

Report KARLI Projekt

MMI-Adaption durch künstliche Intelligenz

Dr.-Ing Peter Rössger

Founder & CEO of Beyond HMI

Hohe Straße 4, 71032 Böblingen, Germany

Mobile +49 172 384 24 75

Peter.Roessger@beyond-hmi.de

Web: www.beyond-hmi.de

Version 1.2 vom 28. März 2023

Public

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Disclaimer

This disclaimer governs the use of this report. By using this report, you accept this disclaimer in full. The report contains information about automotive HMI development. The information is not advice and should not be treated as such. You should never delay seeking legal advice, disregard legal advice, or commence or discontinue any legal action because of information in the report.

We exclude all representations, warranties, undertakings, and guarantees relating to the report. Without prejudice to the generality of the foregoing, we do not represent, warrant, undertake or guarantee:

- that the information in the report is correct, accurate, complete, or non-misleading.
- that the use of the guidance in the report will lead to any particular outcome or result.

The limitations and exclusions of liability set out in this section and elsewhere in this disclaimer: are as mentioned below; and govern all liabilities arising under the disclaimer or in relation to the report, including liabilities arising in contract, in tort (including negligence) and for breach of statutory duty.

We will not be liable to you in respect of any losses arising out of any event or events beyond our reasonable control.

We will not be liable to you in respect of any business losses, including without limitation loss of or damage to profits, income, revenue, use, production, anticipated savings, business, contracts, commercial opportunities, or goodwill.

We will not be liable to you in respect of any special, indirect, or consequential loss or damage.

Nothing in this disclaimer shall: limit or exclude our liability for death or personal injury resulting from negligence; limit or exclude our liability for fraud or fraudulent misrepresentation; limit any of our liabilities in any way that is not permitted under applicable law; or exclude any of our liabilities that may not be excluded under applicable law.

Notices, knowledge, and best practices in this field are constantly changing. As new research and experience broaden our understanding, changes in research methods or professional practices may become necessary. Practitioners and researchers must always rely on their own experience and knowledge in evaluating and using any information or methods described herein. In using such information or methods they should be mindful of their own safety and the safety of others, including parties for whom they have a professional responsibility. To the fullest extent of the law, neither the publisher nor the authors, contributors, or editors, assume any liability for any injury and/or damage to persons or property as a matter of products liability, negligence or otherwise, or from any use or operation of any methods, products, instructions, or ideas contained in the material herein.

If a section of this disclaimer is determined by any court or other competent authority to be unlawful and/or unenforceable, the other sections of this disclaimer continue in effect. If any unlawful and/or unenforceable section would be lawful or enforceable if part of it were deleted, that part will be deemed to be deleted, and the rest of the section will continue in effect. In this disclaimer, "we" means (and "us" and "our" refer to) Dr.-Ing. Peter Rössger Consulting located at Hohe Str. 4, 71032 Böblingen, Germany.

1 Inhalt

1	Inhalt	3
2	Abbildungen	4
3	Einleitung	5
4	Eingabeparameter	5
4.1	Mensch	6
4.1.1	Statische Parameter	6
4.1.2	Dynamische Parameter	6
4.1.3	Messung und Operationalisierung der Parameter	7
4.2	Fahrzeug	7
4.2.1	Statische Parameter	7
4.2.2	Dynamische Parameter	7
4.3	Umwelteinflüsse	7
4.3.1	Analoge Umwelt	7
4.3.2	Digitale Umwelt	8
4.4	Persona	8
4.5	User Journey	8
5	Ausgabeparameter	9
5.1	Optische Parameter	10
5.1.1	Grafikdesign	10
5.1.2	Bildschirmlayout	10
5.1.3	Schriften	10
5.1.4	Icons	10
5.1.5	Icons vs. Text	11
5.2	Interaktionsdesign/UX Design	11
5.2.1	Interaktionsdesign statisch	11
5.2.2	Interaktionsdesign dynamisch	12
5.2.3	Kommunikationsstrategie	13
5.3	Akustische Parameter	13
5.4	Haptisch-taktile Parameter	13
6	Adaptive Anpassung des MMI	14
7	Ausblick	17
8	Literatur	18

2 Abbildungen

Abbildung 1: Parameterstruktur	5
Abbildung 2: Taxonomie der Eingabeparameter	6
Abbildung 3: Übersicht Persona Lisa	8
Abbildung 4: User Journey, Lisa Tag 2 (Ausschnitt)	9
Abbildung 5: Taxonomie der Ausgabeparameter	9
Abbildung 6: Beispiel flache Menüstruktur	12
Abbildung 7: Beispiel tiefe Menüstruktur	12
Abbildung 8 Mercedes Benz Zero Layer HMI (Bild von Mercedes Passion, 2023)	12
Abbildung 9: Hypothesen zur Veränderung der Ausgabeparameter	14

3 Einleitung

„KI ist wahrscheinlich das Beste oder das Schlimmste, was der Menschheit passieren kann.“ – Stephen Hawking, Physiker

Im Arbeitspaket KI MMI des Förderprojekts KARLI wird unter anderem die Frage gestellt, wie sich eine MMI durch die Anwendung einer künstlichen Intelligenz verändert. Leitfragen sind: wie passt sich eine KI-MMI an Use Cases, Kontexte und persönliche Vorlieben des Nutzers und der Nutzerin an? Wie wird diese Veränderung dargestellt? Wie unterscheiden sich durch KI adaptierte MMIs von MMIs, die durch Voreinstellungen angepasst werden? Im Fall von künstlicher Intelligenz sind solche Vorhersagen naturgemäß mit großer Unsicherheit behaftet, wir kennen alle Beispiele, in denen KI sich unerwartet verhalten hat. Es liegt in der Natur künstlicher Intelligenz, Lösungen zu finden, die am Rande der menschlichen Vorstellung liegen.

Um die empirischen Studien, in denen auch die KI trainiert werden soll, angemessen vorbereiten zu können,

wird in diesem Paper eine Analyse der Ein- und Ausgabeparameter des KI-Algorithmus vorgenommen. Es wird für beide Parameterarten eine Taxonomie erstellt, eine möglichst vollständige Auflistung und Einteilung in Kategorien und Unterkategorien. Der Algorithmus selbst wird hier als Black Box betrachtet, nur Ein- und Ausgaben werden analysiert (Abbildung 1).

Im anschließenden Abschnitt werden unter Anwendung der im Projektrahmen entwickelten Personas und User Journeys Ideen entwickelt, wie sich welche Eingabeparameter auf welche Ausgabeparameter auswirken können, wie also die künstliche Intelligenz Änderungen vornimmt. Dabei handelt es sich um Hypothesen, wie die KI nachher wirklich auf Basis der Eingabeparameter die MMI verändert, ist Teil der durchzuführenden Studien.

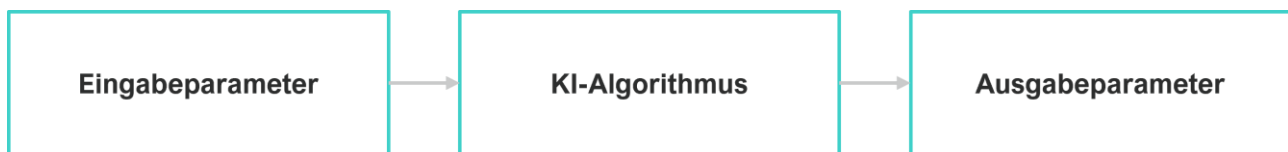


Abbildung 1: Parameterstruktur

4 Eingabeparameter

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgezählt und beschrieben, die als Eingabe in den KI-Algorithmus verwendet werden können. Es ist der Versuch, eine Taxonomie der relevanten Parameter zu erstellen (Abbildung 2). Kurze Anmerkung: die Einzelparameter der Gruppen „Mensch“ und „Persona“ überlappen sich teilweise. Die erste Parametergruppe ist generisch, die zweite auf Basis für einer der konkreten Personas, die für das Projekt entwickelt wurden, abgeleitet. Sie werden hier unterschieden, um die unterschiedliche Art der Datenherkunft zu kennzeichnen.

