-bezogenen Anzeige- und Bedienelemente in Grün.

Bild 4-1: AR View bzw. Kamerabild der Umgebung während der Fahrt im Kombidisplay von Fahrzeug 2

Bild 4-2: Das Bild links zeigt den geöffneten Internetbrowser inklusive Hinweis auf während der Fahrt nicht verfügbare Inhalte in Fahrzeug 3, während im rechten Bild die Möglichkeit des Skizzierens in Fahrzeug 1 dargestellt wird.

Bild 4-3: Ungefilterte Echtzeitdaten von Sensordaten aus Fahrzeug 1 im Mittendisplay (links, Bild zeigt linken Teilausschnitt des Displays) und die Darstellung von Beschleunigungswerten im Kombidisplay von Fahrzeug 2 (rechts).

Bild 4-4: Darstellung einer abspielbaren Fahraufnahme inklusive aktueller Überlagerung durch das Videobild des Totwinkelassistenten in Fahrzeug 3.

Bild 4-5: Bestätigungsanfrage, dass man die mitfahrende Person ist, um die Funktion „Karaoke“ während der Fahrt starten zu können (linkes Bild) sowie Darstellung der Karaokefunktion während der Fahrt (rechtes Bild).

Bild 4-6: Visuelle Ausgabe des Sprachassistenten von Fahrzeug 3 auf die Bitte nach einem Rezept (markierter Bereich).

Bild 4-7: Visuelle Animation des Sprachassistenten in Fahrzeug 2. Links die reduzierte Variante und rechts die ausdrucksstarke Variante.

Tabellen

Tab. 3-1: Konventionelle Use Cases und alternative Use Cases für den exemplarischen Abgleich mit aktuellen Serienfahrzeugen.

Tab. 3-2: Darstellung der Grundsätze, die durch die Versuchscheckliste bewertbar sind, sowie die Anzahl zu bewertender Fragen und Hilfsfragen pro Cluster und der Bewertungszeitpunkt für das Cluster.

Tab. 3-3: Die Übersicht zeigt, wann im Ablauf welche Prüfkriterien exemplarisch bewertet wurden.

Tab. 4-1: Bewertungsschema zur Ableitung von Abweichungen von bestehenden Grundsätzen für die exemplarisch ausgewählten Funktionen. Festgestellte beispielhafte Abweichungen von ESoP-Grundsätzen sind als Diskussionspunkte zu verstehen.

Tab. 4-2: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 1 „Gesamtdesign“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Tab. 4-3: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 2 „Installation“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Tab. 4-4: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 3 „Informationsdarstellung“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Tab. 4-5: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 4 „Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Tab. 4-6: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse für den ESoP Cluster 5 „Systemverhalten“ (Europäische Kommission, 2008) basierend auf dem in Kapitel 4.1 aufgeschlüsselten aggregiertem Bewertungsschema.

Tab. 4-7: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESoP Cluster 1 „Gesamtdesign“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Tab. 4-8: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESoP Cluster 3 „Informationsdarstellung“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Tab. 4-9: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESoP Cluster 4 „Interaktion mit Anzeigen und Bedienteilen“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Tab. 4-10: Übersicht über die Ergebnisse der exemplarischen Analyse von Sprach- und Gesteninteraktionen für den ESoP Cluster 5 „Systemverhalten“ inklusive einer Prüfung hinsichtlich Anwendbarkeit (N/A: nicht anwendbar).

Tab. 4-11: Übersicht der zehn Usability-Heuristiken nach Nielsen. Die deutsche Übersetzung basiert auf dem englischsprachigen Artikel von (Nielsen, 2024).

