



Künstliche Intelligenz für Adaptive, Responsive und Levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft

# Partnerspezifischer Abschlussbericht

## Berichtszeitraum

1. Juli 2021 – 30. September 2024

## Autoren

Samuel Nau, Miriam Bottesch

## Zuwendungsempfänger






studiokurbos GmbH

## Förderkennzeichen

19A21031J

## Vorhabensbezeichnung und Laufzeit

Künstliche Intelligenz für Adaptive, Responsive und Levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft (KARLI) vom 1. Juli 2021 bis 30. September 2024

<p>Gefördert durch:</p>  <p><b>Finanziert von der Europäischen Union</b> NextGenerationEU</p> <p>Gefördert durch:</p>  <p><b>Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz</b></p> <p>aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages</p>	<p>Projektträger:</p>  <p><b>TÜVRheinland</b>®</p>
---	--

## I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis .....	II
II	Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1	Aufgabenstellung .....	0
1.1	Motion Sickness.....	0
1.2	Levelkonformes Verhalten .....	1
1.3	KI-Interaktion .....	1
2	Hintergrund.....	1
2.1	Motion Sickness.....	2
2.1.1	Herausforderungen .....	2
2.1.2	Antizipation der Fahrzeugbewegung durch visuelle Unterstützung.....	2
2.1.3	Visuelle vs. taktile Anzeigen zur Reduzierung von Motion Sickness.....	2
2.2	Levelkonformes Verhalten .....	3
2.2.1	Reaktionszeit für Antizipation .....	3
2.2.2	Vertrauen.....	3
2.3	KI-Interaktion .....	4
3	Organisation des Vorhabens .....	4
3.1	Projektplanung.....	4
3.2	Ablauf .....	4
3.2.1	Rollen .....	5
3.2.2	Ereignisse .....	6
3.2.3	Artefakte.....	6
3.3	Zusammenarbeit mit anderen Instanzen.....	6
3.3.1	Beyond HMI.....	6
3.3.2	Goodpatch .....	7
3.4	Umwidmung von Fördermitteln.....	7
4	Eingesetzte Methoden.....	7
4.1	User Centered Design.....	7
4.2	Personas.....	8
4.3	User Journeys.....	8
4.4	Use Cases .....	8
4.5	Impact Effort Map .....	8
4.6	Informationsarchitektur .....	9

4.7	Word Cloud.....	9
4.8	Fokusgruppen.....	9
4.9	Moodboard Workshop.....	9
4.10	Konzeption .....	9
4.11	SCAMPER.....	10
4.12	UI-Design .....	10
4.13	Prototyping.....	10
4.14	Net Promoter Score (NPS) .....	11
4.15	Erweiterter Net Promoter Score (eNPS).....	11
4.16	User Experience Fragenbogen meCUE .....	11
4.17	Design Ranking .....	11
4.18	Interview.....	12
4.19	Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsliste.....	12
5	Ergebnisse .....	12
5.1	AP 100   Theoriebildung .....	12
5.1.1	Unterarbeitspaket (UAP) 110   Theoriebildung   Zielapplikation MS .....	12
5.1.1.1	Vorgegebene Ziele.....	12
5.1.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	12
5.1.2	UAP 120   Erhebungsszenarien und Use Cases   Zielapplikation LKV .....	13
5.1.2.1	Vorgegebene Ziele.....	13
5.1.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	13
5.2	AP 300   Levelkonformes Fahrerverhalten .....	17
5.2.1	UAP 332   MMI: Interaktionskonzept für multimodalen In- und Output   Zielapplikation LKV .....	17
5.2.1.1	Vorgegebene Ziele.....	17
5.2.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	17
5.2.2	UAP 352   Applikationsentwicklung: Implementierung Applikations-Frontend   Zielapplikation LKV .....	20
5.2.2.1	Vorgegebene Ziele.....	20
5.2.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	20
5.3	AP 400   Konzeption und Umsetzung KI-Interaktion .....	22
5.3.1	UAP 410   Identifikation Einflussfaktoren für Interaktionskonzept   Zielapplikation KI-I 22	
5.3.1.1	Vorgegebene Ziele.....	22
5.3.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	22

5.3.2	UAP 420   Ableitung von Interaktionen aus den Use Cases aus AP 100   Zielapplikation KI-I .....	24
5.3.2.1	Vorgegebene Ziele.....	24
5.3.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	24
5.3.3	UAP 430   Interaktionskonzept für multimodalen In- und Output (Operationalisierungskonzept zur Interaktion mit dem Fahrer)   Zielapplikation KI-I.....	25
5.3.3.1	Vorgegebene Ziele.....	25
5.3.3.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	25
5.3.4	UAP 440   Konzeption UX adaptiver Funktionen   Zielapplikation KI-I .....	26
5.3.4.1	Vorgegebene Ziele.....	26
5.3.4.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	26
5.3.5	UAP 450   Erstellung der Evaluations-Guidelines und Nutzertests   Zielapplikation KI-I	27
5.3.5.1	Vorgegebene Ziele.....	27
5.3.5.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	27
5.4	AP 500   KI-Algorithmen und MMI für Erkennung und Vermeidung von MS .....	29
5.4.1	UAP 510   MMI-Konzept und KI-Operationalisierung von Fahrer-Ist-Zustand und Fahrfunktion   Zielapplikation MS .....	29
5.4.1.1	Vorgegebene Ziele.....	29
5.4.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	30
5.4.2	UAP 530   MMI Prototyping und Fahrzeugintegration   Zielapplikation MS .....	31
5.4.2.1	Vorgegebene Ziele.....	31
5.4.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	31
5.4.3	UAP 550   Iterative Weiterentwicklung und Finalisierung des MMI Prototyps   Zielapplikation MS .....	31
5.4.3.1	Vorgegebene Ziele.....	31
5.4.3.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	32
5.5	AP 600   Integration und Absicherung des KI-Gesamtsystems.....	33
5.5.1	UAP 630   System Integration   Zielapplikationen LKV, MS, KI-I .....	33
5.5.1.1	Vorgegebene Ziele.....	33
5.5.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	33
5.6	AP 700   Abschließende Evaluation und Demonstration .....	34
5.6.1	UAP 710   Abschließende Nutzerevaluation   Zielapplikationen LKV, MS, KI-I....	34
5.6.1.1	Vorgegebene Ziele.....	34
5.6.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	34
5.6.2	UAP 730   Vorbereitung der Demonstartionen (Halbzeitpräsentation und Abschlusspräsentation)   Zielapplikationen MS .....	36

5.6.2.1	Vorgegebene Ziele.....	36
5.6.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	36
5.7	AP 800   Projektmanagement und Ergebnisverbreitung .....	37
5.7.1	UAP 810   Management   Zielapplikationen LKV, MS, KI-I.....	37
5.7.1.1	Vorgegebene Ziele.....	37
5.7.1.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	37
5.7.2	UAP 820   Ergebnisverbreitung   Zielapplikationen LKV, MS, KI-I .....	38
5.7.2.1	Vorgegebene Ziele.....	38
5.7.2.2	Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen	38
6	Verwendung und Nutzen der Zuwendung.....	40
6.1	Zahlenmäßiger Nachweis .....	40
6.2	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	40
6.3	Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	40
6.4	Fortschritt an anderen Stellen .....	41
6.5	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen .....	41
III	Literaturverzeichnis .....	I
IV	Danksagungen.....	II

## II Abkürzungsverzeichnis

A	Visuelle Ästhetik
AN, DN	Negative Emotionen
AP	Arbeitspaket
AP, DP	Positive Emotionen
APs	Arbeitspakete
B	Bindung
EKG	Elektrokardiogramm
eNPS	Erweiterter Net Promoter
global	Gesamturteil
HMI	Human Machine Interaction
Kap.	Kapitel
KI	Künstliche Intelligenz
KI-I	Künstliche Intelligenz-Interaktion
L	Produktloyalität
LKV	Levelkonformes Fahrverhalten
MA	Mode Awareness
MAC	Mode Awareness Creator
MMC	Mode Match Creator
MMI	Mensch-Maschine-Interaktion
MS	Motion Sickness
N	Nützlichkeit
NI	Nutzungsintention
NPS	Net Promoter Score
PO	Product Owner
S	Status
s.	siehe
SA	Situational Awareness
SM	Scrum Master
TOR	Take-Over-Request
U	Benutzbarkeit, Usability
UAP	Unterarbeitspaket
UAPs	Unterarbeitspakete
UCD	User-Centered Design
UI	User Interface
UX	User Experience, Nutzererlebnis
VR	Virtual Reality

# 1 Aufgabenstellung

Das Forschungsprojekt KARLI hat drei Arbeitspakete jeweils inklusive der Entwicklung und Evaluierung der Human Machine Interaction (HMI)

1. Reduzierung von Motionsickness (MS)
2. Erzeugen und erhalten von Levelkonformem Verhalten (LKV)
3. Künstliche Intelligenz Interaktion

Sowohl die Arbeiten an dem Projekt als auch die Struktur dieses Reports orientieren sich an diesen drei Arbeitspaketen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts konzentriert sich studiokurbos auf drei zentrale Fragestellungen im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und deren Auswirkungen auf autonome Fahrzeugsysteme.

- Erstens untersuchen wir, wie HMI-Lösungen helfen können, das Auftreten von Motion Sickness (MS) bei autonomen Fahrten zu reduzieren. Dabei analysieren wir insbesondere den Einfluss von visuellen Referenzen zum Horizont und vergleichen HMI (Human-Machine Interface)-Systeme, die durch KI (künstliche Intelligenz) unterstützt werden, mit traditionellen Systemen.
- Zweitens erforschen wir die Rolle von HMI in verschiedenen Automatisierungsstufen. Der Fokus liegt hier auf der Anpassung der Cockpit-Darstellung und darauf, wie KI den Fahrer beim Wechsel zwischen den Automatisierungsstufen unterstützen kann.
- Drittens betrachten wir die Interaktion von Nutzern mit KI-gestützten HMI-Systemen und deren Einfluss auf Vertrauen, Benutzerfreundlichkeit und mögliche Verwirrung in Übergabesituationen.

Ziel dieser umfassenden Untersuchung ist es, innovative Ansätze für eine verbesserte Nutzererfahrung und sichere Fahrbedingungen im autonomen Verkehr zu entwickeln.

## 1.1 Motion Sickness

Die zu lösende Aufgabenstellung dieser Arbeitspakete ist es, zu untersuchen, wie Mensch-Maschine-Interaktionen (MMI) dazu beitragen können, Motion Sickness (MS) bei autonomen Fahrten zu reduzieren. Dabei konzentriert sich die Forschung auf folgende Leitfragen:

- Wie können HMI-Lösungen zur Reduktion von MS beitragen?
- Hilft der visuelle Bezug zum Horizont, MS zu vermeiden?
- Inwiefern unterscheiden sich KI-basierte HMI-Lösungen in ihrer Ausprägung und Wirksamkeit von bestehenden Systemen?

Ein zentraler Fokus der Forschung liegt auf der Antizipation durch visuelle Unterstützung sowie der Berücksichtigung des körperlichen Ist-Zustands der Testpersonen, insbesondere von anfälligen Gruppen.

Weitere Fragen, die sich daraus ergeben und im Laufe der Untersuchung beantwortet werden sollen, sind:

- Wie können wir durch HMI-Kontrolle und Vorhersagbarkeit die Situationsantizipation für den Fahrer verbessern, um aktiv gegen MS vorzugehen?
- Verstärkt oder reduziert eine gleichbleibende HMI Motion Sickness?
- Kann eine HMI, die Fahrzeugbewegungen antizipiert, das Auftreten von MS verringern?

## 1.2 Levelkonformes Verhalten

Das zweite Arbeitspaket besteht darin, die Rolle der HMI im Kontext unterschiedlicher Automatisierungslevel und dem Wechsel zwischen den einzelnen Leveln zu untersuchen. Die zentralen Fragen sind:

- Wie unterscheidet sich die HMI in Abhängigkeit der verschiedenen Level?
- Wie verändert sich das Cockpit und das Cockpit Layout in Abhängigkeit der verschiedenen Level?
- Kann der Einsatz eines Mode Match Creator (MMC) das Fahrerlebnis vereinfachen?
- Wie kann durch KI der Wechsel zwischen den unterschiedlichen Leveln der Automatisierung unterstützt werden, um die Wechsel, insbesondere von höheren Leveln auf niedrigere, sicher zu gestalten?
- Wie können verschiedene HMI-Instanzen durch KI so kombiniert werden, dass die Situational Awareness (SA) und Mode Awareness (MA) generell und beim Wechsel der Automatisierungslevel erhöht werden?

Fragestellungen, die sich daraus ergeben und im Laufe der Forschungsarbeit beantwortet werden:

- Wie lässt sich die Reaktionszeit durch die HMI gezielter moderieren?
- Wie kann die HMI zur Verringerung der Zeit bei den Modus Wechseln führen?
- Wie unterstützt die HMI einen Hard Take-Over-Request (TOR) von Level 4 auf Level 2?

## 1.3 KI-Interaktion

Das dritte Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Untersuchung von KI-gestützten HMI-Lösungen und deren Einfluss auf das Vertrauen und die Interaktion der Nutzer. Die zentralen Leitfragen sind:

- Wie wird das Verhalten des Fahrers durch KI modelliert?
- Wie kann KI die Interaktion mit dem Fahrer verändern und verbessern?
- Wie kann KI die HMI je nach Anwendungsfall, Nutzer oder Umgebung anpassen, um eine bessere User Experience (UX) und Benutzerfreundlichkeit zu erreichen?
- Kann durch KI-gestützte Anpassungen eine mögliche Verwirrung des Nutzers, die durch spontane Änderungen der HMI verursacht wird, vermindert werden?

Zusätzlich ergeben sich daraus folgende Fragestellungen, die im Laufe der Forschungsarbeit beantwortet werden sollen:

- Welche Modalitäten sind bei einem harten Take-Over-Request (TOR) relevant?
- Welche Anzeigen sind gesetzlich vorgeschrieben?
- Können Übergabesituationen individualisiert werden, und wie könnte das erfolgen?

## 2 Hintergrund

Die im Folgenden aufgelisteten Rahmenbedingungen gewährleisten, dass die Forschungsergebnisse praxisrelevant sind und auf realen Fahrsituationen basieren, was die notwendige Grundlage für die Beantwortung der zentralen Fragestellungen bildet. Ziel ist es, eine optimale Kombination verschiedener Modalitäten zu entwickeln und ein holistisches, multimodales System zu konzipieren, das abgestufte Übernahmeverfahren integriert und ein geeignetes Timing für verschiedene Meldungen bietet.

## 2.1 Motion Sickness

Die Forschung hat gezeigt, dass frühere Studien zur Motion Sickness (MS) größtenteils im Labor durchgeführt wurden, was oft zu verzerrten Ergebnissen führt. Für einen Überblick zum Stand der Forschung siehe Pereira et al. (2024). Um realistischere Daten zu erhalten, wurden praktische Tests in echten Fahrsituationen durchgeführt. Diese Studien wurden maßgeblich von den Partnern Ford und dem Allround Team durchgeführt. Die Testgruppen waren heterogen und umfassten besonders anfällige Extremgruppen, darunter:

- Blinde
- Kinder im Alter von 9 bis 10 Jahren
- Frauen mit starkem Hormonschwankungen

### 2.1.1 Herausforderungen

Die Körperhaltung, insbesondere die Kopfneigung und das periphere Sehen, spielt eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von MS. Diese Faktoren sind auch wichtig für die Gestaltung und Platzierung von HMI-Systemen (Jones, 2019, Hainich, Drewitz, Ihme, Laueremann, & Nie, 2021).

Zukünftige Herausforderungen beim autonomen Fahren umfassen (Hainich, Drewitz, Ihme, Laueremann, & Nie, 2021):

- Den Wechsel vom Fahrer zum Beifahrer
- Die Beschäftigung mit fahrfremden Aufgaben als Beifahrer
- Sitzanordnungen, die gegen die Fahrtrichtung ausgerichtet sind

### 2.1.2 Antizipation der Fahrzeugbewegung durch visuelle Unterstützung

Unser Forschungsvorhaben konzentrierte sich darauf, wie visuelle Referenzen zur Reduktion von Motion Sickness (MS) beitragen können. Es wurde festgestellt, dass (Kazuhiro & Kitazaki, 2008):

- Unbewegte Bilder zu Beginn höhere Übelkeitswerte hervorrufen als bewegte Bilder.
- Eine Steuerung der Bildposition durch unterstützende Referenzmarken hilfreich ist.
- Bewegte Bilder mit Neigungskompensation, kombiniert mit stationären Referenzmarken, die MS um bis zu 50% reduzieren können.