Die Eingabeparameter beeinflussen direkt oder indirekt,

einzelnen oder in Kombination das Aussehen und das Verhalten der MMI. In Kapitel 1 wird zu einzelnen Parametern bzw. Parametergruppen der Taxonomie eine Abschätzung abgegeben, in welchem Umfang und vor allem auf welche Art die MMI verändert werden kann.

Nicht jeder hier genannte Parameter hat zwangsläufig einen Einfluss auf die MMI und nicht jeder Parameter ist im Fahrzeug generell und im KARLI Projekt speziell messbar. Die Auflistung ist der Versuch einen Überblick zu erhalten, welche Parameter bei empirischen Studien verwendet werden können hängt von der Möglichkeit zur Messung und zur Verarbeitung ab.

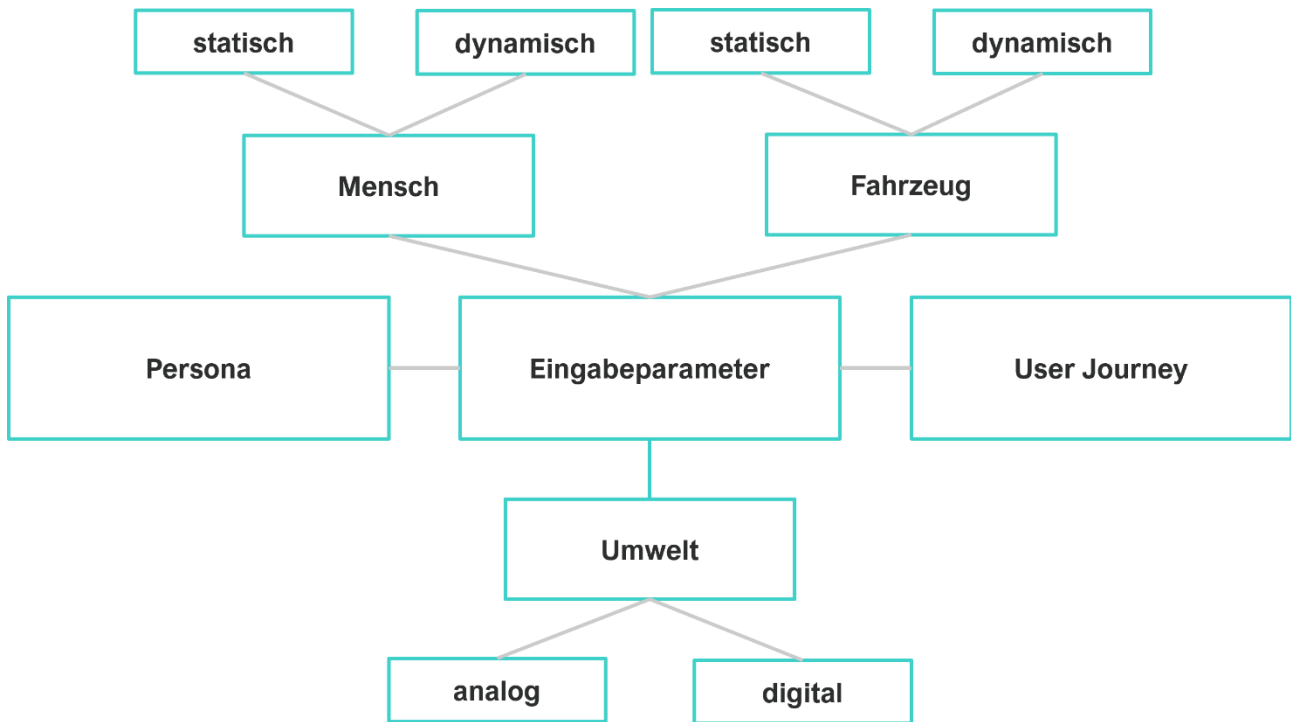


Abbildung 2: Taxonomie der Eingabeparameter

4.1 Mensch

Ein MMI ist ein Human-Machine Interface, also die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Zentrale Forderung an alle MMI-Aktivitäten ist, Nutzer und Nutzerin in den Mittelpunkt zu stellen. Hierbei sollten die Beschränkungen menschlicher Wahrnehmungen und Handlungen berücksichtigt werden. Menschen sind emotionale Wesen, die Interaktion mit Technologie wird immer ein mehr oder weniger deutliches Gefühl provozieren. Es ergeben sich aus Erfahrungen, Erlebnissen und Disposition persönliche Vorlieben und Abneigungen. Dazu kommen Use Cases (Anwendungsfälle) und die Nutzungskontexte, die eine MMI beeinflussen.

Dieser Abschnitt stellt den Versuch dar, die menschlichen Parameter zu identifizieren, die einen Einfluss auf die KARLI MMI haben können.

4.1.1 Statische Parameter

Als statisch sollen Parameter betrachtet werden, die sich in überschaubarer Zeit, das heißt im Rahmen einer einzelnen Autofahrt oder zwischen zwei Fahrten, nicht ändern. Natürlich können einzelne der hier als statisch betrachteten Parameter längerfristig schwanken.

- Physische Parameter: Alter, Körpergewicht, Körpergröße, Körperhaltung, Hautfarbe, Geschlecht, Fitness

- Psychische Parameter: Big 5
Persönlichkeitsmerkmale, Umgang mit Stress und Unbekanntem, Introversion vs. Extraversion, psychische Erkrankungen, Phobien, Empathie
- Bedürfnisse: Sicherheit, Anerkennung, Wertschätzung, Selbstverwirklichung
- Erfahrung und Fähigkeiten: Fahrerfahrung, Umgang mit digitalen Medien, Technologieaffinität, Einstellung zum Fahrzeug, räumliches Vorstellungsvermögen
- Beeinträchtigungen: Sehschwäche, Hörschwäche, chronische Erkrankungen, körperliche Behinderungen,

4.1.2 Dynamische Parameter

Dynamische Parameter können sich während einer Fahrt oder zwischen zwei Fahrten verändern.

- Gesundheit: Erkältung, Migräne, Fieber, Hormonschwankungen, Hunger, Durst, Müdigkeit, Harndrang
- Stoffe: Alkohol, Drogen, Medikamente, Kaffee
- Gefühle: Freude, Überraschung, Wut, Traurigkeit, Angst, Ekel, Verachtung, Scham, Hektik, Gereiztheit, Gelassenheit, Geistesabwesenheit
-

- Rolle im Fahrzeug: Fahrer, Beifahrer, Passagier Rücksitz
- Anzahl der Passagiere
- Art der Fahrt: Privatfahrt, Dienstfahrt, Lieferfahrt

4.1.3 Messung und Operationalisierung der Parameter

Einige der genannten Parameter können direkt beobachtet und bewertet werden, bei den meisten ist eine Operationalisierung erforderlich, es wird ein indirekter Messwert identifiziert. Die Messung psychischer und kognitiver Vorgänge kann auf drei Ebenen erfolgen (z.B. Lysaght et al, 1989):

- Physiologische Ebene: Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz, Hautleitwert, Muskelspannung, Stimme, Sprache, Gestik, Blickverhalten, Pupillenverhalten, Sakkadengeschwindigkeit, PERCLOS (Grad der Augenöffnung)
- Verhaltens Ebene: Mimik, Fahrverhalten (Abstände halten, bremsen, Lenkverhalten), Blickverhalten, Reaktionszeiten, Performance, Körperhaltung
- Empfindens Ebene: Reaktionen, Lautäußerungen, lautes Denken, Fragebögen, Interviews

4.2 Fahrzeug

4.2.1 Statische Parameter

Statische Fahrzeugparameter sind Parameter, die das Fahrzeug als solches mitbringt, die als physische oder digitale Ausstattung vorhanden sind. Sie können als über die Nutzungszeit hinweg unveränderlich angesehen werden.