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2024

F 156: Entwicklung eines Konzepts und Lastenheftes für eine Szenariendatenbank zur Bewertung der Sicherheitswirkung hochautomatisierter Fahrfunktionen

Klinge, Krampitz, Ehrich, Siemon, Wiegand, Lassowski, Stavesand, Simon

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

F 157: Statistischer und methodischer Ansatz zur Erhebung vertiefter Verkehrsunfalldaten

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer

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

F 158: Wissenschaftliche Begleitung der Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr

Unger, Grosche, Rößler, Uhlenhof, Bierbach, Huster, Panwinkler, Straßgütl, Suing, Zelazny

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

F 159: Pilotprojekt zu Emissionsmessungen mittels Remote Sensing Devices

Hager, Kathmann, Brandt, Roggendorf, Scharrenbroich, Borken-Kleefeld

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

2025

F 160: Verbesserte Unfallrekonstruktion durch zusätzliche Anknüpfungstatsachen und KI

Breitlauch, Erbsmehl, Schramm, Urban, Hauck, Sinen, Espig, Walter, Jänsch

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

F 161: Datenverknüpfung zur Erfassung von Fahrzeugausstattungen in GIDAS

Rößler, Uhlenhof

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

F 162: Motorrad Kurven-ABS MOKABS

Erlinger, Kraut, Tomasch, Ausserer, Rieß, Kaufmann

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

F 163a: Anhänger mit elektrisch angetriebener Unterstützungssachse

Seiniger, Bierbach, Bartels, Gail

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

F 163b: Trailers with an electrically powered support axle

Seiniger, Bierbach, Bartels, Gail

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

F 164: Methodenstudie zur Konzeption der Fahrleistungserhebung 2026

Bäumer, Pfeiffer, Kathmann, Müller, Wyrich, Eisenmann, Nobis

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

F 165: Prognose des Kraftschlusspotenzials bei schweren Güterkraftfahrzeugen (> 12 t zGG.)

Büteröwe, Müller

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

F 166a: Forschungsbedarf Teleoperation

Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“

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

F 167: Psychologisch-technische Anforderungen an einen Teleoperatorarbeitsplatz

Gary, Maag, Merkel, Neukum

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

F 168: Erhebung des Informationsverhaltens der Verkehrsteilnehmer

Bäumer, Pfeiffer, Kathmann, Müller, Lammer

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

F 169: Werbung an Fahrzeugen

Zwicker, Schulze, Petzoldt

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

F 170: Recherche zu Bremsstaubemissionen im Rahmen von EURO 7 – Technologiebewertung verschiedener Bremssysteme zur Erfüllung der Euro 7 Bremspartikelgrenzwerte

Crampen, Vossen, Seibel

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

F 171: Bewertung der Usability und Akzeptanz eines kontinuierlichen Informations- und situationsspezifischen dynamischen Warnkonzeptes

Graefe, Karakaya, Bengler, Prasch, Maruhn

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

F 172: Vernetzung von Fahrrädern – Direkte Kommunikation von Fahrrädern mit anderen Verkehrsteilnehmenden

Bargmann, Pflug, Hermann, Junghans

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

F 173: Untersuchung zur Wirksamkeit sowie Notwendigkeit von zusätzlichen gerichteten gelben Kennleuchten (Warnleuchten) an Kraftfahrzeugen

Helmer, Trampert, Baumann, Zimmermann

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

2026**F 174: Entwicklung und Erprobung eines pragmatischen Prüfansatzes für die Fahrsicherheit automatisierten und autonomen Fahrens**

Grabowski, Gasser, Bourauel, Sander, Hellmann, Seiniger, Gail

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

F 175: Daten bildgebender Verfahren der Medizin in GIDAS

Wagner, Schick, Rahm, Mühlbauer, Bauer, Peldschus

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

F 176: Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren aus der Bewertung von Euro NCAP (Jahre 2020 - 2023)

Bäumer, Pfeiffer

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

F 177: Überprüfung der NOx-Emissionen in der Periodischen Technischen Inspektion (PTI)

Landl, Hausberger, Tiesenhausen, Geppert, Blassnegger, Matzer, Prosenc

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

F 178: Überprüfung des European Statement of Principles (ESoP) on human-machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems

Schwarze, Oliveira, Josten, Zlocki, Eckstein

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

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG

Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen

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

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

www.schuenemann-verlag.de

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



ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-95606-949-9
<https://doi.org/10.60850/bericht-f178>

www.bast.de