Eine Kombination aus einem künstlichen Horizont und einer virtuellen Achterbahn hilft, die Fahrzeugtrajektorie zu visualisieren und die Strecke vorausschauend darzustellen. Dies erleichtert die Antizipation von Geschwindigkeit, Fahrtrichtung und Kurvenneigung, was wiederum die MS verringern kann (Feenstra, Bos, & van Gent, 2011); (Salter, Diels, Herriotts, Kanarachos, & Thake, 2019).

Es ergeben sich außerdem folgende Lösungsansätze (Berman, 2020):

- Größere Displays verringern die MS, indem sie ein stark immersives Gefühl erzeugen.
- Die Abkopplung des Fahrers von der realen Umgebung durch Virtual Reality (VR)-Brillen kann die Bewegungsadaptation des Fahrzeugs in der virtuellen Darstellung verbessern.

Visuelle Unterstützung durch Lichtsignale (Hainich, Drewitz, Ihme, Laueremann, & Nie, 2021) und auditive Unterstützung (Kuiper, Bos, Diels, & Schmidt, 2019) haben sich als weniger effektiv erwiesen, da sie keine signifikanten Ergebnisse zur Vorbeugung von MS zeigten.

### 2.1.3 Visuelle vs. taktile Anzeigen zur Reduzierung von Motion Sickness

Visuelle und taktile Hinweise spielen eine entscheidende Rolle bei der Reduzierung von Motion Sickness (MS) beim autonomen Fahren.

Visuelle Hinweise sind eng mit der Orientierung verknüpft und ermöglichen eine sofortige Antizipation von Bewegungen (Hainich, Drewitz, Ihme, & Lauermann, 2021). Große Displays oder VR-Anwendungen können das immersive Erlebnis verstärken und so die Symptome von MS lindern. Ein künstlicher Horizont kann zusätzlich helfen, die Orientierung zu erleichtern.

Auditive und taktile Hinweise sind zwar nicht direkt mit der Orientierung verbunden, bieten aber Lernpotenzial. Vor allem taktile Signale haben sich als besonders effektiv erwiesen, da sie schnellere Reaktionen, einen geringeren mentalen Aufwand und eine reduzierte Arbeitsbelastung ermöglichen (Kuiper, Bos, Diels, & Schmidt, 2019).

## 2.2 Levelkonformes Verhalten

Levelkonformes Verhalten beschreibt die Passung des Verhaltens von Fahrer oder Fahrerin zum aktiven Automatisierungslevel. Forschungsfokus sind die Levelwechsel und die damit verbundene Änderung des Verhaltens.

### 2.2.1 Reaktionszeit für Antizipation

Die Zeiten für die Übernahme der Fahraufgabe durch den Menschen variieren je nach Komplexität der Szenarien. Während normale Übernahmezeiten etwa 6 Sekunden betragen, verlängern komplexere Übergabeszenarien die Reaktionszeit deutlich. Die vollständige Wiederherstellung der Fahrfähigkeit und das Abkoppeln von sekundären Aufgaben dauert mindestens 27 Sekunden. Dies verdeutlicht die menschliche Unfähigkeit zum Multitasking sowie die Komplexität von Kontrollwechselmanövern (Biondi, Alvarez, & Jeong, 2019).

Warnmeldungen sollten mindestens 2 bis 3 Sekunden vor der vollständigen Abschaltung des Systems angezeigt werden (Gold, Körber, Lechner, & Bengler, 2016; Walch, Lange, & Weber, 2015).

### 2.2.2 Vertrauen

Die Ausbildung von Vertrauen in Fahrassistenzsysteme erfordert ein höheres Maß an Verhaltenskompetenz und ein klares Verständnis der funktionalen Merkmale des Systems. Dieses Vertrauen wird durch die Erfahrung mit dem automatisierten System sowie durch die menschliche Interaktion mit dem System beeinflusst (Biondi, Alvarez, & Jeong, 2019; Kurpiers, Biebl, Hernandez, & Raisch, 2020; Bieg, Daniilidou, Michel, & Sprung, 2019).

Die wichtigsten Kategorien zur Vertrauensbildung durch die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) sind:

- Zuverlässigkeit: Nutzer oder Nutzerin können sich auf das korrekte Verhalten des Systems verlassen
- Vorhersagbarkeit: im Idealfall ist das Verhalten des Systems durch Nutzer oder Nutzerin vorhersagbar
- Sicherheit: Entlastung der Augen und intuitive Darstellung von Informationen
- Unterstützung: Reduzierung der Arbeitsbelastung und schnellere Reaktionen
- Spaß: Ruhige und private Kommunikation mit der Maschine
- Effizienz: Optimierung des Energieverbrauchs

## 2.3 KI-Interaktion

Im Arbeitspaket KI-Interaktion liegt der Fokus auf der KI-kontrollierten Adaption der MMI (Mensch-Maschine Interaktion). Welche Parameter die Veränderung steuern und was wie in welchen Kontexten angepasst wird.

Zukünftige Herausforderungen für HMI umfassen die Vermeidung überflüssiger Informationsdarstellungen, die Überwachung des Fahrers sowie einen sicheren und stressfreien Zugang zu HMI bei nicht fahrerbezogenen Aktivitäten (Koga, Shibasaki, Abe, & Kunii, 2017). Ein selbstlernendes Kooperationskonzept könnte hierbei von Interesse sein, um die Zusammenarbeit zwischen Mensch und System zu verbessern und aus diesen kollaborativen Aktionen selbst zu lernen (Biondi, Alvarez, & Jeong, 2019).

Der aktuelle Stand der Forschung zeigt, dass es keinen "perfekten" Satz an Modalitäten gibt, der optimal für die Moderation eines Take-Over-Requests (TOR) ist. Die Wahl der Modalitäten hängt stark von der jeweiligen Situation ab. Bisherige Untersuchungen haben sich auf drei Hauptkategorien konzentriert, um deren Nützlichkeit für die TOR-Moderation zu bewerten:

- Visuelle Modalitäten
- Auditiv Modalitäten
- Haptische Modalitäten, die in aktuellen Fahrzeugmodellen weniger genutzt werden, aber intensiv erforscht werden, um dem Fahrer Informationen zu vermitteln. Das Spektrum reicht von verschiedenen haptischen Einstellungen der Sitze bis hin zu formverändernden Lenkrädern.

Es wird empfohlen, alle drei Modalitäten im Projekt zu berücksichtigen.

## 3 Organisation des Vorhabens

Im folgenden Abschnitt werden die Planung und der Ablauf des Forschungsprojekts seitens studiokurbos detailliert beschrieben. Zunächst wird die Planung erläutert, einschließlich der spezifischen Vorbereitungen und strategischen Überlegungen. Anschließend geben wir einen Überblick über den Ablauf des Projekts, einschließlich der Teilnahme an verschiedenen digitalen Meetings, der Anwendung der Scrum-Arbeitsweise und der Organisation von Workshops. Abschließend wird auf die Umwidmung der Ressourcen eingegangen, die aufgrund der unerwarteten Einstellung der Softwareentwicklung von Athena erforderlich wurde.

### 3.1 Projektplanung

Mit üblichen Projektplanungstools wie GANTT Charts wurden die zeitlichen Abläufe des Projekts geplant. Rollen wurden an einzelne Personen entsprechend ihrer Kompetenz vergeben, die Reportingstrukturen mit zweiwöchentlichen internen Sprint Meetings und regelmäßigen Meetings im Konsortium aufgesetzt. Aus der Vorhabensbeschreibung wurden Unterarbeitspakete (UAPs) abgeleitet und den entsprechenden Mitarbeitern zugewiesen. Die Abnahme der Ergebnisse erfolgte im Team und im Konsortium.

### 3.2 Ablauf

Im Rahmen unseres Forschungsprojekts haben wir aktiv an Regelmeetings für alle Anwendungen teilgenommen, um die kontinuierliche Abstimmung und den Informationsaustausch sicherzustellen. Darüber hinaus waren wir regelmäßig in digitalen

Steuerkreism Meetings und Konsortialmeetings eingebunden, um strategische Entscheidungen zu unterstützen und die Zusammenarbeit im Konsortium zu stärken. Wir haben Workshops organisiert und moderiert, um gemeinsam mit unseren Partnern innovative Lösungen zu entwickeln, und haben individuelle Abstimmungen koordiniert, um eine effektive Kommunikation und Zusammenarbeit mit allen Beteiligten zu gewährleisten.

Eine an unsere Anforderungen und Möglichkeiten adaptierte Scrum-Arbeitsweise förderte innerhalb des studiokurbos Teams Transparenz, Anpassungsfähigkeit und kontinuierliche Verbesserung durch regelmäßige Überprüfung und Anpassung von Arbeitsprozessen. Die iterativen Sprints ermöglichen eine flexible Reaktion auf Veränderungen und sich entwickelnde Anforderungen, während die klaren Rollen und regelmäßigen Meetings die Zusammenarbeit und das Engagement des Teams stärken. Während des Projektablaufs haben wir bei studiokurbos geeignete Methoden aus dem Scrum-Framework genutzt, um unsere Arbeitsweise effektiv zu gestalten.

### 3.2.1 Rollen

Die für den Scrumprozess entwickelten Rollen wurde im Projekt wie folgt ausgefüllt:

- Product Owner (PO): Verantwortlich für die Maximierung des Produktwerts und die Verwaltung des Product Backlogs. Der PO priorisiert die Anforderungen und sorgt dafür, dass das Team stets an den wichtigsten Aufgaben arbeitet. Diese Rolle teilten sich Samuel Nau und Cristián Acevedo.
- Scrum Master (SM): Unterstützt das Team dabei, die Scrum-Prinzipien zu verstehen und anzuwenden. Der SM beseitigt Hindernisse, die das Team bei der Arbeit behindern, und fördert eine effektive Zusammenarbeit. Diese Rolle nahm Miriam Bottesch ein.
- Entwicklungsteam: Ein multidisziplinäres und erfahrenes Team, das die Arbeit umsetzt und das Produkt inkrementell liefert. Das Team ist selbstorganisiert und entscheidet eigenständig, wie die Arbeit am besten erledigt wird. Das Team bestand aus
  - Andrea Castiglione
  - Amr Al Janadi
  - Charis Mania
  - Cristián Acevedo
  - Claudia Männer
  - Dennis Moser
  - Felix Theinert
  - Gregor Schimanek
  - Hermann Seitz
  - Judith Stöber
  - Katharina Schnaitmann
  - Mara Pöllinger
  - Martin Böhringer
  - Miriam Bottesch
  - Niklas Ihle
  - Peter Rössger
  - Samuel Nau
  - Selin Özdemir
  - Sergio La Gattuta
  - Tobias Stricker
  - Xinyi Wang

### 3.2.2 Ereignisse

- Sprint: Ein Zeitraum von 2 Wochen, in dem ein fertiges, nutzbares Produktinkrement erstellt wird. Jeder Sprint hat ein festes Ziel und ist von gleichbleibender Dauer.
- Sprint Planning: Ein Treffen zu Beginn jedes Sprints, bei dem das Team das Ziel des Sprints festlegt und die zu erledigenden Aufgaben aus dem Product Backlog auswählt.
- Sprint Review: Ein Meeting am Ende des Sprints, bei dem das Team das erstellte Produktinkrement präsentiert und Feedback von Stakeholdern einholt. Wobei Sprint Planning und Review in ein Meeting zusammengelegt wurde.
- Sprint Retrospective: Ein Treffen nach Bedarf, in dem das Team reflektiert, was gut gelaufen ist und was verbessert werden kann, um die Effizienz und Zusammenarbeit in zukünftigen Sprints zu steigern.

### 3.2.3 Artefakte

- Product Backlog: Eine priorisierte Liste von Aufgaben, die das Produkt betreffen. Der PO verwaltet und aktualisiert den Backlog kontinuierlich, um neue Anforderungen oder Änderungen zu berücksichtigen.
- Sprint Backlog: Eine Auswahl von Aufgaben aus dem Product Backlog, die das Team während eines Sprints umsetzt.

## 3.3 Zusammenarbeit mit anderen Instanzen

Im Rahmen unserer Forschungsarbeit zur MMI haben wir mit zwei externen Experten zusammengearbeitet.

### 3.3.1 Beyond HMI

Eine enge und herausragende Kooperation war die mit beyond HMI, einem Beratungsunternehmen, das sich auf Usability (U), UX und HMI-Design spezialisiert hat.

beyond HMI verfolgt das Ziel, Technologie so zu gestalten, dass sie nicht nur funktional ist, sondern auch einen echten Mehrwert für den Menschen schafft. Die Grundphilosophie des Unternehmens beruht auf der Überzeugung, dass das Verständnis des Menschen im Zentrum des Designprozesses stehen muss, um erfolgreich zu sein. Dabei legt beyond HMI besonderen Wert darauf, dass Technologie das Leben der Menschen verbessert und die Welt zu einem besseren Ort macht.

Mit über 30 Jahren Erfahrung in der Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktionen bringt beyond HMI ein umfangreiches Fachwissen in unsere Projekte ein. Das Unternehmen entwickelt für seine Klienten Lösungen und Produkte, die nicht nur einfach zu nutzen sind, sondern auch begeistern und erfolgreich sind. Ihre Marktanalysen, Roadmaps und Entwicklungen bieten Sicherheit und helfen dabei, die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Die Kooperation mit beyond HMI war äußerst bereichernd und hat wesentlich zum Fortschritt unserer Forschungsarbeit beigetragen. Durch die gemeinsame Expertise konnten innovative Lösungen entwickelt werden, die das Potenzial haben, die Zukunft der MMI nachhaltig zu beeinflussen. Diese Zusammenarbeit hat gezeigt, wie wichtig es ist, Expertenwissen aus verschiedenen Bereichen zu integrieren, um zukunftsweisende technologische Entwicklungen voranzutreiben.

### 3.3.2 Goodpatch

Die Firma Goodpatch ist ein Designstudio mit Hauptsitz in Japan. Die deutsche Niederlassung hat das VR-Tool ATHENA entwickelt, mit dem Fahrzeuginnenräume und Fahrzeugumgebungen simuliert, dargestellt und getestet werden können. Mithilfe entsprechender Editoren können Landschaften simuliert, erstellt und belebt werden. Andere Verkehrsteilnehmer werden dargestellt und können in ihrem Verhalten gesteuert werden. Die Firma Goodpatch stellte nach Projektbeginn ihre Aktivitäten in Deutschland generell und damit auch für das Tool ATHENA ein. Es wurden studiokurbos die benötigten Informationen zur Verfügung gestellt, um eine weitere Nutzung zu ermöglichen. Da Support und Weiterentwicklung des Tools eingestellt wurden, wurden für einen Teil der weiteren Simulationen alternative Tools eingesetzt.

## 3.4 Umwidmung von Fördermitteln

Die Firma Goodpatch GmbH sollte dem Projekt ein 3D-Tool zur Entwicklung und zum Testen von virtuellen Umgebungen im Fahrzeug beisteuern. Das Produkt Athena war zu Beginn des Projekts weitgehend fertig entwickelt, dennoch bestand fortlaufend Bedarf an Unterstützung. Im Verlauf des Forschungsprojekts mussten wir jedoch die Aufwände für Goodpatch neu zuweisen, da die Software Athena und die angebotenen Entwicklungsleistungen unerwartet eingestellt wurden.

Stattdessen mussten wir über studiokurbos verschiedene andere Softwarelizenzen erwerben (z. B. Unity, ProtoPie Enterprise, Varjo XR Subscription) und Hardware von Goodpatch übernehmen.

Aus diesem Grund wurden in den letzten beiden Projektjahren (seit 08/2022) interne Aufgaben umstrukturiert, um die gesteckten Ziele weiterhin zu erreichen. Diese Anpassungen waren notwendig, um die Ressourcen effizient neu zuzuweisen und den Projektfortschritt in anderen Bereichen sicherzustellen.

## 4 Eingesetzte Methoden

Um die Grundlagen unseres Forschungsprojekts zu verstehen, ist es wichtig, den wissenschaftlichen und technischen Stand darzustellen, an den wir angeknüpft haben. In unserem Projekt haben wir bewährte Methoden und Werkzeuge aus dem Bereich der UX verwendet, die sich in der Praxis etabliert haben und unter Experten weit verbreitet sind. Diese umfassen Methoden wie User-Centered Design (UCD), Personas, Prototyping und viele andere, die uns geholfen haben, effektive, benutzerzentrierte Lösungen zu entwickeln. Im folgenden Textabschnitt werden die spezifischen Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte detailliert beschrieben, die wir für die Durchführung unseres Vorhabens genutzt haben.