- Technische Ausstattung, Sensorik (Kameras, LIDAR, Radar, Ultraschall, Interieur, Exterieur, ...) , Aktorik, Steuergeräte, Konnektivität (Art, Geschwindigkeit, Flexibilität)
- MMI, Interaktionsmöglichkeiten, Multimodalität des MMI (Anmerkung: die MMI ist durch die Ausgabeparameter definiert, stellt aber einen Teil des Fahrzeugs und der Umgebung für Nutzer und Nutzerin dar, daher ist sie hier aufgezählt, es ergibt sich eine Feedbackschleife)
- Programmiertes Fahrverhalten

- Physische MMI-Architektur, Art, Anzahl, Größe der Displays, Sprachtechnologien, Gestenerkennung, etc.
- Einzelne, grundlegende Komponenten von Verhalten und Aussehen der MMI

4.2.2 Dynamische Parameter

Dynamische Parameter verändern sich während der Fahrt. Sie können entweder bewusst durch Fahrer oder Fahrerin verändert werden oder ergeben sich aus der Dynamik des Fahrprozesses.

- Fahrmodus, Automatisierungslevel: der in diesem Zusammenhang mit Sicherheit wichtigste Parameter, auf welchem Automatisierungslevel befindet sich das Fahrzeug, wie ist die aktuelle Teilung der Fahraufgabe zwischen Mensch und Fahrzeug, wer macht was und wie ändert sich das in der nahen Zukunft
- Position zu anderen Verkehrsteilnehmern und zur Infrastruktur
- Stabilität des Fahrprozesses
- Fahrgeschwindigkeit
- Dynamische MMI-Komponenten, durch Einstellungen, Nutzung oder die KI veränderbar (zum Verhältnis MMI und Eingabeparameter s.o.)

4.3 Umwelteinflüsse

4.3.1 Analoge Umwelt

Diese Parameter beschreiben die physische Umwelt des Fahrzeugs.

- Art der befahrenen Straße, Stadt, Landstraße, Autobahn, Tunnel
- Verkehrsdichte
- Andere Verkehrsteilnehmer, Anzahl, Art, Rolle im Verhältnis zum Fahrzeug
- Wetter, Sichtverhältnisse, Erkennbarkeit Fahrbahnmarkierungen
- Tageszeit, Lichtbedingungen
- Bekanntheit der Umgebung für den Fahrer (auf eher niedrigen Automatisierungsleveln)

- Bekanntheit der Umgebung für das Fahrzeug (sekundengenaues Update von Umgebungskarten)
- Infrastruktur, zum Beispiel Ampelschaltungen

4.3.2 Digitale Umwelt

Diese Parameter beschreiben die Verfügbarkeit und Qualität digitaler Daten und Services.

- Verkehrsdaten
- Umfelddaten, andere Verkehrsteilnehmer und ihr Verhalten
- Journey Intelligence, kombinierte Datenquellen, die die Reisequalität beeinflussen

4.4 Persona

Es erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Persona, Details in den entsprechenden Dokumenten. Lisa ist 32 Jahre alt, CEO eines Start-Up, Single und verdient überdurchschnittlich. Ihre Persönlichkeit ist geprägt von Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extraversion und Verträglichkeit. Sie ist sehr technologieaffin, nutzt eine große Zahl von sozialen Medien und Internetservices. Sie vertraut Technologie und hat ein enges, egalitäres Verhältnis zu ihr. Lisa wird primär durch die Bedürfnisse Kompetenz, Körperlichkeit, Popularität und Einfluss getrieben (Abbildung 3).

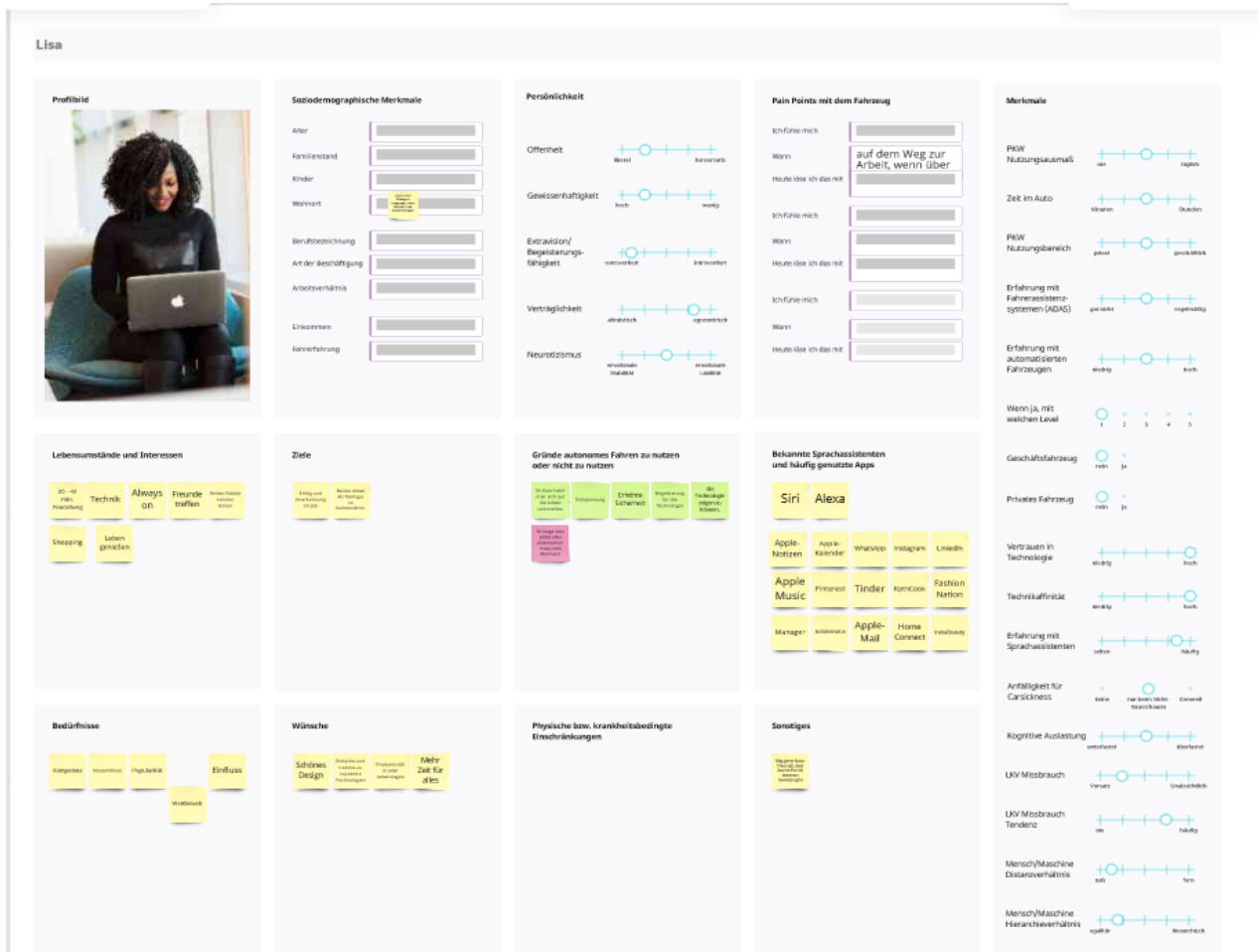


Abbildung 3: Übersicht Persona Lisa

4.5 User Journey

Für Lisa wurden mehrere User Journeys entwickelt, für diese Analyse wurde der Tag 2 (Lisas Weg zur Arbeit) ausgewählt (