### 4.1 User Centered Design

User Centered Design (UCD) ist ein iterativer Designprozess, der die Bedürfnisse und Anforderungen der Endbenutzer in den Mittelpunkt stellt. Das Ziel von UCD ist es, benutzerfreundliche, effiziente und effektive Produkte zu entwickeln. Der Prozess umfasst folgende Schritte:

- Verstehen der Nutzer: Durch Interviews, Umfragen und Beobachtungen werden die Bedürfnisse und Verhaltensweisen der Nutzer ermittelt.

- Definition der Anforderungen: Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden spezifische Anforderungen und Ziele festgelegt.
- Prototyping und Design: Entwicklung von Prototypen und Designs, die den Nutzerbedürfnissen gerecht werden.
- Testen und Feedback: Iterative Tests mit Nutzern, um das Design kontinuierlich zu verbessern und anzupassen.
- Implementierung: Die endgültigen Designs werden umgesetzt, wobei regelmäßig Feedback eingeholt wird.

## 4.2 Personas

Personas sind fiktive, aber realistische Darstellungen der Zielnutzergruppen eines Produkts oder einer Dienstleistung. Personas helfen dabei, das Design und die Funktionalität eines Produkts auf die spezifischen Bedürfnisse der Nutzer auszurichten. Sie basieren auf realen Daten und umfassen:

- Demografische Merkmale: Alter, Geschlecht, Beruf, Bildung etc.
- Verhaltensmuster
- Vorlieben, Gewohnheiten
- Technische Affinitäten
- Ziele und Bedürfnisse: Was möchten die Nutzer erreichen?
- Herausforderungen und Frustrationen: Welche Probleme haben die Nutzer?

## 4.3 User Journeys

User Journeys sind visuelle Darstellungen der Schritte, die ein Nutzer durchläuft, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Sie helfen dabei, die Nutzererfahrung zu verstehen und Schwachstellen im Prozess zu identifizieren. Eine User Journey umfasst:

- Touchpoints: Interaktionen des Nutzers mit dem Produkt oder der Dienstleistung.
- Emotionale Aspekte: Gefühle und Gedanken des Nutzers in jeder Phase.
- Schmerzpunkte: Schwierigkeiten oder Hindernisse, die der Nutzer erlebt.

## 4.4 Use Cases

Use Cases beschreiben, wie ein System von Nutzern genutzt wird, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Sie sind hilfreich, um funktionale Anforderungen festzulegen und sicherzustellen, dass alle Nutzerbedürfnisse berücksichtigt werden. Ein Use Case besteht aus:

- Akteuren: Wer interagiert mit dem System?
- Szenarien: Welche Schritte unternimmt der Nutzer?
- Erwartete Ergebnisse: Was soll erreicht werden?

## 4.5 Impact Effort Map

Die Impact Effort Map ist ein Werkzeug, um Prioritäten bei der Umsetzung von Use Cases zu setzen. Use Cases werden auf einer zweidimensionalen Karte platziert, um solche mit hohem Nutzen und geringem Aufwand zu identifizieren und zu priorisieren. Sie bewertet:

- Impact (Auswirkung): Der Nutzen, den ein Use Case für die Nutzer oder das Geschäft bringt.
- Effort (Aufwand): Die Ressourcen und Zeit, die zur Umsetzung benötigt werden.

## 4.6 Informationsarchitektur

Die Informationsarchitektur bezieht sich auf die Strukturierung und Organisation von Inhalten innerhalb eines Produkts. Die Informationsarchitektur umfasst die Entwicklung von Sitemaps, Navigationsstrukturen und Klassifikationsschemata. Ziel ist es:

- Klarheit: Inhalte sollen logisch und intuitiv angeordnet sein.
- Zugänglichkeit: Nutzer sollen leicht auf die benötigten Informationen zugreifen können.
- Effizienz: Der Zugriff auf Informationen soll schnell und unkompliziert erfolgen.

## 4.7 Word Cloud

Eine Word Cloud ist eine visuelle Darstellung von Textdaten, bei der häufig verwendete Wörter größer angezeigt werden. Word Clouds bieten eine einfache Möglichkeit, qualitative Daten zu analysieren und visuell darzustellen. Anwendungsfälle sind:

- Schlüsselthemen: Häufig erwähnte Begriffe zu identifizieren.
- Nutzerfeedback: Wichtige Aspekte aus Nutzerkommentaren oder Umfragen hervorzuheben.

## 4.8 Fokusgruppen

Eine Fokusgruppe ist eine qualitative Forschungsmethode, die häufig in der UX- und Marktforschung eingesetzt wird. Dabei handelt es sich um eine moderierte Diskussionsrunde, bei der eine kleine Gruppe von Teilnehmern, die typischerweise die Zielgruppe eines Produkts oder einer Dienstleistung repräsentiert, ihre Meinungen, Einstellungen und Erfahrungen zu bestimmten Themen teilt. Mögliche Ergebnisse sind:

- Einblicke in Nutzerbedürfnisse: Fokusgruppen bieten tiefere Einblicke in die Bedürfnisse, Wünsche und Probleme der Nutzer.
- Schnelles Feedback: Unternehmen können schnell Feedback zu Produktideen, Prototypen oder Marketingstrategien erhalten.
- Emotionale Reaktionen: Fokusgruppen helfen, emotionale Reaktionen auf Produkte oder Konzepte zu verstehen, was für die UX-Gestaltung entscheidend sein kann.
- Interaktive Diskussion: Der Austausch zwischen den Teilnehmern fördert verschiedene Perspektiven und Ideen, die in Einzelinterviews möglicherweise nicht hervorgebracht würden.

## 4.9 Moodboard Workshop

Ein Moodboard Workshop ist ein kollaborativer Prozess zur Definition des visuellen Stils eines Produkts. Der Workshop hilft, eine gemeinsame Designvision zu entwickeln und den gewünschten Stil zu konkretisieren. Teilnehmer sammeln und diskutieren:

- Bilder und Farben: Inspirationen für das Design.
- Typografie und Formen: Schriftarten und grafische Elemente.
- Emotionen und Assoziationen: Welche Stimmung und Werte sollen vermittelt werden?

## 4.10 Konzeption

Konzeption ist der Prozess der Ideenfindung und Planung für ein Produkt oder eine Dienstleistung. Die Konzeption legt den Grundstein für das User Interface (UI) Design und Prototyping, indem sie klare Richtlinien und Ziele für die nachfolgenden Designphasen festlegt. Es beinhaltet:

- Ideengenerierung: Entwicklung von kreativen Lösungen, um Nutzerbedürfnisse zu erfüllen.

- Strukturierung: Organisieren von Ideen in ein kohärentes Konzept.
- Validierung: Überprüfung der Machbarkeit und des Potenzials der Konzepte durch Nutzerfeedback und Tests.

#### 4.11 SCAMPER

Die SCAMPER-Methode ist eine Kreativitätstechnik, die genutzt wird, um innovative Ideen zu entwickeln und bestehende Produkte oder Prozesse zu verbessern. Das Ziel der SCAMPER-Methode ist es, Kreativität zu fördern und innovative Lösungen durch systematisches Hinterfragen und Neugestaltung bestehender Konzepte zu entwickeln. SCAMPER steht für sieben Denkanstöße:

- Substitute (Ersetzen)
  - Ersetze Teile oder Materialien durch andere.
  - Beispiel: Kunststoff durch biologisch abbaubares Material ersetzen.
- Combine (Kombinieren)
  - Kombiniere verschiedene Elemente, um Synergien zu schaffen.
  - Beispiel: Notizbuch und digitaler Kalender kombinieren.
- Adapt (Anpassen)
  - Passen Sie bestehende Ideen an neue Bedürfnisse an.
  - Beispiel: Software-Tool für eine neue Branche anpassen.
- Modify (Modifizieren)
  - Ändere Aspekte wie Größe oder Design.
  - Beispiel: Produkt verkleinern, um es tragbar zu machen.
- Put to Another Use (Anders verwenden)
  - Finde neue Einsatzmöglichkeiten.
  - Beispiel: Alte Reifen für Kinderspielplätze verwenden.
- Eliminate (Eliminieren)
  - Entferne unnötige Elemente.
  - Beispiel: Unnötige Funktionen aus Software entfernen.
- Reverse (Umkehren) oder Rearrange (Neu ordnen)
  - Kehre Prozesse um oder ordne sie neu.
  - Beispiel: Kunden frühzeitig in den Serviceprozess einbinden.

#### 4.12 UI-Design

UI-Design konzentriert sich auf die visuelle Gestaltung der Benutzeroberfläche eines Produkts. Es ist entscheidend für die Benutzererfahrung, da es die Benutzerfreundlichkeit und Ästhetik eines Produkts direkt beeinflusst. Es umfasst:

- Visuelles Design: Gestaltung von Farben, Schriftarten, Icons und Layouts.
- Interaktionselemente: Entwicklung von Buttons, Menüs, Formularen und anderen interaktiven Komponenten.
- Design: Sicherstellen, dass das Design auf den definierten Geräten und Bildschirmgrößen gut funktioniert.

#### 4.13 Prototyping

Prototyping ist der Prozess der Erstellung von Vorabversionen eines Produkts, um Designkonzepte zu testen und zu verfeinern. Prototyping ermöglicht es, frühzeitig Feedback von Nutzern zu erhalten und Designänderungen vorzunehmen, bevor Ressourcen in die vollständige Entwicklung investiert werden. Es gibt verschiedene Prototyping-Methoden:

- Low-Fidelity Prototypen: Einfache Skizzen oder Wireframes, um grundlegende Konzepte zu visualisieren.
- High-Fidelity Prototypen: Detaillierte und interaktive Modelle, die dem endgültigen Produkt näherkommen.
- Interaktive Prototypen: Ermöglichen Nutzern, durch das Design zu navigieren und Funktionen zu testen.

#### 4.14 Net Promoter Score (NPS)

Der Net Promoter Score (NPS) misst die Kundenzufriedenheit und Loyalität durch eine einfache Frage: "Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie unser Produkt oder unsere Dienstleistung einem Freund oder Kollegen empfehlen?" Der NPS wird berechnet, indem der Prozentsatz der Kritiker vom Prozentsatz der Promotoren abgezogen wird. Die Antworten werden auf einer Skala von 0 bis 10 eingeteilt und in drei Kategorien untergliedert:

- Promotoren (9-10): Sehr zufriedene Kunden, die das Produkt oder die Dienstleistung wahrscheinlich weiterempfehlen.
- Passive (7-8): Zufriedene, aber nicht begeisterte Kunden.
- Kritiker (0-6): Unzufriedene Kunden, die möglicherweise negativ über das Produkt sprechen.

#### 4.15 Erweiterter Net Promoter Score (eNPS)

Der eNPS nutzt die Struktur des NPS wie oben beschrieben, stellt aber andere Fragen, wie zum Beispiel nach der Verständlichkeit eines Systems oder des Gruseligkeit eines Designs. Die Auswertemethoden sind mit denen des NPS identisch.

#### 4.16 User Experience Fragenbogen meCUE

Das meCUE-Modell ist ein umfassendes Werkzeug zur Bewertung der Benutzererfahrung und besteht aus fünf Modulen, die spezifische Fragen enthalten:

- Modul I: Nützlichkeit (N) und Benutzbarkeit (U)
- Modul II: Visuelle Ästhetik (A), Status (S) und Bindung (B)
- Modul III: Positive Emotionen (AP, DP) und Negative Emotionen (AN, DN)
- Modul IV: Nutzungsintention (NI) und Produktloyalität (L)
- Modul V: Gesamturteil (global)

Da die von uns getesteten Prototypen nicht interaktiv waren, sondern von den Teilnehmern nur passiv angesehen wurden, konnte die Benutzbarkeit (U) nicht getestet werden und wurde daher neutral bewertet. Das meCUE-Modell ermöglicht eine differenzierte Analyse der emotionalen und funktionalen Aspekte der Benutzererfahrung.

#### 4.17 Design Ranking

Design Ranking ist eine Methode zur Bewertung und Priorisierung von Designalternativen. Die Teilnehmer bringen die unterschiedlichen getesteten Prototypen in eine Rangreihe vom besten zum schlechtesten. Durch das Ranking können die besten Designlösungen identifiziert und weiterverfolgt werden. Nutzer oder Stakeholder bewerten verschiedene Designoptionen basierend auf Kriterien wie:

- Ästhetik: Optische Anziehungskraft.
- Benutzerfreundlichkeit: Einfachheit der Nutzung.
- Funktionalität: Erfüllung der Nutzeranforderungen.

## 4.18 Interview

Interviews sind qualitative Forschungsmethoden zur Gewinnung tiefgehender Einblicke in die Bedürfnisse und Perspektiven der Nutzer. Interviews helfen, detaillierte Informationen zu sammeln, die zur Verbesserung des Produkts genutzt werden können. Sie umfassen:

- Strukturierte Interviews: Feste Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten
- Halbstrukturierte Interviews: Flexibler Ansatz mit vorab festgelegten offenen Fragen und offenen Antworten
- Unstrukturierte Interviews: Freie Konversation zur Exploration von Themen

## 4.19 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsliste

Die verwendeten Literaustellen sind im Kap. III Literaturverzeichnis aufgeführt.

# 5 Ergebnisse

KARLI gliedert die Arbeitsinhalte in 9 Arbeitspakete (APs). Die APs sind in UAPs aufgeteilt. studioskurbos hat sich maßgeblich beteiligt an den hier aufgelisteten Arbeitspaketen (AP):

- 100 Theoriebildung
- 300 LKV
- 400 Konzeption und Umsetzung KI-I
- 500 KI-Algorithmen und MMI für Erkennung und Vermeidung von MS
- 600 Integration und Absicherung des KI-Gesamtsystems
- 700 Abschließende Evaluation und Demonstration
- 800 Projektmanagement und Ergebnisverbreitung

## 5.1 AP 100 | Theoriebildung

### 5.1.1 Unterarbeitspaket (UAP) 110 | Theoriebildung | Zielapplikation MS

#### 5.1.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Literaturrecherche Stand der Forschung KI-Interaktion
- b) Literaturrecherche Stand der Forschung MS
- c) Literaturrecherche Stand der Forschung LKV
- d) Analyse der Ergebnisse von anderen Partnern aus AP100
- e) Teilnahme an der Theoriebildung
- f) Wissenschaftliche Literaturrecherche zum Stand der Forschung KI-Interaktion, MS, LKV (Unterauftrag)
- g) Wissenschaftliche Evaluation und Validierung der Theoriebildung (Unterauftrag)

#### 5.1.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) siehe (s.) MS im Kapitel (Kap.) 1.1
- b) s. LKV im Kap. 1.2
- c) s. KI-I im Kap. 1.3

- d) Die Analyse der Ergebnisse anderer Partner im Rahmen von AP 100 ermöglichte es, Synergien zu identifizieren und von bereits erprobten Ansätzen zu profitieren. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden genutzt, um die eigene Theoriebildung zu optimieren und die Entwicklung zielgerichteter Lösungen zu fördern.
- e) Durch die aktive Teilnahme an der Theoriebildung wurde ein interdisziplinärer Austausch gefördert, der die Integration verschiedener Perspektiven und Fachgebiete in die Entwicklung der Applikation erleichterte. Diese Zusammenarbeit war entscheidend, um eine umfassende und fundierte theoretische Basis zu schaffen.
- f) Die wissenschaftliche Literaturrecherche, die sich mit dem aktuellen Stand der Forschung zu KI-Interaktion, MS und LKV befasste, ermöglichte eine fundierte Grundlage für die theoretische Ausarbeitung der Theoriebildung. Diese Informationen wurden systematisch ausgewertet, aufbereitet und flossen in die Konzepterstellung ein.
- g) Die wissenschaftliche Evaluation und Validierung der Theoriebildung wurden durch methodische Ansätze wie Peer-Reviews und Expertenbefragungen unterstützt. Diese Maßnahmen stellten sicher, dass die entwickelten Theorien belastbar sind und auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren, wodurch die Validität und Relevanz der Applikation MS gestärkt wurde.