Abbildung 4). Es handelt sich um einen Weg zu einem

Klienten in einem teil-automatisierten Fahrzeug. Die Journey startet mit der Vorbereitung der Fahrt

zu Hause, beinhaltet Begrüßung und Start, diverse

Fahrsituationen, einen Fall von Motion Sickness, Wechsel zwischen den Automatisierungsleveln und die Ankunft am Zielort. Auch hier wieder der Verweis auf die sehr

detaillierten Dokumente, die während des Projekts erarbeitet wurden. Für die Analyse wurden einzelne Situationen aus der User Journey ausgewählt, anhand derer das Prinzip gut sichtbar wird.

erarbeitet wurden. Für die Analyse wurden einzelne Situationen aus der User Journey ausgewählt, anhand derer das Prinzip gut sichtbar wird.

	2				
Storyboard "Lisas Weg zur Arbeit Tag 2" Beschreibung aller Steps und findet eine Soft- oder Hard-T.O.R. statt					
	Zuhause	Einsteigen			Fahrzeugstart
Zeit		7:57			8:00
Applikationen			K1-I		K1-I
Steps Abfolge kann Schritt für Schritt unterteilt werden	<ul style="list-style-type: none"> Lisa lebt in Stuttgart, Störmühlbach Lisa fährt täglich mit ihrem Geschäftswagen ins Büro Mittwoch morgen gab es auf ihrer Strecke einen Unfall, der Stau verursacht Karll meldet sich über Lisas Smartphone um ihr die Informationen zu geben Karll Bietet Vorschläge um pünktlich am Ziel anzukommen 	<ul style="list-style-type: none"> Lisa geht zu ihrem Fahrzeug, dass an der Seite einer Stadtstraße parkt Lisa nähert sich dem Fahrzeug, es entriegelt Lisa öffnet die Türe 	<ul style="list-style-type: none"> Lisa steigt an der Fahrersseite in das Fahrzeug ein Lisa setzt sich auf den Fahrersitz Lisa wird vom Sprachassistenten namens Karll begrüßt Lisa legt ihre Tasche auf den Beifahrersitz Lisa schnallt sich an 		
Nutzer-Aktionen Was tut der Nutzer? Nach welchen Informationen sucht er? In welchem Kontext steht er?					

Abbildung 4: User Journey, Lisa Tag 2 (Ausschnitt)

5 Ausgabeparameter

In diesem Kapitel wird eine Taxonomie der Parameter erstellt, die eine MMI ausmachen (Abbildung 5). Zu den jeweiligen Oberbegriffen werden eher beispielhaft als vollständig konkrete Parameter genannt. Basis für diese

Auflistung ist neben anderen die Publikation von Rössger (2019), die eine weitgehend komplette Anleitung für das Design einer automotive MMI darstellt.

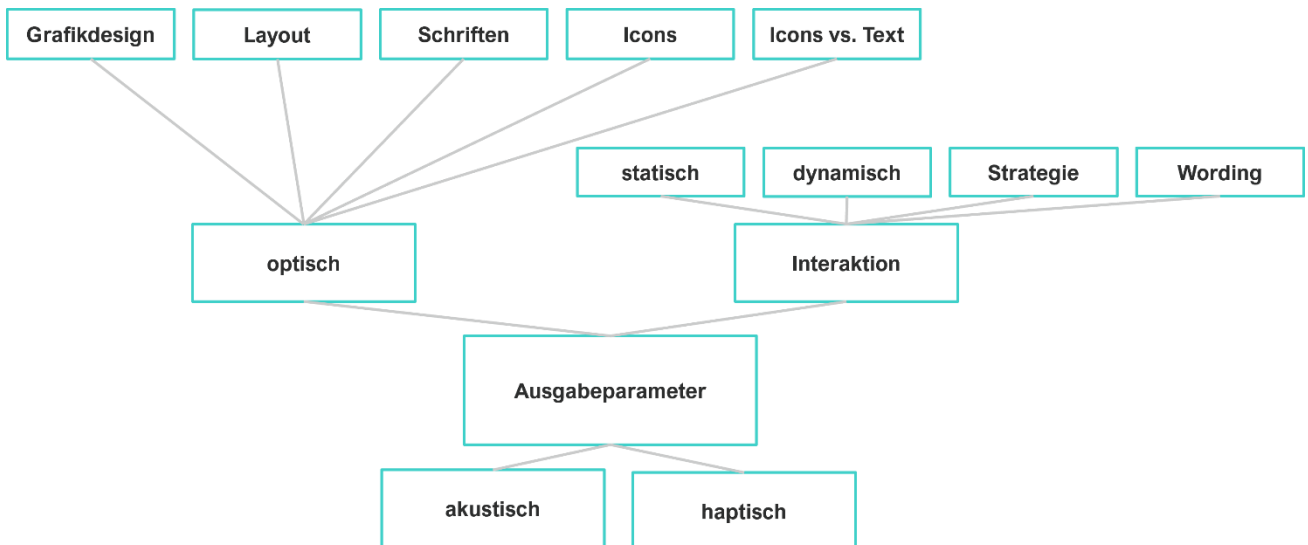


Abbildung 5: Taxonomie der Ausgabeparameter

5.1 Optische Parameter

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet, aus denen sich das visuelle Erscheinungsbild einer MMI ergibt.

5.1.1 Grafikdesign

Das Grafikdesign erstellt den visuellen Teil der Interaktion zwischen Mensch und MMI. Es sind die Dinge, Objekte und Vorgänge, die auf Bildschirmen dargestellt werden.

- Physikalische Parameter: Helligkeit, Kontrast, Sättigung
- Farben: hell, dunkel neon, pastell, monochromatisch
- Räumliches Design: Flat Design vs. 3D Design, Schattenwurf
- Dynamik: Blinken, Animationen, Microanimationen, Übergangsanimationen
- Buttons: wie sind die Buttons gestaltet, wie sehen sie aus und wie verhalten sie sich. Dazu gehören Farbe, Form, Größe, Pressed, Unpressed, und Inactive Status
- Interaktionselemente: Slider, Karussell, Scroll Bars, ...
- Anzeigeelemente: Zahlenfelder, Balken, Icons, Nadeln, Bargrafiken, Pie-Charts, ...
- Optische Zusatzelemente: Schatten, Reflexe, Verläufe, Linien, Punkte, Boxen, Flächen, die Ausgestaltung dieser Elemente, Farben, Linienbreite, Größe, Kontrast zum Hintergrund
- Hintergründe, animiert, dynamisch, statisch, mit/ohne Informationsgehalt

5.1.2 Bildschirmlayout

Die Layouts können sich zwischen den Unterschiedlichen Menüebenen unterscheiden. Oft sind Haupt- oder Einstiegsbildschirme mit einem eher flächigen Layout, ähnlich einem Smartphone versehen, während untere Menüebene oft Listen verwenden. Das Bildschirmlayout in KI-MMIs kann an Use Cases, Kontexte und persönliche Vorlieben angepasst werden. Die Parameter sind:

- Informationsdichte: wie viel Information pro Fläche wird angezeigt? Wie viele Einzelinformationen sind gleichzeitig sichtbar?
- Flächige Kachellayouts, Anzahl der Kacheln bzw.