## **5.1.2 UAP 120 | Erhebungsszenarien und Use Cases | Zielapplikation LKV**

### **5.1.2.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Analyse der Definitionsergebnisse der Hochschule der Medien
- b) Hypothesenbildung als Basis der Use Case Erstellung
- c) Entwicklung und Darstellung der Use Cases
- d) Validierung der Use Cases
- e) Wissenschaftliche Absicherung der Erhebungsszenarien und Erstellung der Use Cases (Unterauftrag)

### **5.1.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Aufgrund der folgend dargestellten Herangehensweise erübrigte sich eine Analyse der Definitionsergebnisse der Hochschule der Medien.
- b) Zur Hypothesenbildung für alle Applikationen wurden von studiokurbos konsortialweite Workshops zu Personas, Use Cases und User Journeys initiiert, vorbereitet, moderiert und evaluiert. Aus den konsolidierten Ergebnissen ließen sich im weiteren Verlauf des Projekts gemeinschaftliche Konzepte entwickeln.
- c) Zur Entwicklung und Darstellung der Use Cases bot sich eine auf bewährten U und User-Experience-Prozessen basierende Herangehensweise an. Dieser Ansatz umfasste die systematische und aufeinander aufbauende Erstellung von Personas, User Journeys und Use Cases. In enger Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern wurden Templates für die Erstellung von Personas und User Journeys in Miro konzipiert, die als Inspirations- und Diskussionsgrundlage für Workshops dienten. Die Partner erstellten erste Entwürfe, welche die spezifischen Forschungsinteressen optimal berücksichtigten. In den Workshops präsentierten die beteiligten Partner ihre Ergebnisse. Notizen und Kommentare wurden

gesammelt und in kleineren Arbeitsgruppen weiterentwickelt. Anschließend präsentierten die Teams ihre überarbeiteten Ergebnisse, die später konsolidiert wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass kein Aspekt der Personas, User Journeys oder Use Cases unzulässig vereinfacht wurde.

(I) Gemeinsam legte das Konsortium folgenden Merkmalen zur detaillierten Beschreibung der Personas fest

- Soziodemographische Merkmale
  - Alter
  - Familienstand
  - Kinder
  - Wohnort
  - Berufsbezeichnung
  - Art der Beschäftigung
  - Arbeitsverhältnis
  - Einkommen
  - Fahrerfahrung
- Persönlichkeit (basierend auf dem O.C.E.A.N.-Model)
  - Offenheit
  - Gewissenhaftigkeit
  - Extraversion/Begeisterungsfähigkeit
  - Verträglichkeit
  - Neurotizismus
- Pain Points mit dem Fahrzeug
  - Ich fühle mich...
  - Wann...
  - Heute löse ich das mit...
- Merkmale
  - PKW Nutzungsausmaß
  - Zeit im Auto
  - PKW Nutzungsbereich
  - Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen (ADAS)
  - Erfahrung mit automatisierten Fahrzeugen
  - Wenn ja, mit welchem Level
  - Geschäfts- oder privates Fahrzeug
  - Vertrauen in Technologie
  - Technikaffinität
  - Erfahrung mit Sprachassistenten
  - Anfälligkeit für Carsickness
  - Kognitive Auslastung
  - LKV Missbrauch Tendenz
  - Mensch/Maschine Distanzverhältnis
  - Mensch/Maschine Hierarchieverhältnis
- Bedürfnisse
- Wünsche

- physische bzw. krankheitsbedingte Einschränkungen
- Sonstiges

(II) Nach entsprechender Diskussion im Konsortium wurde der Fokus auf vier Personas gelegt:

- **Lisa (32)** ist CEO eines Startups, technikaffin, aber anfällig für Reisekrankheit. Sie nutzt Sprachassistenten intensiv und bewegt sich viel in beruflichen wie privaten Kontexten.
- **Matthias (49)** ist Außendienstmitarbeiter mit mittlerer Technikaffinität und moderater Anfälligkeit für Carsickness. Er pendelt häufig zwischen Arbeit und Familie.
- **Anke (42)**, Ergotherapeutin in Teilzeit, jongliert Beruf und Familie. Ihre Technikaffinität ist gering, und sie hat oft Schwierigkeiten, sich bei quengelnden Kindern auf das Fahren zu konzentrieren.
- **Eberhardt (64)**, ein pensionierter Bäcker, genießt seinen Ruhestand mit Reisen und Wandern. Seine Technikaffinität ist gering, und er plant gerne im Voraus, vor allem aufgrund seiner Diabeteserkrankung.

Für die Visualisierung der Personas wählten wir eine reduzierte, illustrative Darstellung. Diese ermöglicht es, schnell atmosphärische Szenen zu schaffen, die die Charaktere lebendig und authentisch darstellen. Die Wahl der bunten, harmonisch abgestimmten Farben, mit häufigem Einsatz des markanten KARLI-Grüns, vermittelt Lebendigkeit und findet aktuell auch in anderen Plattformen, wie LinkedIn, Anklang. Ergebnisse wurden in einer Präsentation festgehalten und dem Konsortium vorgestellt und auf dem Share Server geteilt.

(III) Während eines darauffolgenden Workshops, im Rahmen eines Konsortialmeetings, haben sich die Partner in Interessengruppen aufgeteilt um die User Journeys zu erarbeiten. Das Storyboard relevanter Use Cases wurde hier Schritt für Schritt ausdetailliert. Annahmen zu folgenden Touchpoints wurden getroffen:

- Systemaktionen
- Nutzeraktionen
- KARLI Nutzerrollen
- Kontrolle über das Fahrzeug
- Umgebungsbedingungen (Mode Awareness Creator (MAC)/ MMC)
- Nutzerbedürfnisse
- Pain Points
- Kanäle zur Übermittlung jeweiliger Informationen.

Im Rahmen der Workshops fanden sich die Konsortialpartner in Interessensgruppen zusammen. Überraschenderweise wurden lediglich die User Journeys von „Lisas Weg zur Arbeit“ und „Matthias Dienstreise“ intensiv diskutiert. Aus Zeitgründen wurden zwar auch erste Überlegungen zu Ankes User Journey angestellt, jedoch blieb eine tiefergehende Ausarbeitung aus. Eberhardts User Journey wurde hingegen nicht berücksichtigt.

(IV) Für die weitere Ausarbeitung legte studiokurbos den Fokus auf „Lisas Weg zur Arbeit“, da hier eine Darstellung typischer und für alle Applikationen relevanter Use

Cases möglich ist. Dieser Ansatz bietet eine vielseitige Grundlage, um unterschiedliche Anwendungsszenarien abzudecken:

- **Erwachen des Fahrzeugs und Begrüßung des Fahrers (KI-I)**  
Der Avatar manifestiert sich und begrüßt den Fahrer mit einer freundlichen Ansprache: „Willkommen“. Der Avatar bewegt sich im Zustand „Sprechen“, um eine menschliche Interaktion zu simulieren.
- **Smarte Routenwahl (Weg zur Arbeit) (KI-I)**  
Basierend auf bereitgestellten Kalenderinformationen kann die KI ein Ziel vorhersagen und empfiehlt Routen mit unterschiedlichen Vorteilen. Der Fahrer hat die Möglichkeit, eine Route auszuwählen, die seinen Präferenzen entspricht.
- **Manuelle Fahrt (KI-I und LKV)**  
Während der manuellen Fahrt beginnt die Reise auf Fahrlevel 2. Die KI spielt eine präventive Rolle, indem sie den Fahrer vor möglichen Regelverstößen, wie der unerlaubten Nutzung eines mobilen Geräts, warnt. Bei einem bevorstehenden Videocall informiert die KI den Fahrer, dass er dem Call während der autonomen Fahrt beitreten kann.
- **Prävention eines Regelverstoßes (KI-I und LKV)**  
Am Beispiel „unerlaubte Nutzung eines mobilen Geräts“ während manueller Fahrt. Genauer startet ein Videoanruf. Dem Fahrer wird dies transparent kommuniziert. Allen gesetzlich zugelassenen Optionen werden zur Verfügung gestellt.
- **Erkennung von Müdigkeit (KI-I)**  
Die KI überwacht den Fahrer kontinuierlich auf Anzeichen von Müdigkeit und gibt gegebenenfalls Tipps, um die Wachsamkeit zu verbessern.
- **Annäherung an eine Ampel (KI-I)**  
Um sicherzustellen, dass der Fahrer jederzeit informiert ist, gibt die KI die Ampelzustände visuell im HMI wieder. Sollte eine Ampel in der Realität verdeckt sein, bleibt der Fahrer dennoch informiert.
- **Fahraufgabe an das Fahrzeug abgeben (LKV)**  
Die Übergabe der Fahrkontrolle an das Fahrzeug kann auf einfache Weise erfolgen. Der Avatar zeigt dem Fahrer die notwendigen Schritte zur Übergabe, die von Fahrlevel 2 über Level 3 bis hin zu Level 4 erfolgen kann.
- **Autonome Fahrt (KI-I und LKV)**  
Während der autonomen Fahrt hat der Fahrer die Möglichkeit, sich mit anderen Tätigkeiten zu beschäftigen. Der Avatar informiert den Fahrer über dringende Ereignisse, wie z. B. einen laufenden Videocall.
- **Lesen während autonomer Fahrt (Use Case nicht in der VR-Anwendung enthalten) (MS)**  
Während der autonomen Fahrt kann der Fahrer anderen Aktivitäten nachgehen, wie etwa dem Lesen. Dieser Use Case ist jedoch nicht in der aktuellen VR-Anwendung enthalten und wurde in den Studien von Ford untersucht.
- **Videoanruf (KI-I)**  
In der virtuellen Anwendung kann der Fahrer entscheiden, einen Videocall entgegenzunehmen. Diese Entscheidung wird dem Fahrer durch die KI erleichtert und unterstützt.

Für die Visualisierung der User Journeys wählten wir eine Tabelle. Textliche Informationen gepaart mit reduzierten, illustrativen Darstellung. Diese ermöglicht es, schnell atmosphärische Szenen zu schaffen, die die Szenerien lebendig und authentisch darstellen. Die Wahl der bunten, harmonisch abgestimmten Farben, mit häufigem Einsatz des markanten KARLI-Grüns, vermittelt Lebendigkeit und findet aktuell auch in anderen Plattformen, wie LinkedIn, Anklang. Ergebnisse wurden in einer Präsentation festgehalten und dem Konsortium vorgestellt und auf dem Share Server geteilt.

- d) Am 22. September 2023 fand im Rahmen des studiokurbos-Teams ein Next-Steps-Workshop statt. Ziel des Workshops war es, die nächsten konkreten Schritte für das laufende Forschungsprojekt festzulegen. Bis zu diesem Zeitpunkt hatten wir die verschiedenen Darstellungsoptionen für den Levelwechsel zwischen manuellem und autonomem Fahren sowie umgekehrt untersucht und konzipiert. Ein besonderer Fokus lag hierbei auf der Handhabung eines Hard TOR, also einer Aufforderung zum sofortigen Wechsel von autonomer zu manueller Fahrt. Eine Reduzierung des Umfangs der weiteren Untersuchungen gründete darauf, dass wir lieber handfeste und validierte Ergebnisse aus einem Teilbereich ziehen wollten, statt alle Themen nur oberflächlich zu betrachten. Dieser Fokus auf Qualität und Tiefe der Ergebnisse sollte sicherstellen, dass die gewonnenen Erkenntnisse praxisrelevant und belastbar sind. Im Workshop wurde daraufhin beschlossen, den Schwerpunkt der weiteren Arbeit auf den Übergang von manueller zu autonomer Fahrt zu legen. Um dies zu unterstützen, soll eine zweite Nutzerstudie durchgeführt werden, die wertvolle Einblicke in das Nutzerverhalten während dieses Übergangs liefern soll. Infolgedessen konnten die spezifischen Anwendungsfälle, die in unserer VR-Simulation erlebbar gemacht werden sollen, weiter konkretisiert werden. Dieser Workshop markierte somit einen wichtigen Meilenstein im Projekt, da er den Fokus der Forschungsarbeit präziserte und die nächsten operativen Schritte definierte.
- e) Für die Applikation LKV wurde die Hypothesenbildung durch eine umfassende Analyse der Literatur unterstützt. Ein Peer-Review stellte sicher, dass die Vollständigkeit und Richtigkeit der Hypothesen überprüft und bestätigt wurde. Dadurch wurde die korrekte Bildung der Hypothesen gewährleistet.

## 5.2 AP 300 | Levelkonformes Fahrerverhalten

### 5.2.1 UAP 332 | MMI: Interaktionskonzept für multimodalen In- und Output | Zielapplikation LKV

#### 5.2.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Analyse der Rechercheergebnisse und Use Cases
- b) Ableitung von Interaktionszenarien
- c) Adaptierung der Interaktionen durch KI (Form und Rolle)
- d) Entwicklung Grundkonzept KI-basierter MMC für Übergaben auf Level 2, 3, 4
- e) Entwicklung Paper&Pencil Konzepte für MMC
- f) Entwicklung MMI Konzept für Applikationen
- g) Wissenssch. Validierung der Grundkonzepte MMC, Konzepterstellung (Unterauftrag)

#### 5.2.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) s. Kap. 5.1.2.2

b) s. Kap. 5.1.2.2

c) Report „Darstellung der KI“ (von Dr. Peter Rössger):

Im Arbeitspaket "KI-MMI" des Projekts KARLI wird untersucht, wie der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) das Erscheinungsbild der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) beeinflusst. Während die meisten KI-Anwendungen im Hintergrund ablaufen und für Nutzer unsichtbar bleiben, untersucht KARLI, wie KI sichtbar gemacht und Nutzererfahrungen verbessert werden können. Die Darstellung der KI-Aktivitäten könnte eine positive Nutzererfahrung fördern und das Bewusstsein für die Technologie stärken. Avatare bieten eine Möglichkeit, die Aktivitäten der KI darzustellen. Diese softwarebasierten Figuren ermöglichen es Nutzern, die Präsenz und Funktion der KI in virtuellen Welten zu erleben. Die Visualisierung von KI ist entscheidend, um die Interaktion zwischen Mensch und Maschine verständlicher zu machen. Ob diese Visualisierungen letztlich von den Nutzern akzeptiert werden, soll in empirischen Studien untersucht werden. Das Paper analysiert die Möglichkeiten, KI in MMI-Lösungen darzustellen, und diskutiert Vorschläge für die Umsetzung im Kontext der KARLI-Aktivitäten. Die Ergebnisse basieren hauptsächlich auf Internetrecherchen und wissenschaftlicher Literatur.

d) Report "[MMI-Adaption durch künstliche Intelligenz](#)" (von Dr.-Ing. Peter Rössger):

Im Arbeitspaket "KI-MMI" des Förderprojekts KARLI wird unter anderem die Frage untersucht, wie sich eine Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz verändert. Leitfragen sind dabei: Wie passt sich eine KI-gestützte MMI an verschiedene Use Cases, Kontexte und die persönlichen Vorlieben der Nutzer an? Wie werden diese Veränderungen sichtbar gemacht? Und wie unterscheiden sich KI-adaptierte MMIs von solchen, die durch Voreinstellungen angepasst werden? Bei künstlicher Intelligenz sind solche Vorhersagen naturgemäß mit großer Unsicherheit verbunden, da es zahlreiche Beispiele gibt, in denen KI unerwartete Ergebnisse geliefert hat. Es liegt in der Natur der KI, Lösungen zu finden, die oft an den Grenzen der menschlichen Vorstellungskraft liegen. Um die geplanten empirischen Studien, in denen die KI auch trainiert werden soll, angemessen vorzubereiten, wurde ein Paper verfasst, in dem eine Analyse der Ein- und Ausgabeparameter des KI-Algorithmus durchgeführt wurde. Für beide Parameterarten wird eine Taxonomie erstellt, also eine möglichst vollständige Auflistung und Kategorisierung in Unter- und Hauptkategorien. Der Algorithmus selbst wird dabei als "Black Box" betrachtet – analysiert werden lediglich die Ein- und Ausgaben. Es werden, basierend auf den im Projekt entwickelten Personas und User Journeys, Hypothesen darüber aufgestellt, wie verschiedene Eingabeparameter die Ausgabeparameter beeinflussen könnten. Wie die KI tatsächlich auf Basis der Eingabeparameter die MMI verändert, war Teil der späteren Studien.

e) Report "Mode-Match Creator" (von Dr.-Ing. Peter Rössger):

Der MMC (Mode Match Creator) ist Teil der Fahrzeug-KI und unterstützt den Fahrer bei der Auswahl des optimalen Automatisierungslevels. Seine Hauptaufgaben sind das Sammeln und Verarbeiten von Informationen sowie die Steuerung der HMI. Die Anpassung des Automatisierungslevels erfolgt entweder durch die KI oder den Nutzer.