Buttons, Größe, Größenunterschiede

- Interaktivität der Kacheln, rein informative Buttons vs. interaktive Widgets
- Listen: Länge der Listen, Wrap-around oder nicht, Sortierung, Manipulation der Listeneinträge möglich oder nicht
- Andere Darstellungsarten: Karussell, Akkordeon, ...
- Statuszeilen: Ort, Größe, Inhalt
- Redundanzen

5.1.3 Schriften

Geschriebene Texte können in MMIs Informationen mit größer Detaildichte übertragen Sie sind meistens eindeutig und gut zu verstehen. Es gibt eine Reihe von Parametern, die bei der Nutzung von Text auf Bildschirmen immer zu beachten sind (siehe Rössger, 2019, für eine Auflistung der relevanten Schriftparameter). Darüber hinaus können durch die KI in der MMI folgende Parameter der Schrift angepasst werden:

- Schriftart
- Schriftgröße
- Schriftschnitt, fett, light, kursiv, unterstrichen, Großschreibung, Kapitälchen
- Umrisse: ja oder nein
- 3D Schriften
- Schriftsatz: linksbündig, rechtsbündig, Block, zentriert

5.1.4 Icons

Icons sind vereinfachte Symbole, die Funktionen repräsentieren. Im Rahmen einer KI MMI können sie an Use Cases, persönliche Vorlieben und Nutzungskontexte angepasst werden. Einzelne Parameter sind:

- Größe, Position, Zahl
- Realistisch vs. abstrakt
- 2D Icons vs. 3D Icons
- Linien vs. gefüllte Formen
- Animiert vs. statisch

5.1.5 Icons vs. Text

Icons und Texte haben in automotive MMIs jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Icons sind platzsparend, schnell zu erkennen, sie können eine eigene Designsprache haben. Icons sind oft nicht eindeutig, einige müssen erlernt werden, es kann zu Missverständnissen kommen. Icons nutzen oft veraltete Symbolik. Ein Beispiel ist hier das Diskettensymbol für die Funktion speichern. Obwohl Disketten seit vielen Jahren nichtmehr verwendet werden, ist das Icon erhalten geblieben. Das kann zu Irritationen bis hin zum fehlenden Verständnis führen

Text ist weniger missverständlich als Icons, es können komplexere Zusammenhänge dargestellt werden und die Sprache eines Textes kann emotional konnotiert sein. Es ist vorstellbar, dass durch die Wortwahl bestimmte Emotionen hervorgerufen werden, das Fahrzeug vom Butler zum Buddy wird oder es zwischen menschlich und maschinenartig schwankt.

In den meisten existierenden MMI-Lösungen werden sowohl Icons als auch Texte verwendet, manchmal ergänzend, oft redundant. Das Verhältnis von Text zu Icon kann durch eine KI-MMI gesteuert und an die Eingabeparameter angepasst werden.

5.2 Interaktionsdesign/UX Design

Jenseits der grafischen Gestaltung wird eine MMI, werden User Experience und Usability erheblich vom Interaktionsdesign bestimmt. Der oft verwendete Begriff UX Design beschreibt das gleiche Phänomen. Das Interaktionsdesign hat im Wesentlichen zwei Komponenten: einen eher statischen Anteil, in dem Strukturen und Menübäume definiert werden und einen dynamischen, der den Fokus auf die Interaktionsprozesse, die Abläufe legt.

5.2.1 Interaktionsdesign statisch

Im statischen Bereich des Interaktionsdesigns stehen die Menü Baum im Fokus. Es geht im Kern um die Frage, wie eine MMI strukturiert ist, wie einzelne Funktionen sortiert sind und welche Zuordnung zwischen Hauptfunktionen und Unterfunktionen besteht. Einzelne Parameter sind:

- Interaktionsmodus vs. Informationsmodus: unterscheidet eine MMI diese beiden Modi, also kennt sie zwei klar unterschiedlich gekennzeichnete Zustände, einen für die Interaktion zwischen Mensch und System, wie die Auswahl einer Playlist, und eine, bei der der Mensch passiv ist und das System seine Arbeit

verrichtet, wie das Abspielen der Musik aus einer Playlist

- Homepage: existiert eine zentrale Homepage? Gibt es unterschiedliche Anzeigemodi? Ist die Homepage konfigurierbar? Gibt es unterschiedliche Homepages für den Interaktionsmodus und den Informationsmodus?
- Anzahl der unabhängigen Fenster: wie viele? Welche Inhalte werden angezeigt? Wie werden die Inhalte ausgewählt und kontrolliert?
- Anzeige auf der obersten Ebene vs. untere Ebenen, wo wird im Gesamtmenü eine bestimmte Funktion angezeigt? Mercedes realisiert das archetypisch im MMI des Hyperscreens (Abbildung 8). Dort werden von einer KI identifizierte Menüpunkte auf die oberste Ebene geholt
- Flache Menüs vs. tiefe Menüs. Flache Menüs (Abbildung 6) sind Strukturen, in denen eine hohe Zahl an Unterfunktionen gleichzeitig angezeigt werden und auswählbar sind, hier dauert ein einzelner Auswahlschritt länger und es sind weniger Auswahlschritte bis zum Auslösen der Funktion nötig. Tiefe Menüstrukturen (Abbildung 7) zeigen wenige Auswahlmöglichkeiten, aus denen schneller gewählt werden kann, es sind aber mehr Einzelschritte nötig, um eine konkrete Funktion auszulösen.
- Umsortierung von Funktionen innerhalb des Menü Baums
- Umsortierung von Funktionen innerhalb von Listen oder Tableaus
- Verstecken von länger nicht genutzten Funktionen
- Nutzung von Shortcuts, Interaktionsobjekte werden mit Funktionen belegt, die direkt ausgelöst werden
- Nutzung und Veränderung von Hidden Features, wie zum Beispiel durch Long Press, dreifach Klick oder andere, nicht intuitiv absehbare und auslösbare Aktionen werden Funktionen ausgelöst, zum Beispiel Änderung der Lautstärke durch das Wischen mit drei Fingern über den Bildschirm