Der MMC berücksichtigt dabei unter anderen: Umweltbedingungen (Wetter, Tageszeit, Verkehr, Straßenzustand), Fahrzeug (Navigationsziel, Fahrstrecke, Sensoren), Fahrzustand (Müdigkeit, Aufmerksamkeit) Vorlieben des Fahrers (Fahrstil, Automatisierungslevel, HMI-Parameter). Die Funktionen des MMC umfassen: Erkennen und Kommunizieren des aktuellen und des maximal möglichen Automatisierungslevels, Vorschläge für das optimale Level, Einstellen des gewählten Levels. Der MMC löst zwei

Probleme des automatisierten Fahrens: klare Kommunikation des aktiven Automatisierungslevels und die Auswahl des passenden Levels, basierend auf den aktuellen Bedingungen. Mode Confusion, also unklare Kommunikation über die Aufgabenverteilung, stellt ein Sicherheitsrisiko dar. Die Auswahl des Automatisierungslevels hängt von Faktoren wie Wetter, Straßentyp und rechtlichen Vorgaben ab. Die HMI muss an die Vorlieben des Fahrers angepasst werden, um eine klare Kommunikation sicherzustellen.

- f) Lisas User Journey half dabei, die Rolle der KI in den ausgewählten Anwendungsfällen zu identifizieren und zu präzisieren. Insbesondere wurde festgelegt, dass die KI den Fahrer in Form eines Avatars unterstützen soll. Der Avatar, als stetiger Begleiter, liefert gezielt nützliche Informationen und hilfreiche Funktionen zu Zeiten, die es dem Fahrer ermöglichen, seine Aufgaben oder Bedürfnisse zeitsparender und noch komfortabler zu erfüllen. Ganz im Sinne von "Information on Demand". Dies bezieht sich auf das Bereitstellen von Informationen genau dann, wenn der Nutzer sie benötigt, anstatt ihn von Anfang an mit allen Details zu überfordern. Relevante Informationen werden nur bei Bedarf angezeigt, um eine klare und fokussierte Benutzeroberfläche zu schaffen. So bleibt die Nutzererfahrung übersichtlich und effizient, indem unnötige Ablenkungen vermieden werden und der Nutzer nur die Informationen erhält, die im aktuellen Kontext wichtig sind. Die Use Cases für LKV sind:
- Manuelle Fahrt
  - Prävention eines Regelverstößes
  - Fahraufgabe an das Fahrzeug abgeben
  - Autonome Fahrt
- g) Im Bereich des levelkonformen Fahrverhaltens wurden in einem internen Workshop bei studiokurbos erste Konzeptideen entwickelt. Als Grundlage diente der Funktionsentwurf des MMCs. Vier zentrale „How might we...“-Fragen wurden formuliert, um die Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug im Kontext unterschiedlicher Automatisierungsstufen zu gestalten:
- Wie wollen wir die Anzeige des aktiven Levels darstellen?
  - Wie wollen wir die Aufforderung zur Verhaltensänderung darstellen?
  - Wie wollen wir Vorschläge an den Fahrer darstellen?
  - Wie wollen wir die Aktivierung und Anzeige des neuen Fahrzeugverhaltens darstellen?

Unter Anwendung der Methode „Crazy Eight“ entstanden Handskizzen, die verschiedene Lösungsideen zu diesen Fragestellungen zeigten. Dabei wurden verschiedene Interaktionsmodalitäten berücksichtigt, darunter auditive, visuelle und haptische Signale, sowohl im Fahrzeug-Innenraum als auch im Exterieur. Die Ideen wurden anschließend im Wireframe-Stil simuliert und bewertet. Im Fokus standen dabei die Ausgangssituationen des HMI während der regulären manuellen und autonomen Fahrt, besonders im Hinblick auf den Wechsel zwischen den Automatisierungsleveln. Zudem sollte das System den Fahrer proaktiv dabei unterstützen, Straßenverkehrsregeln einzuhalten, bevor ein Verstoß passiert. Erste Erkenntnisse von Continental zeigten, dass Nutzer zwar ein grundsätzliches Verständnis für die verschiedenen Automatisierungslevel haben, jedoch nicht in der Lage sind, intuitiv zu erfassen, was in den jeweiligen Leveln konkret von ihnen verlangt wird. Aufklärung ist daher unerlässlich. Da im realen Verkehr, insbesondere bei einem Hard-TOR, nicht ausreichend Zeit für ausführliche Erklärungen bleibt, entschied sich studiokurbos, auf die Angabe der spezifischen Levelbezeichnungen zu verzichten. Stattdessen wurde der

Fokus auf vereinfachte Handlungsanweisungen gelegt, die dem jeweiligen Automatisierungslevel entsprechen. Die Handlungsanweisungen wurden in folgende Schritte unterteilt:

- Visuelle Darstellung der aktuellen Fahrsituation
- Kurzgefasste Handlungsempfehlungen
- Feedback zur Umsetzung der Anweisungen
- Kontinuierliche Überwachung und Hinweise auf notwendige Verhaltensanpassungen

Dieser Ansatz ermöglicht es dem Fahrer, schnell und verständlich auf die jeweiligen Anforderungen des Systems zu reagieren, ohne durch technische Fachbegriffe oder unnötige Komplexität überfordert zu werden:

- Fuß vom Pedal
- Hände vom Lenkrad nehmen und
- den Blick schweifen lassen

Lösungen mit verschiedenen visuellen Ausführungen wurden in Figma erstellt und in die HMI integriert und damit theoretisch überprüft. Zur Halbzeitpräsentation wurde eine Visualisierung ausgewählt und in die VR-Simulation integriert. Ein zusätzlicher Hinweis informierte im Vorfeld, dass bald in den autonomen Fahrmodus gewechselt werden könne, dann starteten die Handlungsanweisungen bis die Kontrolle erfolgreich an das Fahrzeug übergeben wurde. In Theorie stellten wir ebenfalls den Use Case eines Hard-TORs dar. Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts, war uns daher besonders wichtig diese Annahme zu überprüfen. Somit verzichteten wir darauf den Hard-TOR weiter zu untersuchen.

## **5.2.2 UAP 352 | Applikationsentwicklung: Implementierung Applikations-Frontend | Zielapplikation LKV**

### **5.2.2.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Umsetzung eines Designsystems (Assetbibliothek)
- b) Grafikerstellung in implementierungsfähigen Layern: Ableitungen aus den erstellten Grafikkonzepten erzeugen, Photoshop-Dateien erstellen und Layern
- c) Assets erstellen, Grafikkomponenten isolieren, generische Grafikkomponenten identifizieren und in passenden Formaten ablegen
- d) Bereitstellung des Iconssets für die Implementierung
- e) Unterstützung der Softwareentwickler bei der Implementierung; Aufbereitung der abgelegten Grafiklayer und Assets
- f) Bereitstellung von Grafiken im implementierungsfähigen Format
- g) Abstimmung von dynamischen HMI Anteilen wie Animationen und Bildübergänge mit den Implementierern
- h) Testen des grafischen Anteils der Applikation entsprechend der Styleguides (manuelle Testverfahren)
- i) Testen des UI Verhaltens bei Eingaben und Ausgaben entsprechend der HMI Spezifikation (manuelle Testverfahren)

### **5.2.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Für ein einheitliches KARLI UI Design ergriff studiokurbos die Initiative und gründete eine Taskforce mit Partnern, die am Thema Interesse zeigten. Dazu gehören Frauenhofer, Continental, Ford und Paragon Semvox. Ein KARLI-UI Workshop, ein

Anforderungsworkshops wurde von studiokurbos initiiert und moderiert. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- die Definition eines KARLI-Charakters mittels treffender Adjektive in einer Word Cloud priorisiert und erstellt mit Mentimeter
- die Festlegung einer visuellen Stil-Richtung anhand von Moodboards
- der Umfang des zu erwartenden Designsystems z.B. ein modulares Layout, Icons von Material Symbols, Größen nach ISO-Norm, eine erweiterte KARLI CI-Farbwelt und Schrift.

Basierend auf diesen Entscheidungen wurde anhand eines Schlüsselscreens ein KARLI UI entwickelt und ausschlaggebende UI-Komponenten in einem digitalen Styleguide, einem Designsystem oder auch Assetbibliothek, dokumentiert. Erbenisse wurden allen Konsortialpartnern vorgestellt.

- b) Mit Figma wurde ein umfassendes Designsystem entwickelt, das zentrale Elemente wie Hintergründe, Bildmaterialien, Buttons und Schriften umfasst, die essenziell für die Gestaltung der Benutzeroberfläche sind. Ein wesentlicher Bestandteil sind zudem die Nutzeranweisungen für den Wechsel der Fahrmodi. Um die Verständlichkeit zu gewährleisten, wurden hierfür Mikroanimationen in After Effects entwickelt. Zusätzlich wurden die Visualisierungen und Animationen des KI-Avatars erstellt, in einer Nutzerstudie getestet und die iterierten Ergebnisse im Konsortium geteilt.
- c) Aufgrund der Erstellung des UIs in Figma, lassen sich jeder Zeit und alle relevanten Details und Assets für eine Implementierung durch den Entwicklerzugang entnehmen. Darüber hinaus wurden z.B. Icons im Vformat svg, Animationen wurden sowohl als mp4 als auch als webm geteilt.
- d) Auf Anfrage unseres Partners TWT haben wir ihre Forschungsvorhaben mit Visualisierungsdienstleistungen unterstützt. Konkret haben wir 62 Icons im finalen KARLI UI Stil entwickelt und umgesetzt. Zudem wurde ein Layout mit einem flexiblen Raster erstellt, um eine optimale Positionierung der Icons zu gewährleisten. Die Lieferung dieser Leistungen erfolgte termingerecht.
- e) Zur Unterstützung der Softwareentwicklung erfolgten individuelle und ausführliche Übergaben aller erstellten Daten. Die Aufbereitung aller Daten war makellos. Die Übergaben waren daher unkompliziert und Nacharbeiten waren nicht notwendig.
- f) Das umfassend dokumentierte Designsystem wurde mit allen interessierten Projektpartnern geteilt bzw. ihnen wurde ein Entwicklerzugang in Figma zum Dokument "UI Components" bereitgestellt.
- g) Abstimmung von dynamischen HMI Anteilen wie Animationen und Bildübergänge mit den Implementierern erfolgte in den Übergaben. Separate Termine waren nicht notwendig.
- h) Das Testen des grafischen Anteils der Applikation entsprechend der Styleguides (manuelle Testverfahren) erfolgte intern und vor Lieferung der Daten um unnötige Iterationen und Mehraufwand zu meiden.

- i) Das Testen des UI Verhaltens bei Eingaben und Ausgaben entsprechend der HMI Spezifikation (manuelle Testverfahren) erfolgte in Form von Animationen und Simulation in VR. Ein aktueller Stnd dazu wurde jederzeit mit den Konsortialpartner geteilt.

## 5.3 AP 400 | Konzeption und Umsetzung KI-Interaktion

### 5.3.1 UAP 410 | Identifikation Einflussfaktoren für Interaktionskonzept | Zielapplikation KI-I

#### 5.3.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Analyse von adaptierbaren Funktionen
- b) Analyse von adaptierbaren MMI Parametern
- c) Analyse von Nutzerpräferenzen bei adaptierbaren MMIs
- d) Identifikation von Parametern, die die UX adaptiver MMIs beeinflusst
- e) Selektion von Parametern für die Umsetzung
- f) Literaturrecherche und wissenschaftliche Validierung der Analysen und der Parameteridentifikation (Unterauftrag)

#### 5.3.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) s. Report "MMI-Adaption durch künstliche Intelligenz" (von Dr.-Ing. Peter Rössger) im Kap. 5.2.1.2.  
Der Report umfasst eine detaillierte Analyse der MMI-Parameter, die für adaptive Interaktionen relevant sind. Diese Parameter sind entscheidend, um die Benutzererfahrung zu optimieren und eine intuitive Bedienung zu gewährleisten. Adaptierbare Funktionen wurden in dem Report eingehend analysiert. Diese Analyse lieferte grundlegende Erkenntnisse über die Interaktion zwischen Nutzern und den multimodalen Interfaces (MMIs), die für die Entwicklung zukünftiger KI-gestützter Anwendungen entscheidend sind.
- b) s. Punkt a.)
- c) Die Analyse der Nutzerpräferenzen bei adaptierbaren MMIs wurde durch Umfragen und Fokusgruppen realisiert. Die Ergebnisse dieser Analysen ermöglichten es, ein tiefes Verständnis für die Bedürfnisse und Erwartungen der Nutzer zu entwickeln. Dies führte zur Identifikation von Schlüsselfunktionen, die in die Gestaltung der KI-Interaktion einfließen sollten.
- d) Die Identifikation von Parametern, die die UX adaptiver MMIs beeinflussen, basierte auf umfassenden Recherchen, Tests und Bewertungen. Hierbei wurden Faktoren wie Benutzerfreundlichkeit, Zugänglichkeit und Feedback-Mechanismen berücksichtigt. Die gewonnenen Erkenntnisse werden verwendet, um die Interaktionskonzepte weiter zu verfeinern und anzupassen.
- e) Im VR-Prototypen wurden verschiedene Parameter ausgewählt, integriert und angepasst, um die Benutzererfahrung in den unterschiedlichen Fahrzuständen optimal zu unterstützen. Diese Anpassungen wurden gezielt vorgenommen, um den Fahrer in jeder Situation bestmöglich zu entlasten und zu informieren.
  - (l) Anpassung von Button- und Schriftgrößen
    - **Skalierbare Benutzeroberfläche**  
Um die Interaktion zu erleichtern, passen sich die Größen von Buttons und Schriften dynamisch an den jeweiligen Fahrmodus an. Beispielsweise werden Buttons größer, um in kritischen Situationen die Bedienung zu erleichtern und Ablenkungen zu reduzieren.

- **Reduzierung visueller Inhalte**  
In anspruchsvolleren Fahrsituationen wird die Menge an angezeigtem visuellen Inhalt verringert, um den Fokus auf relevante Informationen zu lenken.
  - **Vergrößerte Geschwindigkeitsanzeige**  
Die Geschwindigkeit wird deutlicher dargestellt, besonders in Situationen, in denen präzise Informationen essenziell sind.
- (II) Farbanpassungen als subtile Orientierungshilfe
- **Nordlicht-Farben zur Fahrmodusanzeige**  
Die subtile Anpassung der Nordlicht-Farben gibt dem Fahrer unaufdringlich Auskunft darüber, in welchem Fahrmodus sich das Fahrzeug befindet. Diese Farbänderungen wurden so konzipiert, dass sie intuitiv wahrgenommen werden, ohne den Fahrer abzulenken. Das dient zur Klärung der Frage „wer macht im Moment was?“, als der Darstellung des tasksharing zwischen Mensch und Fahrzeug.
- (III) Kontextabhängige Fokussierung auf das ADAS
- **Manuelle Fahrt**  
In der manuellen Fahrt wird das ADAS prominent dargestellt, um den Fahrer mit wichtigen Informationen zur Unterstützung der Fahrsteuerung zu versorgen.
  - **Erkennung von Müdigkeit**  
Wird Müdigkeit erkannt, passt sich die Darstellung an, indem die Fahrzeugperspektive so geändert wird, dass der Fokus des Fahrers stärker auf die Straße gelenkt wird. Dies unterstützt den Fahrer in einem kritischen Zustand, seine Aufmerksamkeit auf die Fahrbahn zu konzentrieren.
  - **Autonome Fahrt**  
Da der Fahrer in diesem Modus keine aktive Rolle mehr spielt, verliert das ADAS an Relevanz. Visuelle Elemente wie die Fahrspur und das ADAS treten in den Hintergrund, während Entertainment-Optionen wie Mediaplayer oder Videoanrufe den Raum einnehmen, um den Fahrer auf nicht-fahraufgabenbezogene Aktivitäten zu fokussieren.
- (IV) Entertainment und Ablenkung im autonomen Modus  
Während der autonomen Fahrt kann der Fahrer seine Aufmerksamkeit auf Aktivitäten abseits der Fahraufgabe richten. Anwendungen wie Videoanrufe oder andere Entertainment-Optionen überlagern die Darstellung des ADAS. Dies fördert eine entspanntere und angenehmere Fahrt, während das Fahrzeug selbstständig die Fahraufgabe übernimmt.
- f) Die Literaturrecherche und wissenschaftliche Validierung der durchgeführten Analysen sowie der Parameteridentifikation wurden durch externe Experten unterstützt, um die Ergebnisse zu überprüfen und abzusichern. Diese Validierung gewährleistete die wissenschaftliche Grundlage für die entwickelten Konzepte und stärkte die Relevanz der Arbeit im Kontext der aktuellen Forschung. Allgemein spielt die Validierung eine zentrale Rolle in wissenschaftlichen Projekten, da sie sicherstellt, dass die entwickelten Modelle und Annahmen verlässlich und reproduzierbar sind. Sie umfasst sowohl interne als auch externe Überprüfungen, um Verzerrungen zu vermeiden und die Genauigkeit der Ergebnisse zu

sichern. Insbesondere in interdisziplinären Projekten, wie im Fall von KARLI, ist die Einbeziehung externer Experten entscheidend, um die Tragfähigkeit der Ansätze zu bestätigen und die Anwendbarkeit in der Praxis zu gewährleisten. Eine sorgfältige Validierung erhöht das Vertrauen in die gewonnenen Erkenntnisse und ermöglicht es, diese in weiterführenden Studien und realen Anwendungen sicher anzuwenden. Die wissenschaftliche Robustheit, die durch solche Prozesse entsteht, ist ausschlaggebend für die Akzeptanz der Arbeit innerhalb der Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft.

### **5.3.2 UAP 420 | Ableitung von Interaktionen aus den Use Cases aus AP 100 | Zielapplikation KI-I**

#### **5.3.2.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Zusammenfassung der Analyseergebnisse
- b) Ableitung generischer Use Cases für adaptive MMIs
- c) Ableitung von Funktionen und Szenarien zur Evaluation und Demonstration
- d) Methodische Absicherung der Ableitung von Funktionen und Use Cases (Unterauftrag)

#### **5.3.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) s. Kap. 1.3
- b) s. Kap. 5.1.2.2  
Use Cases die für die Applikation KI-I ausgearbeitet wurden sind:
  - Erwachen des Fahrzeugs und Begrüßung des Fahrers
  - Smarte Routenwahl (Weg zur Arbeit)
  - Manuelle Fahrt
  - Prävention eines Regelverstößes
  - Erkennung von Müdigkeit
  - Annäherung an eine Ampel
  - Autonome Fahrt
  - Videoanruf
- c) Die Ableitung von Funktionen erfolgte auf Basis von Lisas umfassender User Journey. Dabei wurden gezielt Lösungsansätze entwickelt, um die Bedürfnisse des Nutzers in den jeweiligen Szenarien optimal zu bedienen. Diese Ideen flossen in konkrete Konzepte ein, die anschließend im Rahmen des Entwicklungsteams auf ihre Fähigkeit, die identifizierten Bedürfnisse zu erfüllen, getestet wurden. Ziel war es, sicherzustellen, dass die entwickelten Funktionen eine nahtlose und nutzerzentrierte Interaktion ermöglichen und den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Situationen gerecht werden.
- d) Im Forschungsprojekt KARLI wird untersucht, ob und wie die Aktivität einer KI im Fahrzeug-MMI dargestellt werden sollte. Eine Visualisierung der KI bietet sich an, um Nutzern die KI und ihre Ergebnisse verständlich zu präsentieren. Auch wenn die KARLI-MMI nicht in Serienfahrzeuge übernommen wird, muss die Visualisierung intuitiv, nicht ablenkend und während der Fahrt nutzbar sein. Eine klare Informationsvermittlung an den Fahrer ist entscheidend. Die Darstellung sollte neben den Usability-Kriterien (ISO 9241-110), wie Selbstbeschreibungsfähigkeit und Erlernbarkeit, auch eine positive emotionale Erfahrung (ISO 9241-220) bieten. Da es nur wenige Visualisierungen von KI in nicht-fiktionalen Kontexten gibt, könnte das Projekt KARLI hier ein Alleinstellungsmerkmal schaffen, indem

die KI-Aktivität sichtbar gemacht wird und so technologischen Fortschritt und Designkompetenz vermittelt. Die KI im Projekt KARLI sollte abstrakt-figürlich dargestellt werden. Eine Darstellung könnte ein Gesicht oder Kopf umfassen, mit Elementen, die Emotionen und Zustände der KI verdeutlichen. Veränderliche Parameter zur Kommunikation von Zuständen sind:

- Gesichtskonturen: Mundbewegungen zur Unterstützung der verbalen Kommunikation
- Farben: Zur Darstellung von Emotionen wie Offenheit oder Ärger
- Formen: Aktiv/passiv, zugewandt oder abgewandt
- Strukturen: Zur Visualisierung von Denkprozessen
- Accessoires: Symbole für verschiedene KI-Zustände, z.B. Hüte für Wissenskommunikation oder Anweisungen

### **5.3.3 UAP 430 | Interaktionskonzept für multimodalen In- und Output (Operationalisierungskonzept zur Interaktion mit dem Fahrer) | Zielapplikation KI-I**

#### **5.3.3.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Identifikation von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor
- b) Bewertung von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor
- c) Selektion von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor
- d) Methodische wissenschaftliche Absicherung der Thematik MMI als Sensor (Unterauftrag)

#### **5.3.3.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Identifikation von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor  
Die Identifikation von Interaktionsparametern zur Nutzung des Mensch-Maschine-Interfaces (MMI) als Sensor ist ein entscheidender Schritt in der Entwicklung zukünftiger intelligenter Fahrzeugsysteme. Diese Parameter umfassen alle Daten, die über das MMI erfasst werden können und Rückschlüsse auf den Zustand des Fahrers oder der Umgebung zulassen. Dazu gehören unter anderem physische Interaktionen wie Berührungen, Sprachbefehle oder die Position der Hände am Lenkrad sowie non-verbale Kommunikationsformen wie Blickverhalten oder Körperhaltung. Forschungsergebnisse zeigen, dass diese Parameter nicht nur für die Steuerung von Fahrzeugfunktionen genutzt werden können, sondern auch als Indikatoren für den mentalen und physischen Zustand des Fahrers dienen. Studien haben beispielsweise nachgewiesen, dass Veränderungen in der Berührungshäufigkeit oder in der Interaktionsgeschwindigkeit mit dem MMI Hinweise auf Müdigkeit oder Ablenkung liefern können. Diese Parameter bieten wertvolle Informationen, die es ermöglichen, das System an die aktuelle Situation des Fahrers anzupassen. Die Identifikation dieser Parameter erfordert eine umfassende Analyse der Interaktionsmuster in verschiedenen Fahrszenarien, um sicherzustellen, dass alle relevanten Informationen erfasst und in das Sensorsystem integriert werden können.
- b) Bewertung von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor  
Nachdem relevante Interaktionsparameter identifiziert wurden, ist deren Bewertung entscheidend, um herauszufinden, welche Parameter am besten geeignet sind, um als Sensoren im MMI zu fungieren. Diese Bewertung erfolgt durch Analysen von realen oder simulierten Umgebungen. Die Effizienz und Zuverlässigkeit der Parameter wird dabei nach Kriterien wie Genauigkeit, Reaktionszeit und Interpretierbarkeit untersucht.

Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass Interaktionsparameter wie Blickverhalten und Handpositionen präzise Auskunft über den Zustand des Fahrers geben können, während Parameter wie Sprachbefehle und Gesten oft anfälliger für Fehlinterpretationen sind, etwa durch Umgebungsgeräusche oder komplexe Handbewegungen. Zudem ist es wichtig, die Sensitivität der Parameter zu bewerten – das heißt, wie schnell und genau sie Veränderungen im Zustand des Fahrers oder der Umgebung erkennen. Multimodale Systeme, die mehrere Interaktionsparameter gleichzeitig bewerten, bieten eine höhere Zuverlässigkeit. Diese Evaluation hilft, Parameter zu identifizieren, die zuverlässig und robust genug sind, um als Sensoren in sicherheitskritischen Situationen eingesetzt zu werden.

- c) Selektion von Interaktionsparametern zur Nutzung des MMIs als Sensor  
Nachdem die relevanten Parameter bewertet wurden, werden diejenigen ausgewählt, die die besten Ergebnisse in Bezug auf Präzision und Benutzerfreundlichkeit liefern. Die Wahl der Parameter hängt stark von den spezifischen Einsatzszenarien ab. Ziel der Selektion ist es, eine Kombination von Interaktionsparametern zu finden, die dem System eine hohe Sensitivität und Genauigkeit ermöglichen, ohne die Fahrerinteraktion zu überlasten.
- d) Methodische wissenschaftliche Absicherung der Thematik MMI als Sensor  
Wissenschaftliche Absicherung bedeutet, dass die gewonnenen Daten reproduzierbar und die daraus abgeleiteten Modelle generalisierbar sind. Meta-Analysen von Studien im Bereich der Fahrzeuginteraktion haben gezeigt, dass eine gründliche methodische Absicherung unerlässlich ist, um Verzerrungen und systematische Fehler zu vermeiden. Weiterhin ist es wichtig, die ethischen Implikationen der Nutzung von MMIs als Sensoren zu berücksichtigen, insbesondere im Hinblick auf Datenschutz und die Akzeptanz seitens der Nutzer. Die Absicherung erfolgt zudem durch Peer-Reviews und die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse in anerkannten wissenschaftlichen Zeitschriften, um die Qualität und Glaubwürdigkeit der entwickelten Systeme sicherzustellen.

### **5.3.4 UAP 440 | Konzeption UX adaptiver Funktionen | Zielapplikation KI-I**

#### **5.3.4.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Ableitung von Gestaltungsprinzipien von adaptierbaren MMIs
- b) Bestimmung von adaptierbaren Funktionen und MMI-Parametern
- c) Realisierung von Nutzerpräferenzen bei adaptierbaren MMIs
- d) Wissenschaftliche Beurteilung anhand von standardisierten Methoden über die zu erwartende Verbesserung der UX (Unterauftrag)

#### **5.3.4.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Die Ableitung von Gestaltungsprinzipien für adaptierbare MMIs wurde durch intensive Workshops und Design-Studien ermöglicht. Hierbei wurden Aspekte wie Benutzerfreundlichkeit, Anpassungsfähigkeit und visuelle Klarheit berücksichtigt, um eine optimale Nutzererfahrung zu gewährleisten. Es wurden der Ansatz verfolgt, generische Prinzipien abzuleiten, was sich aber als zu komplex für die im Rahmen des Projekts zur Verfügung stehenden Ressourcen erwiesen hat.
- b) Im Prozess der Bestimmung adaptierbarer Funktionen und MMI-Parameter wurden Analysen durchgeführt, die zeigten, welche Funktionen für die Anwender am wertvollsten sein

könnten. Diese Ergebnisse sollten zur Definition spezifischer MMI-Parameter, die anpassbar sind führen, um den individuellen Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden.

- c) Die Ergebnisse der Analysen wurden in die KARLI HMI integriert
- d) Zur wissenschaftlichen Beurteilung der UX adaptiver MMIs wurden analytische Methoden eingesetzt, mit denen einzelne Parameter optimiert werden konnten..

### **5.3.5 UAP 450 | Erstellung der Evaluations-Guidelines und Nutzertests | Zielapplikation KI-I**

#### **5.3.5.1 Vorgegebene Ziele**

Durchführung eigener Nutzertests hinsichtlich einer optimierten UX des VR-Demonstrators in AP 700

- a) Aufbau VR Sitzkiste und Setting
- b) Aufbau und Programmierung eines virtuellen Testenvironments (Studie von studiokurbos):
  - 3D Interieur
  - 3D Straßenführungen
  - 3D Stadt und Landschaften
- c) Visuelle Ausarbeitung der 3D-Objekte für das Testenvironment
- d) Iterative Weiterentwicklung der Testumgebung vor Nutzerstudien
- e) Entwicklung und Ausarbeiten spezifischer Test-MMI
- f) Entwicklung Versuchsdesign
- g) Methodische Absicherung der Nutzerstudien (Unterauftrag)
- h) Unterstützung Versuchsaufbau durch Technologieexperten (Unterauftrag)

#### **5.3.5.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Das Athena-Setup umfasst verschiedene Hardwarekomponenten, darunter die Varjo XR-3 mit Eye- und Handtracking, zwei Steam VR Basisstationen zur genauen Vermessung des Testraums, einen Gaming-PC mit NVIDIA GeForce RTX 3080 Ti Grafikkarte, ein Logitech G920 Lenkrad mit Pedalen und den Next Level Racing GT Sitz. Diese Kombination ermöglicht eine immersive VR-Erfahrung. Der Aufbau des Systems, einschließlich Einweisung, wurde im Mai 2022 durch Goodpatch durchgeführt. Die VR Sitzkiste wurde konzipiert, um den Nutzern eine immersive Erfahrung zu bieten, während sie mit dem KI-Avatar interagieren. Die Platzierung in der Sitzkiste sorgt für eine realistische Simulation und ermöglicht es den Teilnehmern, sich vollständig auf die virtuelle Umgebung zu konzentrieren. Die Verwendung einer VR-Brille stellt sicher, dass die visuellen und akustischen Eindrücke der Anwendung klar vermittelt werden.
- b) Die VR-Umgebung wurde mittels Unity und dem Athena-Plugin erstellt. Dieses Plugin bot anfangs verschiedene Funktionen für die Erstellung von virtuellen Teststrecken und Fahrsimulationen, einschließlich eines Way-Point-Systems für autonomes Fahren. Aufgrund der Beendigung des Supports durch Goodpatch wurde die Weiterentwicklung der Software durch studiokurbos selbst übernommen.
  - Das Interieur, einschließlich des Lenkraddesigns, wurde in der VR-Umgebung integriert. Hier lag ein Fokus auf einer benutzerfreundlichen Gestaltung, die es dem Fahrer erlaubt, das Display und weitere Bedienelemente im Fahrzeug optimal zu nutzen. Dies trägt dazu

bei, eine glaubwürdige Umgebung zu schaffen, in der die Teilnehmer die KI-Interaktion erleben können.

- Das virtuelle Straßennetz umfasst eine komplexe Struktur mit unterschiedlichen Straßenkomponenten, die durch das Athena-Plugin erstellt wurden. Es wurden Variationen in der Streckenführung, Tageszeiten und Wetterbedingungen simuliert, um eine realistische Umgebung zu schaffen.
  - Eine virtuelle Kleinstadt mit Parkanlagen, Bürogebäuden, Wohnungen, Wasserflächen und Gebirgen wurde gebaut. Die gesamte Szene umfasste ca. einen Quadratkilometer und ermöglichte die Simulation von alltäglichen Fahrscenarien in einer städtischen Umgebung.
- c) Die visuellen Elemente, wie das 3D-Modell des Fahrzeugs, Interieurdetails, Farbschemata und Texturen, wurden im VR-Testenvironment sorgfältig ausgearbeitet. Diese gestalterischen Elemente dienten sowohl der Immersion als auch der Benutzerfreundlichkeit. Die Texturen und Details des virtuellen Fahrzeugs und seiner Umgebung sollten die realistische Darstellung der Fahrscenen unterstützen.

Im Rahmen der visuellen Ausarbeitung wurden verschiedene Prototypen des KI-Avatars in drei Designstilen entwickelt die im HMI dargestellt werden: abstrakt, abstrakt-figürlich und figürlich. Diese Stile wurden in enger Zusammenarbeit mit Designern erstellt, um sicherzustellen, dass sie die jeweilige Wirkung optimal vermitteln. Der Fokus lag darauf, eine ausgewogene visuelle Verbindung zwischen der künstlichen Intelligenz und dem Nutzer zu schaffen.

- d) Aufgrund der begrenzten Weiterentwicklungsmöglichkeiten von Athena wurde die VR-Umgebung kontinuierlich in Unity optimiert. Es wurden benutzerdefinierte C#-Skripte verwendet, um Funktionalitäten wie den Levelwechsel zwischen manuellem und autonomem Fahren zu integrieren. Außerdem wurden Prototypen des HMI durch das Tool ProtoPie simuliert, um neue Funktionen zu testen.

Die iterative Weiterentwicklung des Testenvironments umfasste mehrere Feedback-Runden und Anpassungen basierend auf den ersten Prototypen und den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Testläufen. Diese Anpassungen garantierten, dass die Umgebung den Anforderungen der Nutzerstudie gerecht wird und eine positive Benutzererfahrung fördert.