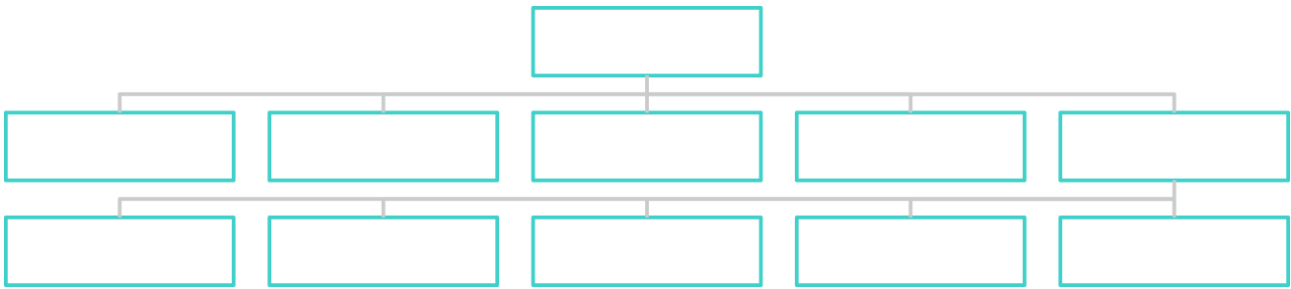


Abbildung 6: Beispiel flache Menüstruktur

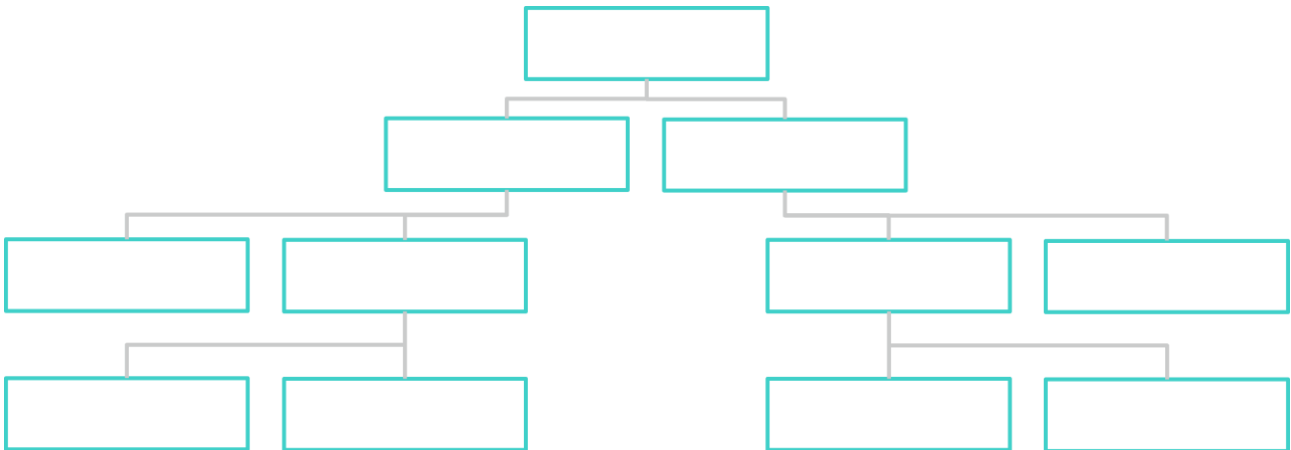


Abbildung 7: Beispiel tiefe Menüstruktur



Abbildung 8 Mercedes Benz Zero Layer HMI (Bild von Mercedes Passion, 2023)

5.2.2 Interaktionsdesign dynamisch

Die dynamischen Anteile des Interaktionsdesigns beschreiben die Prozesse der Interaktion. Welche Schritte sind nötig, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen? Wie werden mehrere Ziele miteinander kombiniert? Was passiert bei fehlerhaften Eingaben, Irrtümern oder geänderten Absichten?

- Abläufe zur Aktivierung einer Funktion: wie wird eine Funktion aktiviert? Wie erreiche ich ein Untermenü? Welche Schritte sind erforderlich? Wie ändert sich die Interaktion auf den unterschiedlichen Menüebenen (z.B.: erste Menüebene Buttons, zweite Menüebene Listen, 3. Menüebene Checkboxes und Radiobuttons)

- Standardabläufe über mehrere Instanzen: wenn ich bei unter 10 Grad Außentemperatur mein Auto starte, dann aktiviere ich erst mein Fahrerprofil, dann den Sportmodus und danach die Sitzheizung. Wenn ich nicht zuhause bin, ist es sehr wahrscheinlich, dass ich dann die Heimatadresse als Fahrziel aktiviere. Für die vier Einzelschritte benötige ich die Interaktion mit vier verschiedenen MMI-Instanzen.
- Backkonzept: wie wird Nutzer oder Nutzerin ermöglicht, Korrekturen einer Eingabe vorzunehmen? Wie erfolgen Rücksprünge in der Menüstruktur?
- Homekonzept: wie erreiche ich eine zentrale Homepage in der MMI, falls sie vorhanden ist?
- Störungen: als Beispiel soll die Auswahl einer Playlist dienen. Während der nötigen Interaktionsschritte kommt ein Anruf. Wird dieser angezeigt? Wie? Oder wird er gleich auf die Mailbox umgeleitet? Wie verhält sich die MMI während und nach dem Anruf?

5.2.3 Kommunikationsstrategie

Die Kommunikation zwischen Mensch und Technologie ist immer emotionsbehaftet. Selbst die Emotionen „emotionslos“ ist nicht ohne Emotionen. Einzelne Parameter sind:

- Kommunikationsintensität: wie dicht ist eine Kommunikation? Wie viele Inhalte werden pro Zeiteinheit ausgetauscht? Wie fordernd ist die Technologie Nutzer und Nutzerin gegenüber?
- Offensiv vs. passiv: wartet eine Technologie ab, bis Nutzer oder Nutzerin einen Dialog startet oder kann die Technologie eine Interaktion starten? Wie verändert sich das abhängig von Nutzervorlieben, Use Cases und Kontexten?
- Butler vs. Buddy: auf welche Art, mit welcher Konnotation, mit welchem Tonfall findet die Interaktion zwischen Mensch und Technik statt?
- Reduktion der Komplexität vs. Informationsgehalt: wieviel Information wird dem Nutzer gegeben? Wird die Informationsausgabe auf das Nötigste reduziert oder werden Zusatzinformationen gegeben?
- Modalitäten: auf welchen Sinnesmodalitäten erfolgt die Kommunikation zwischen Mensch

und Technik? Werden eher gesprochene Dialoge verwendet oder ein Touchscreen? Wie verschieben sich die Modalitäten abhängig von Nutzervorlieben, Use Cases und Kontexten?

- Timing: wie verändert sich das zeitliche Verhalten der Interaktion? Wie schnell, direkt oder unerwartet werden Information ausgetauscht, wie zügig Antworten erwartet?
- Wording: wie werden Worte und Bezeichnung gewählt, eher eine technische Fachsprache oder umgangssprachliche Begriffe? Wie dicht werden Sätze gebildet? Wie lang sind sie?

5.3 Akustische Parameter

Neben der haptisch-visuellen Interaktion spielt die akustische Interaktion eine wichtige Rolle in der Mensch-Technik Interaktion. Im Prinzip gelten die oben genannten Parameter auch in diesem Bereich.

- Ton/Earcon vs. Sprache: Earcons entsprechen Icons in der visuellen Interaktion. Es sind bestimmte Töne oder Tonfolgen, die Informationen enthalten
- Lautstärke: entsprechen Farben, Kontrasten und der Farbsättigung im visuellen Bereich
- Gesprochene Texte sind im Gegensatz zu geschriebenen flüchtig, einmal ausgesprochen können nicht oder nur mit zusätzlicher Interaktion wiederholt werden. Beide Textarten benötigen kognitive Kapazitäten, was zur Fahrerablenkung führen kann. Bei geschriebenen Texten kommt die visuelle Ablenkung hinzu

5.4 Haptisch-taktile Parameter

Die Anpassung der haptisch-taktilen Parameter einer Interaktion spielen bei KARLI aus technischen Gründen keine Rolle. Sie sollen hier der Vollständigkeit halber erwähnt werden:

- Art des Interaktionsgeräts: Touchscreen (flächig) vs. haptisches Device (3D Design)
- Position des Interaktionsgeräts: Mittelkonsole, Lenkrad, Armlehne
- Oberfläche weich vs. hart, rau vs. glatt
- Gestaltung des Feedbacks: Klickverhalten,

Kraft-Weg Verhalten, Länge der Interaktionswege

- Temperatur der Oberflächen

6 Adaptive Anpassung des MMI

In diesem Abschnitt erfolgt die Zusammenfassung der Ergebnisse in tabellarischer Form. In einer Spalte werden die Eingabeparameter, Elemente aus der Persona, Use Cases aus der User Journey sowie einzelne Kontexte aufgelistet. In der einer zweiten Spalte werden die prognostizierten Änderungen der einzelnen Ausgabeparameter aufgeführt. Die Angaben stellen Hypothesen dar, es soll beispielhaft dargestellt werden, was passieren könnte. Wie die künstliche Intelligenz am Ende die MMI tatsächlich verändern wird, ist völlig unklar. Hier werden die empirischen Studien erste Hinweise

geben können.