- e) Für die Nutzerstudie wurde ein detaillierter Versuchsplan erstellt, der die Struktur und die Ziele der Studie festlegte. Um die Nutzerinteraktion zu bewerten, wurde ein umfassender Testleitfaden entwickelt, der als Grundlage für die Moderation der Studie diente. Die Entwicklung von Stimulus-Materialien, einschließlich Videos, zeigt den KI-Avatar in drei verschiedenen Nutzungsszenarien.
- f) Die Nutzerstudie, die von Peter Rössger entworfen wurde, sieht vor, 20 Probanden verschiedene Varianten des KI-Avatars zu präsentieren. Der Versuchsaufbau beinhaltet die Beurteilung der drei Designstile, die in einer kontrollierten Umgebung getestet werden. Diese Studienphase ermöglicht eine quantitative Erfassung der Nutzerpräferenzen durch den Einsatz des Net-Promoter Scores sowie des meCUE Fragebogens.
- **Vorbereitung der Nutzerstudie „KI-Avatar“**

Im Rahmen der Vorbereitung zur Nutzerstudie für den KI-Avatar wurden entscheidende Schritte unternommen, darunter die Erstellung eines detaillierten Versuchsplans und eines Testleitfadens. Ein umfassendes Recruiting-Verfahren sicherte die Auswahl von 20 qualifizierten Teilnehmern, während ein "Dry Run" vor der Studie potenzielle Probleme identifizierte und die Abläufe optimierte.

- **Durchführung der Nutzerstudie „KI-Avatar“**

Die Durchführung der Nutzerstudie fand in Kalenderwoche 32 statt. Die Teilnehmer hatten die Gelegenheit, eine virtuelle Anwendung zu testen, wobei die Moderation durch erfahrene Teammitglieder von studiokurbos stattfand. Der Ablauf umfasste die Präsentation der Videos, die Bewertung der KI-Avatar-Designs und die anschließende Datenerfassung.

- **Ergebnis der Nutzerstudie „KI-Avatar“**

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der "Robot"-Avatar mit 50% der Stimmen als Favorit gewählt wurde, gefolgt vom "Wurm" (30%) und dem "Humanoid" (20%). Besonders bei jüngeren Teilnehmern und KI-affinen Nutzern erzielte der "Robot" die besten Bewertungen. Die Verbesserung des Designs wird nun auf Basis der Detailergebnisse des meCUE und der Interviewaussagen vorgenommen, um sicherzustellen, dass die optimale Darstellung des KI-Avatars sowohl in der virtuellen Umgebung als auch im realen Fahrzeugumfeld gewährleistet ist.

g) Für die Durchführung der Nutzerstudien wurde ein Set aus etablierten und wissenschaftlich abgesicherten Tools zusammengestellt. Neben der Erfassung der demografischen Daten wurde der Net Promoter Score (NPS) verwendet, um einen Gesamtscore für die getesteten Designs zu ermitteln. Der erweiterte Net Promoter Score (eNPS) wurde ebenfalls eingesetzt, um weitergehende Fragen nach dem gleichen Verfahren zu beantworten. Das User Experience Tool meCUE wurde ausgewählt, da es besonders diagnostisch ist. Es liefert nicht nur eine Einschätzung darüber, wie gut oder schlecht eine Lösung bewertet wird, sondern auch die Gründe dafür. Zusätzlich wurden Rankings erstellt und offene Interviews durchgeführt, um ein umfassenderes Bild der Nutzermeinungen zu erhalten.

h) Durch das Ausscheiden von Goodpatch wurde intern notwendige Expertise ausgebaut.

## 5.4 AP 500 | KI-Algorithmen und MMI für Erkennung und Vermeidung von MS

### 5.4.1 UAP 510 | MMI-Konzept und KI-Operationalisierung von Fahrer-Ist-Zustand und Fahrfunktion | Zielapplikation MS

#### 5.4.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Entwicklung Grobkonzept MMI MS Reducer
- b) Einarbeitung der Studienergebnisse in das MMI Konzept
- c) Aufbau eines Design-Systems
- d) Aufbau einer UI und Interaktionsarchitektur
- e) Entwicklung von UI Komponenten und Controls
- f) Entwicklung von konsistenten Verhalten der interaktiven UI Komponenten
- g) Entwicklung finales MMI Konzept
- h) Wissenschaftliche Absicherung der Konzeptentwicklung und methodische Validierung des Aufbaus der Interaktionsarchitektur (Unterauftrag)

#### 5.4.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Basierend auf einem Anforderungsworkshop mit den Konsortialpartnern wurden mithilfe der Round-Robin-Methode verschiedene Konzepte entwickelt und in der gleichen Gruppe abgestimmt. Zwei UI-Designs wurden für die erste Studie ausgearbeitet: Eine Punktwolke zur Visualisierung der Umgebungsbedingungen und Linien zur Darstellung horizontaler Beschleunigungen. Beide Konzepte bieten dem Nutzer visuelle Hinweise, um Symptome von Motion Sickness (MS) zu reduzieren und gleichzeitig die Interaktion mit dem Gerät aufrechtzuerhalten. Für die Studie wurde die Variante mit der Punktwolke verwendet. Sämtliches Feedback der Nutzer wurde gesammelt.
- b) Die Ergebnisse der ersten Studie wurden genutzt, um das MMI weiterzuentwickeln. Ein interner Workshop bei studiokurbos diente dazu, das gesammelte Feedback und neue Ideen in die zweite Studie zu integrieren. Dabei kam die SCAMPER-Methode zum Einsatz, um neue Ideen zu generieren. Im Fokus standen visuelle Cues, die zusammen mit den Konsortialpartnern während der ersten Studie entwickelt wurden. Eine neue zentrale Anforderung war die Berücksichtigung der Z-Achse, die in der zweiten Studie technisch umgesetzt werden sollte. Anschließend wurden die entwickelten Konzepte präsentiert. Die Konsortialpartner stimmten ab, wobei das Konzept "Rand und Übergreifend" favorisiert wurde.
- c) Das Design-System der Applikation zur Reduzierung von Motion Sickness enthält visuelle Hinweise, die synchron mit den Fahrbedingungen sind, um sie für die Nutzer verständlich und nachvollziehbar zu machen. Die Konzepte wurden gemeinsam mit den Konsortialpartnern erarbeitet und visualisiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Hinweise leicht in die Applikation integriert werden können, um eine konsistente Nutzererfahrung zu gewährleisten. Das Design weicht bewusst vom restlichen KARLI-Corporate Design ab. Um die beste Lesbarkeit auf einem Tablet zu ermöglichen, wurde auf maximalen Kontrast während einer Autofahrt bei Tageslicht geachtet. Daher haben wir im UI-Design für die MS-Applikation einen hellen Hintergrund gewählt, auf dem Schrift und visuelle Cues mit maximalem Kontrast platziert wurden. Dies sorgt für optimale Wahrnehmung und hilft den Nutzern, die Hinweise trotz ihrer körperlichen Beeinträchtigung durch Reisekrankheit gut zu erkennen und entsprechend zu reagieren.
- d) Die UI-Architektur wurde so gestaltet, dass visuelle Hinweise, wie "Achtung"-Signale oder Aufforderungen, nach draußen zu schauen, in Echtzeit und im Kontext der Fahrzeugbewegung angezeigt werden. Der erste Hinweis, der am Rand des Bildschirms erscheint, ermöglicht es dem Nutzer, frühzeitig auf veränderte Umgebungsbedingungen zu reagieren. Die Informationsarchitektur und die Benutzeroberflächen wurden sowohl für die erste als auch für die zweite Studie in Figma entwickelt.
- e) Die Spezifikationen aller UI-Komponenten und Steuerelemente können über den Entwicklerzugang eingesehen werden. Zu den UI-Komponenten gehören interaktive Elemente, wie die Möglichkeit, den Text bei Bedarf wieder einzublenden, um den Lesefluss zu steuern. Eine zentrale UI-Komponente sind die visuellen Hinweise am Rand des Bildschirms, wie etwa "Achtung"-Signale, die dem Nutzer helfen, schnell auf Situationen zu reagieren. Diese Hinweise wurden so gestaltet, dass sie leicht in verschiedene Anwendungen und Kontexte integriert werden können.

- f) Ein konsistentes Verhalten der interaktiven UI-Komponenten wurde mithilfe von Low- und Midfidelity-Prototypen in Figma und ProtoPie entwickelt und getestet. Die einheitliche Gestaltung der UI-Komponenten wird durch klare visuelle Muster sichergestellt. So werden Hinweise stets am Rand des Bildschirms angezeigt, und der Nutzer kann durch Interaktion mit dem Display, beispielsweise durch Klicken, jederzeit steuern, wann der Text wieder eingeblendet wird. Dies sorgt für eine durchgängige und intuitive Nutzererfahrung, unabhängig von der Intensität der Motion Sickness.
- g) Aufgrund der Erkenntnisse aus der ersten Studie hat Ford neue Anforderungen für die zweite Studie definiert. Basierend auf dem Konzept "Rand und Übergreifen" erarbeiteten wir in enger Zusammenarbeit mit Ford und dem Allround-Team ein neues Konzept und UI. Das finale MMI-Konzept integriert die gesammelten Erkenntnisse aus beiden Studien sowie die Weiterentwicklungen aus den Ideenfindungs-Workshops. Es ermöglicht eine flexible, benutzerzentrierte Interaktion mit dem System, das kontinuierlich angepasst und optimiert wurde. Die von Studiokurbos und dem Allround-Team entwickelten Prototypen legen den Fokus klar auf eine intuitive und effektive Nutzung, um Motion Sickness (MS) zu minimieren.
- h) Die Qualität der geleisteten Arbeiten wurde durch sorgfältige Analysen und wissenschaftlich fundierte Bewertungen überprüft. Hierbei kamen verschiedene Instrumente zum Einsatz, darunter Heuristiken, Checklisten und Fragenkataloge, die alle Aspekte der Arbeit systematisch abdeckten. Die Heuristiken halfen dabei, bewährte Vorgehensweisen anzuwenden und kritische Erfolgsfaktoren zu identifizieren. Checklisten wurden verwendet, um sicherzustellen, dass alle notwendigen Schritte und Anforderungen vollständig erfüllt wurden.

## **5.4.2 UAP 530 | MMI Prototyping und Fahrzeugintegration | Zielapplikation MS**

### **5.4.2.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Evaluierung der Hardware-Systemtechnologie
- b) Auswahl und Test der geeigneten Technologie (html5/Unity/usw. ...)
- c) Test vertikale Integration in Versuchsfahrzeug (Signale/APIs)
- d) Aufbau einer Programm Architektur
- e) Umsetzung UI Komponenten
- f) Implementierung der Screens/Layouts
- g) MMI Spezifikationen
- h) Validierung Schnittstellen zur Hardware-Integration in Versuchsfahrzeug

### **5.4.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Die Konzeption und das UI-Design wurden von studiokurbos entwickelt. Um die Interaktionen besser verständlich und nachvollziehbar zu machen, wurden Prototypen in ProtoPie erstellt. Die Softwareentwicklung übernahm das Allround-Team, welches die Designs technisch umsetzte. Alle Assets wurden fristgerecht geliefert und übergeben, sodass der Entwicklungsprozess ohne Verzögerungen fortgeführt werden konnte.

## **5.4.3 UAP 550 | Iterative Weiterentwicklung und Finalisierung des MMI Prototyps | Zielapplikation MS**

### **5.4.3.1 Vorgegebene Ziele**

- a) Entwicklung finale MMI Grafiken

- b) Finalisieren des UI Designsystems mit allen Komponenten und Controls
- c) Finalisieren von Layout, Farben, Typo, Icons, Diagrammen und Grafiken
- d) Entwicklung finales MMI Interaktionsdesign
- e) Validierung der Programmarchitektur nach Testing, iterative Weiterentwicklung
- f) Iterative Weiterentwicklung der UI Komponenten nach Testing
- g) Iterative Umsetzung UI Komponenten
- h) Iterative Implementierung der Screens/Layouts
- i) MMI Spezifikationen
- j) Validierung Schnittstellen zur Hardware-Integration in Versuchsfahrzeug

#### **5.4.3.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Die Neuorientierung der zweiten Studie zu Motion Sickness ergab sich aus technischen Herausforderungen, die während der ersten Studie auftraten. Diese Zwischenfälle erforderten eine Anpassung des methodischen Ansatzes durch Ford für die Folgestudie. Trotz der Neugestaltung des Studienrahmens war es notwendig, ein aktualisiertes Konzept, Design und einen neuen Prototyp zu implementieren, was zu einem Neustart des Entwicklungsprojekts bei Studiokurbos führte. Die zweite Studie konzentriert sich auf zwei Anwendungsfälle: Erstens wird nur ein Hinweis generiert, selbst wenn mehrere Auslöser vorhanden sind, sodass der Proband ununterbrochen lesen kann. Zweitens soll der Proband bei stark auftretender Übelkeit während der Fahrt nach außen schauen können.
- b) Studiokurbos hat konzeptionelle Entwürfe für das überarbeitete Studiendesign erstellt, und erste Designideen für die Applikation wurden entwickelt.
- c) Der erste Hinweis, "Achtung" (gleich passiert etwas), wird in Verbindung mit einem auffälligen Rahmen um den Bildschirmrand angezeigt. Bei der Aufforderung, aus dem Fahrzeug zu schauen, wird der Text ausgeblendet. Um die Leseflussorientierung zu unterstützen, bleibt idealerweise der zuletzt gelesene Satz sichtbar. Der Nutzer kann durch Klicken auf das Display selbst entscheiden, wann der Text wieder eingeblendet wird. Diese Entwürfe wurden in Kooperation mit Partnern erörtert und diskutiert.
- d) Dieser kooperative Austausch zielt darauf ab sicherzustellen, dass die entwickelten Konzepte und Designs den Erwartungen und Anforderungen aller Stakeholder gerecht werden. Der Fortschritt unterstreicht das Engagement von Ford und studiokurbos für eine eingehende und präzise Entwicklung im Kontext der MS Studie.
- e) Die prototypische Umsetzung und Implementierung der Anwendung erfolgte, wie bereits in der ersten Studie, durch das Allround-Team. Alle erforderlichen Daten wurden fristgerecht geliefert
- f) Nach ersten Tests, wurde im engen Austausch die Qualität des Prototypen für die Studie 2 sicher gestellt. Eine iterative Weiterentwicklung des Designs wurde vorgenommen.
- g) Nach dem Testing fand die Umsetzung in Form eines digitalen Expert-Reviews statt. An diesem Meeting nahmen sowohl das Allround-Team als auch Studiokurbos teil. Anpassungen der UI-Komponenten wurden von Studiokurbos bereits während des Meetings vorgenommen und konnten sofort getestet werden.

- h) Alle UI Komponenten wurden in Figma erstellt und sowohl mit Ford als auch mit dem Allround-Team geteilt.
- i) Alle MMI Spezifikationen lassen sich mittels des Entwicklerzugangs in Figma auslesen.
- j) Die Validierung der Schnittstellen zur Hardware-Integration im Versuchsfahrzeug wurde durch das Allround-Team durchgeführt.

## 5.5 AP 600 | Integration und Absicherung des KI-Gesamtsystems

### 5.5.1 UAP 630 | System Integration | Zielapplikationen LKV, MS, KI-I

#### 5.5.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Aufbau Versuchsträger und Demonstrator für den MS Reducer in Zusammenarbeit mit Ford
- b) Implementierung der MMI für den MS Reducer im Fahrzeug von Ford
- c) Aufbau Versuchsträger und Demonstrator für den Mode-Match Creator im Fahrzeug von Continental
- d) Implementierung der MMI für den Mode-Match Creator im Fahrzeug von Continental
- e) Aufbau Versuchsträger und Demonstrator für KI-Interaktionen
- f) Implementierung der MMI für die KI-Interaktion
- g) Iteratives und mehrfaches Testen von MMI und Schnittstellen mit UX Experten und Nutzern
- h) Manuelles und automatisiertes Testen der MMI Funktionalitäten im Anwendungskontext

#### 5.5.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Aufbau Versuchsträger und Demonstrator übernahm das Allround-Team.
- b) Implementierung der MMI übernahm das Allround-Team.
- c) Der Aufbau von Versuchsträger und Demonstrator für den Mode-Match Creator im Fahrzeug von Continental wurde von Continental selbst übernommen. Wir unterstützten im Rahmen der Regelmeetings.
- d) Die Implementierung der MMI für den Mode-Match Creator im Fahrzeug von Continental wurde von Continental selbst übernommen. Wir unterstützten im Rahmen Regelmeetings.
- e) Versuchsträger und Demonstrator für die KI-Interaktionen basieren auf einer erweiterten VR-Anwendung, die während der Halbzeitpräsentation vorgestellt wurde. Diese Anwendung wird durch die Integration von drei neuen Use Cases erweitert, die speziell für die manuelle Fahrt entwickelt wurden. Diese Erweiterung dient zur Verbesserung der Interaktion zwischen dem Fahrer und dem System. Dabei werden KI-gestützte Funktionen zur Erkennung von Fahrerverhalten (z. B. Müdigkeitserkennung) und Anpassung des Human-Machine Interface (HMI) entwickelt. In den neuen Use Cases interagiert das System dynamisch mit dem Fahrer, indem es Anpassungen vornimmt und bei Regelverstößen präventiv eingreift.
- f) Die MMI wurde durch die Implementierung und Erweiterung des Human-Machine Interface (HMI) realisiert. Dies erfolgt in enger Verbindung mit der KI, die spezifische Fahrersituationen erkennt, wie z. B. Müdigkeit oder Regelverstöße. Das HMI reagiert auf verschiedene Situationen, indem es visuelle Anpassungen im Interface vornimmt. Diese Anpassungen werden durch den Mode Match Creator (MMC) gesteuert, der das HMI dynamisch an die

Bedürfnisse des Fahrers anpasst. Das Design des HMI wurde iterativ entwickelt und in mehreren Schritten optimiert, um die Benutzerfreundlichkeit und Effizienz zu gewährleisten.