Die Ergebnisse der Analyse können genutzt werden, Demonstratoren für KARLI aufzubauen, mit denen empirische Untersuchungen durchgeführt werden können. Im Rahmen dieser Studien kann die Nutzerakzeptanz für einzelnen Maßnahmen ermittelt und die künstliche Intelligenz trainiert werden. Erste konkrete Auswirkung sollten abschätzbar sein, die Bestätigung einzelner Hypothesen wird möglich.

Abbildung 9: Hypothesen zur Veränderung der Ausgabeparameter

Eingabeparameter, Use Cases, Kontext	Hypothesen zur Veränderung Ausgabeparameter
Mensch/Persona	
Fahrerfahrung	Mit steigender Fahrerfahrung werden mehr kognitive Ressourcen für Nebentätigkeiten frei, positive Erfahrungen auf höheren Level der Automatisierung steigern das Vertrauen. Bildschirme können mehr Inhalte haben, mehr Unterhaltung und Kommunikation anzeigen und weniger zu Thema Fahrzeugkontrolle.
Technologieaffinität	Personen mit hoher Technologieaffinität werden mehr Informationen und mehr Interaktionen ertragen und wünschen. Sie bevorzugen flache Menüstrukturen, bei denen mit weniger Klicks, zum Preis einer längeren Suche, ein Ziel erreicht werden kann. Bei geringer Technologieaffinität werden Inhalte in Menge und Komplexität reduziert. Technologieaffine Personen benötigen weniger Texte und können mit Icons umgehen, insbesondere, wenn diese extern konsistent sind.
Technologie Hierarchie	Nutzer mit einer egalitären Einstellung zu Technologie werden einen Buddy Charakter bevorzugen, eine direkte, menschähnliche, informelle Ansprache. Technologie darf aktiv werden, Vorschläge machen und kritisieren. Nutzer mit einer ausgeprägten Hierarchie bevorzugen einen Butler Charakter. Sie wollen, dass Technologie weitgehend passiv bleibt, nur auf Anforderung aktiv wird, formell kommuniziert und unterstützend wirkt.
Vertrauen in Technologie	Personen mit einem geringen Vertrauen in Technologie bevorzugen dauerhafte und detaillierte Informationen über den Status und das, was Technologie vorhat. Bei einem automatisierten Fahrzeug sollten bei niedrigem Vertrauen dauerhaft die Sensorfunktionen angezeigt werden und Fahrmanöver vorab angekündigt werden. Personen mit einem hohen Vertrauen in Technologie benötigen weniger Informationen über den Systemzustand.
Sicherheit, Anerkennung, Wertschätzung, Selbstverwirklichung	Die Anwendung von KI in der MMI führt zur Steigerung von Sicherheitsgefühl, Anerkennung, Wertschätzung und dem Gefühl der Selbstverwirklichung. Die Grenze zur Irritation durch Änderungen in der MMI können schnell überschritten werden.

Müdigkeit, Vigilanzabfall	Müdigkeit und das Nachlassen der Aufmerksamkeit sollten zu einer Reduktion von MMI-Inhalten in Menge und Komplexität führen. Schriften und Kontraste sollten sich vergrößern, Farben reduzieren und Interaktionen auf den Sprachkanal verschoben werden.
Offenheit, liberal/konservativ	Konservative Nutzer bevorzugen traditionelle Layouts, ziehen Listendarstellung, traditionelle Schriftarten, reduzierte Farben und weniger Dynamik in Design vor. Liberale Nutzer können eher mit 3D Schriften, Icons und der Umsortierung von Elementen im Menü Baum umgehen.
Gewissenhaftigkeit	Gewissenhafte Menschen bevorzugen einen hohen Grad an Details und eine präzise Kommunikation. Weniger gewissenhafte Menschen akzeptieren Unschärfe in der Mensch-Technik Kommunikation.
Extraversion/Introversion	Extrovertierte Nutzer bevorzugen eine intensive, dichte Kommunikation, introvertierte werden Kommunikation auf das Nötigste beschränken wollen.
Altruistisch/egozentrisch	Egozentrische Nutzer werden eine eher unterwürfige Kommunikation des Systems bevorzugen.
Emotional stabil/emotional labil	Emotional labile Nutzer und Nutzerinnen werden eine konfliktfreie, zuverlässige, konsistente Interaktion mit Technologie bevorzugen.
Rolle im Fahrzeug	Fahrer und Fahrerinnen mit Fahraufgaben sollten nur begrenzte Informationsmengen erhalten, idealerweise auf die Fahraufgabe abgestimmt. Fahrer und Fahrerinnen auf höheren Automatisierungsstufen können haben mehr freie kognitive Ressourcen für die Interaktion mit Technologie zur Verfügung.
Fahrt und Fahrzeug	
Art der Fahrt	Abhängig von der Art der Fahrt wollen Nutzer und Nutzerinnen unterschiedliche Informationen erhalten und unterschiedliche Kommunikationen führen. So können auf einer dienstlichen Fahrt private Anrufe auf die Mailbox umgeleitet werden und umgekehrt. Während dienstlicher Fahrten können produktive Funktionen leichter zugänglich sein, auf privaten Fahrten kommunikative oder unterhaltende. Auch könnte ein Bedarf nach unterschiedlichen Grafikdesigns (Farben, Kontraste, Schriften, ...) bestehen, abhängig davon, welche Fahrten durchgeführt werden.
Automatisierungslevel	Je höher das Automatisierungslevel ist, desto mehr freie kognitive Ressourcen hat ein Fahrer oder eine Fahrerin. Es kann im MMI die Informationsdichte erhöht werden, Schriften können verkleinert werden, Menüs können breiter werden, optische Zusatzelemente und Animationen können genutzt werden, die Kommunikationsstrategie kann komplexer und offensiver werden. Es kann eine Verschiebung der Modalität hin zu visueller Kommunikation erfolgen.
Art der Straße	Unterschiedliche Straßenarten haben unterschiedliche Anforderungen an den Fahrer und die Fahrerin. Stadtverkehr erfordert, gerade auf niedrigen Automatisierungsstufen, eine hohe Aufmerksamkeit, leere Autobahnen und mäßige Geschwindigkeit eher niedrige. Die Informationsdichte kann entsprechend angepasst werden (siehe Automatisierungslevel).
Licht-/Sichtbedingungen	Je schwieriger die Licht- und Sichtbedingungen im Fahrzeug sind, desto reduzierter sollte sich die MMI sein. Schriften sollten sich vergrößern, Kontraste erhöhen, die Komplexität der Informationsdarstellung reduziert werden. Die Anzahl auswählbarer Optionen wird reduziert, die Modalität Richtung Sprachinteraktion verschoben.
Use Cases	

Begrüßung	Die MMI ist durch die allgegenwärtige Vernetzung auf den Fahrer und die Fahrerin vorbereitet. Persönliche oft genutzte Funktionen, wie Auswahl Playlists, Sitzeinstellungen, Fahrmodi sind als Interaktionsketten auf dem Bildschirm abgelegt und können einfach aktiviert und eingestellt werden.
Routenplanung	Erfolgt die Routenplanung vor der Fahrt, also im stehenden Fahrzeug, kann die Interaktion komplex sein. Es kann eine hohe Zahl von Optionen angezeigt werden, Schriften können kleiner sein, komplexe Sprachdialoge mit Auswahlmöglichkeiten sind möglich. Während der Fahrt wird die Komplexität der Interaktion verringert. Im Idealfall erkennt die KI das Fahrziel, plant die Route vorab und startet automatisch oder nach einer einfachen Bestätigung.
Ausparken	Das Ausparken ist eine komplexe und sicherheitskritische Aktion. Selbst wenn es automatisch erfolgt, sollten Fahrer und Fahrerin das Geschehen kontrollieren. Die MMI wird maximal reduziert, die Funktionalität der MMI minimiert.
Stadtverkehr	Siehe Art der Straße
Eingehender Anruf mit LKV-Verstoß	Eingehende Anrufe werden durch den Gesamtkontext moderiert. Wenn dichter Verkehr in einer unbekanntenen Umgebung herrscht, werden die Anrufe auf die Mailbox umgeleitet, bei freier Fahrt auf der Autobahn wird alles durchgestellt.
Wechsel Ortschaft zu Landstraße	Die Komplexität des Verkehrs auf der Landstraße ist im Vergleich zu innerorts reduziert. Die MMI kann damit komplexer werden.
Wechsel Landstraße zu Tunnel	In der kritischen Einfahrt in den Tunnel wird die MMI maximal in Präsenz, Forderung und Inhalten minimiert.
Auffahrt auf die Autobahn	Auch hierbei handelt es sich um eine komplexe Fahraufgabe, bei der der Mensch auch auf hohem Automatisierungslevel eine Kontrolle ausüben sollte. Die MMI wird maximal reduziert, die Funktionalität der MMI minimiert.
Autobahnfahrt	Auf der Autobahn kann die Fahraufgabe sehr einfach werden, insbesondere, wenn die Automatisierung problemlos funktioniert. Die MMI kann komplexer werden, die Interaktion mehr kognitive Ressource in Anspruch nehmen.
Übernahmeaufforderung	Bei einer Aufforderung zur sofortigen Übernahme reduziert sich die MMI auf das absolute Minimum. Es werden nur genau die Informationen gegeben, die Fahrer oder Fahrerin braucht, um die Übernahme sicher durchzuführen.
Einparken	Siehe Ausparken. Die MMI wird maximal reduziert, die Funktionalität der MMI minimiert.
Fahrtende	Eine individuelle Verabschiedung, zum Beispiel mit der Nennung von Folgeterminen oder Ladeinformationen kann gegeben werden.

7 Ausblick

„Ich glaube, künstliche Intelligenz wird unser Partner sein. Wenn wir sie missbrauchen, wird sie ein Risiko sein. Wenn wir sie richtig einsetzen, kann sie unser Partner sein.“ – Masayoshi Son, CEO SoftBank Capital

Dieser Report stellt eine Analyse der Eingabe- und Ausgabe Parameter dar, die eine MMI mit künstlicher Intelligenz verändern. Aus Basis der Analysen sind Hypothesen über die möglichen Änderungen aufgestellt worden. In wahrscheinlich separaten, späteren Studien sollte die Dynamik der MMI-Anpassungen untersucht werden. Bei der Erstellung des Reportes hat sich gezeigt, dass das Thema MMI-Anpassung durch KI deutlich komplexer ist als vorab angenommen. Die ersten Studien im Rahmen des KARLI Projekts werden zeigen, wie die Veränderungen aussehen und wie diese von Nutzern und Nutzerinnen aufgenommen werden.

Es ist bekannt, dass Nutzer auf spontan und nicht vorhersagbar veränderliche MMIs negativ reagieren können. Inkonsistenzen werden sich nicht vermeiden lassen. Der Sweet Spot, das Optimum zwischen Anpassung und Konsistenz wird ein weiterer Parameter sein, den die KI MMI in Abhängigkeit der Eingaben suchen und darstellen wird. In diesem Rahmen wird die Frage beantwortet werden, ob Aufwand und Ergebnis in einem vernünftigen Verhältnis zueinanderstehen.

Erwartbare Kritikpunkte an künstlicher Intelligenz im Bereich automotive MMI sind:

- Die Gefahr von Fehlentscheidungen und

unvorhergesehenen Folgen. Wie kann sichergestellt werden, dass die neu entstehenden MMI-Lösungen bessere Usability haben und eine bessere User Experience liefern?

- Die Möglichkeit, dass AI-Systeme diskriminierend sein können, insbesondere wenn sie auf mangelhaften oder verzerrten Daten trainiert werden. So ist es potenziell möglich, dass Stereotype über Geschlecht, Hautfarbe oder Religionen zu unangemessenen Ergebnissen führen können.
- Es kann zu unerwünschten Veränderungen im Binnenverhältnis zwischen Mensch und rollendem Roboter kommen, die Aufgabenteilung kann zu Ungunsten des Menschen verändert werden.
- Die ethischen Herausforderungen, die mit der Entwicklung und Anwendung von AI einhergehen, wie zum Beispiel die Kontrolle und Verantwortung für autonome Systeme sind ungeklärt

8 Literatur

Babich, N., Kuznetsov, G. (2021). *Designing Human-Machine Interfaces for Vehicles Of The Future*.
<https://www.smashingmagazine.com/2021/12/designing-human-machine-interfaces-future-vehicles/>

Dey, D. et al. (2020). Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 7, September 2020, 100174.

Forssman, F., de Jong, R. (2002). *Detailtypografie*. 4. Auflage. Verlag Hermann Schmidt Mainz.

Heiz, A.V. (2012). *Grundlagen der Gestaltung. Prozesse und Programme. Struktur und Systeme. Zeichen und Kontext. Identitäten und Differenzen*. Niggli Verlag.

Hörskens, A., (2014), *Grundlagen der Farbenlehre*, Edition Michael Fischer, 1. Edition.

ITSdigest (2019). *AI-Based Automotive HMI Market to Reach \$4.6 Billion by 2025*. <https://www.itsdigest.com/ai-based-automotive-hmi-market-reach-46-billion-2025>

LambTroy (2022a). *How to Build an Automotive HMI: Design Specifications (Part 1)*.
<https://axureboutique.com/blogs/ui-ux-design/how-to-build-an-automotive-hmi-design-specifications-part-1>

LambTroy (2022b). *How to Build an Automotive HMI: Design Specifications (Part 2)*.
<https://axureboutique.com/blogs/ui-ux-design/how-to-build-an-hmi-design-specifications-part-2>

Lysaght, J.R. et al. (1989). *Operator Workload: Comprehensive Review and Evaluation of Operator Workload Methodologies (Technical Report 851)*. Alexandria, Virginia.

Mercedes Benz Passion (2023). *MBUX mit Zero Layer Funktion*. <https://mbpassion.de/2022/08/mbux-mit-zero-layer-funktion/>

Pohlen, J. (2011). *Letterfontäne*. 4. Auflage. Taschen GmbH.

Prasad, V.S.D. (2022). *How Automotive HMI Solutions Enhance the In-Vehicle Experience*.
<https://embeddedcomputing.com/application/automotive/in-vehicle-experience/>

Rössger, P. (2019). *100 Rules to Design Perfect Human-Machine-Interfaces in Vehicles*. Amazon KDP.

Wäger, M. (2016). *Grafik und Gestaltung: Design und Mediengestaltung von A bis Z*. 3. Edition. Rheinwerk Design.

Links zuletzt überprüft im Januar 2023.