- g) Das MMI wurde in enger Zusammenarbeit mit UX-Experten und Nutzern entwickelt. Durch wiederholte Iterationen des UI-Designs, das ursprünglich aus der Design Library exportiert und in Adobe After Effects (AE) nachgebaut wurde, wurden kontinuierliche Anpassungen vorgenommen. Diese Anpassungen betrafen unter anderem Größen von Touchflächen, Verläufe, Schriften und Icons. Diese Elemente wurden in der VR-Anwendung getestet, um sicherzustellen, dass sie im digitalen Raum klar und deutlich sichtbar sind. Verschiedene UX-Tests halfen dabei, die Benutzererfahrung zu verbessern und das System an reale Bedingungen anzupassen.
- h) Sowohl manuelles als auch automatisiertes Testen wurden zur Validierung der MMI-Funktionalitäten eingesetzt. Insbesondere die neuen Animationen, die in die VR-Experience integriert wurden, durchliefen mehrere Testphasen. Die Animationen wurden in Adobe After Effects erstellt und in verschiedenen Szenarien in VR getestet. Triggerpoints in der VR-Anwendung lösen spezifische Animationen aus, die jeweils etwa 90 Sekunden dauern. In diesen Tests wurde überprüft, ob das System korrekt auf Ereignisse wie das Annähern an eine Ampel oder das unerlaubte Nutzen eines mobilen Geräts reagiert. Manuelle Tests durch UX-Experten und Nutzer stellten sicher, dass das System reibungslos funktioniert, während automatisierte Tests sicherstellten, dass das System auch unter verschiedenen Bedingungen stabil bleibt.

## 5.6 AP 700 | Abschließende Evaluation und Demonstration

### 5.6.1 UAP 710 | Abschließende Nutzerevaluation | Zielapplikationen LKV, MS, KI-I

#### 5.6.1.1 Vorgegebene Ziele

Konzeptvalidierung im VR Demonstrator

- a) Entwicklung Versuchsdesign einer Validierungsstudie
- b) Planung der Probandenstudie und Aquirse der Teilnehmer
- c) Durchführung einer Probandenstudie (N=10)
- d) Datenanalyse und Interpretation
- e) Methodische Validierung von Planung, Durchführung und Auswertung der Probandenstudie (Unterauftrag)

#### 5.6.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Die Forschungsarbeit zielte darauf ab, ein verständliches Konzept für den Wechsel von manuellem zu autonomem Fahren (Level 2 bis 4) zu entwickeln. Hierbei lag der Fokus auf der Visualisierung des Levelwechsels, um sicherzustellen, dass die Nutzer jederzeit die erforderlichen Handlungen verstehen. Es wurden vier visuelle Varianten des Levelwechsels entwickelt und auf deren Verständlichkeit hin untersucht. Dies beinhaltete die Verwendung von acht unterschiedlichen Icons, die verschiedene Aspekte des Levelwechsels darstellten. Ein wichtiger Bestandteil des Versuchsdesigns war die Entscheidung, Animationen in die Untersuchung einzubeziehen, um den Wechsel von manueller zu autonomer Fahrt realistisch darzustellen. Besondere Herausforderungen bestanden darin, die Balance zwischen nutzerfreundlicher Gestaltung und Überlastung des visuellen Erlebnisses zu finden. Eine Schlüsselentscheidung war es, auf den Test des gesamten VR-Erlebnisses zu verzichten und

stattdessen den Fokus auf den Levelwechsel zu legen, um gezielt belastbare Ergebnisse zu erhalten.

- b) Für die Durchführung der Nutzerstudie wurden umfangreiche Vorbereitungen getroffen, um eine strukturierte und zielgerichtete Untersuchung sicherzustellen. Ein detaillierter Versuchsplan wurde erstellt, der die Struktur und Ziele der Studie festlegte. Zudem wurde ein umfassender Testleitfaden entwickelt, der die einzelnen Schritte und Abläufe während der Studie definierte. Die Akquise der Teilnehmer erfolgte über ein sorgfältiges Recruiting-Verfahren, das 20 qualifizierte Teilnehmerinnen und Teilnehmer für die Studie auswählte. Ein "Dry Run" wurde vor der eigentlichen Studie durchgeführt, um den Ablauf zu testen und mögliche Probleme zu identifizieren. Dies ermöglichte es, die Studie reibungslos und effizient durchzuführen.
- c) Die Nutzerstudie fand in den Kalenderwochen 18 und 19 des Jahres 2024 statt. 21 Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten die Möglichkeit, an der Studie teilzunehmen, von denen 20 verwertbare Datensätze erzielt wurden. Die Studie beinhaltete die Präsentation von Icons und Animationen, die die Nutzer auf ihre Verständlichkeit bewerten sollten. Die Durchführung der Studie umfasste die Präsentation von Videosequenzen ohne Interaktion der Teilnehmenden. Der Ablauf wurde systematisch organisiert: Die Teilnehmer wurden nach der Einführung ins Thema in einer realistischen Sitzposition platziert, um ein möglichst authentisches Erlebnis zu schaffen. Es folgte die schrittweise Präsentation von Icons und dem Levelwechsel, jeweils begleitet von Fragen zur Verständlichkeit und Nutzerzufriedenheit (Net-Promoter-Score, meCUE-Fragen). Der Ablauf wurde durch ein Abschlussinterview ergänzt, das per Audio aufgezeichnet wurde.
- d) In der Datenanalyse zeigte sich, dass die Icons, die die Übergabe von manuellem zu autonomem Fahren darstellen, größtenteils verständlich waren. Problematisch war jedoch das Icon für den letzten Übergabeschritt, das von den Teilnehmern weniger gut verstanden wurde. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde das Icon überarbeitet, um die Verständlichkeit zu verbessern. Die Auswertung der vier Designs ergab, dass Design D, welches detaillierte Icons einzeln oberhalb der Fahrbahn zeigte, von den Teilnehmern am besten bewertet wurde. Dieses Design schnitt in allen Dimensionen des meCUE-Fragebogens sowie beim Net-Promoter-Score am besten ab. Die klaren und detaillierten Darstellungen von Handlungen in Design D trugen maßgeblich zum besseren Verständnis bei. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wird Design D mit dem überarbeiteten Icon in das KARLI HMI integriert. Fazit: Die Studie lieferte wertvolle Erkenntnisse zur Gestaltung des Levelwechsels in autonomen Fahrzeugen. Besonders die verständliche und detaillierte Darstellung der Handlungsschritte erwies sich als entscheidend für die Nutzerakzeptanz. Die Implementierung der Studienergebnisse in das KARLI HMI wird eine Verbesserung der Verständlichkeit und Nutzerfreundlichkeit des Systems bewirken.
- e) Die Auswahl der Erhebungstools, die Datenerfassung und die Auswertung wurden strikt nach den Prinzipien wissenschaftlicher Methodik durchgeführt. Dabei wurden alle Schritte sorgfältig dokumentiert, um Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Zur Datenaufnahme wurden bewährte Tools eingesetzt, die eine hohe Präzision und Verlässlichkeit in der Erfassung der relevanten Informationen boten.

Die Auswertung erfolgte unter Berücksichtigung standardisierter Analyseverfahren, um eine solide Basis für die Interpretation der Daten zu schaffen. Aufgrund der begrenzten

Datenmenge wurde bewusst auf Signifikanztests verzichtet, um keine voreiligen Schlussfolgerungen zu ziehen. Stattdessen lag der Fokus auf der qualitativen Analyse, um aussagekräftige Trends und Muster zu identifizieren, die in weiterführenden Studien quantitativ überprüft werden könnten. Alle Schritte wurden unter Berücksichtigung ethischer und wissenschaftlicher Standards durchgeführt, um die Qualität und Glaubwürdigkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

## **5.6.2 UAP 730 | Vorbereitung der Demonstrationen (Halbzeitpräsentation und Abschlusspräsentation) | Zielapplikationen MS**

### **5.6.2.1 Vorgegebene Ziele**

a) Aufbau Demonstratoren und Durchführung der Halbzeit- und Abschlusspräsentation

### **5.6.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen**

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

a) Halbzeitpräsentation am 26. April 2023 in Frankfurt

Die Halbzeitpräsentation des Projekts fand am 26. April 2023 in Frankfurt statt und erstreckte sich über drei Tage, einschließlich An- und Abreise sowie einer abschließenden Nachbesprechung. Der Veranstaltungsort war die Zukunftswerkstatt von Continental, auf deren Gelände die Messestände aufgebaut wurden.

Am Vorbereitungstag wurden sämtliche erforderlichen Materialien wie Poster, Präsentationsmaterialien und technische Ausstattung, einschließlich eines Simulators und Computer, in einen Transporter verladen und nach Frankfurt transportiert. Nach der Ankunft erfolgte der Aufbau der Stände.

Der eigentliche Messetag begann mit einleitenden Vorträgen auf der Bühne, welche die Projektthematik zusammenfassend darstellten. Darauf folgten spezifische Präsentationen zu den drei Applikationen des Projekts. Nach der Mittagspause wurde der sogenannte Marktplatz eröffnet, auf dem alle Projektpartner ihre Stände präsentierten und Prototypen sowie Fahrzeuge getestet werden konnten. Unser Stand umfasste einen Simulator sowie diverse Poster, begleitet von einer fortlaufend auf einem großen Monitor abgespielten PowerPoint-Präsentation. Diese Präsentation stellte die bisherigen Projektergebnisse dar, darunter Aspekte wie die Definition von Personas, User Journeys, die Gestaltung der virtuellen Umgebung, das UI-Design, die Interaktion mit Künstlicher Intelligenz, fahrerverhaltensbasierte Levelkonformität sowie das Thema MS. Zudem wurde unser Team von studiokurbos vorgestellt.

Im Laufe des Tages wurden mehrere Interviews aufgezeichnet, die zu einem späteren Zeitpunkt auf verschiedenen Kanälen veröffentlicht werden sollen. Das Interview mit Cristián Acevedo wurde gegen 14:00 Uhr aufgenommen, in dem er unsere Beteiligung am Projekt und unseren Unterstützungsbeitrag zu der Karli-Applikation erläuterte.

Am letzten Tag fand ein Konsortialmeeting statt, in dem das gesammelte Feedback zur Veranstaltung analysiert wurde, um die Endpräsentation optimal vorzubereiten. Besonders hervorgehoben wurde das positive Feedback zum UI-Design, das bei den Besuchern großen Anklang fand. Kritisch wurde angemerkt, dass während des Messetages nicht ausreichend Zeit für alle Besucher eingeplant werden konnte.

b) Abschlusspräsentation am 18. September 2024 in Stuttgart

Die Abschlusspräsentation des Projekts fand vom 18. bis 20. September 2024 in der Arena 2036 in Stuttgart-Vaihingen statt. Auch diese Veranstaltung erstreckte sich über drei Tage, beginnend mit dem Aufbau der Stände und einer abschließenden Nachbesprechung im Rahmen des letzten Konsortialmeetings.

Am ersten Tag wurden die benötigten Materialien, darunter Poster, Präsentationsmittel sowie die technische Ausrüstung (Simulator und Computer), in einen Transporter verladen und zur Arena 2036 gebracht, wo der Standaufbau erfolgte. Am Nachmittag wurde ein Testlauf mit ausgewählten VIP-Gruppen durchgeführt.

Am eigentlichen Präsentationstag wurden erneut einleitende Vorträge gehalten, welche die Projektthematik zusammenfassten. Im Anschluss folgten Präsentationen zu den drei Applikationen des Projekts. Nach der Mittagspause eröffnete der Marktplatz, auf dem alle Projektpartner ihre Stände vorstellten und Prototypen sowie Fahrzeuge erlebbar waren. Für jede Applikation wurde ein eigener Stand betrieben, der jeweils mit Simulatoren, Monitoren und Postern ausgestattet war. An jedem Stand wurde eine PowerPoint-Präsentation in Dauerschleife gezeigt, die die jeweiligen Applikationsfortschritte dokumentierte. Auch hier wurde das studiokurbos-Team vorgestellt.

Im Laufe des Messetages hielt studiokurbos zwei Vorträge: Um 13:00 Uhr präsentierte Cristián Acevedo zum Thema „Karlis Design-Prozess: Von den Nutzerbedürfnissen zum virtuellen Erlebnis“. Um 13:30 Uhr folgte Dr.-Ing. Peter Rössger mit dem Vortrag „Wer macht hier eigentlich was? Übergaben zwischen Fahrer und Fahrzeug“.

Am letzten Tag wurde das finale Konsortialmeeting abgehalten. Neben der Auswertung des Feedbacks zur Abschlussmesse wurde die Zukunftsperspektive des Projekts, insbesondere in Bezug auf die Weiterentwicklung von „Karli 2.0“, erörtert.

## 5.7 AP 800 | Projektmanagement und Ergebnisverbreitung

Durch die sorgfältige Umsetzung folgender Maßnahmen und die enge Zusammenarbeit mit unseren Partnern konnten wir die gesetzten Projektziele erfolgreich erreichen und bedeutende Fortschritte in den Zielapplikationen LKV, MS und KI-I erzielen.

### 5.7.1 UAP 810 | Management | Zielapplikationen LKV, MS, KI-I

#### 5.7.1.1 Vorgegebene Ziele

- a) Teilnahme an Projektmeetings
- b) Berichtstellung
- c) Abstimmung mit anderen Partnern

#### 5.7.1.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Im Rahmen des Projekts nahmen wir an allen Steuerkreismetings, Konsortialmeetings sowie Workshops teil, mit Ausnahme des ELSI-Workshops. Wir initiierten und moderierten mehrere Workshops, die darauf abzielten, die Projektinhalte aktiv zu gestalten. Diese Workshops fanden mit der Teilnahme verschiedener Konsortialpartner statt und umfassten folgende Themen:
  - o [Personas](#)

- User Journeys
    - i. [Benutzerreise: „Lisas Weg zur Arbeit Tag 2“](https://youtu.be/xrzvmwlddpQ) und <https://youtu.be/xrzvmwlddpQ>
    - ii. [Benutzerreise: „Anke holt ihren Sohn vom Fußball ab“](https://youtu.be/x2O9RHeN7SQ) und <https://youtu.be/x2O9RHeN7SQ>
    - iii. [Benutzerreise: „Matthias‘ längere Fahrt zum Kundentermin nach Magdeburg“](https://youtu.be/VDdJYAZam7Y) und <https://youtu.be/VDdJYAZam7Y>
  - UI Workshop und UI Components
  - Anforderungserhebung für MS-Konzepte
- b) In Übereinstimmung mit den inhaltlichen und zeitlichen Vorgaben erstellten wir regelmäßige Berichte. Diese Berichte sowie Statusreports deckten die folgenden Berichtszeiträume ab:
- Halbjahresbericht von 01. Juli 2021 – 31. Dezember 2021
  - Jahresbericht von 01. Januar 2022 – 30. Juni 2022
  - Halbjahresbericht von 01. Juli 2022 – 31. Dezember 2022
  - Jahresbericht von 01. Januar 2023 – 30. Juni 2023
  - Halbjahresbericht von 01. Juli 2023 – 31. Dezember 2023
  - Jahresbericht von 01. Januar 2024 – 30. Juni 2024
  - Abschlussbericht von 01. Juli 2021 – 30. September 2024
- c) Wir pflegten regelmäßige und enge Abstimmungen mit unseren Projektpartnern. Neben den übergreifenden Projektmeetings organisierten wir einen zweiwöchentlichen digitalen Austausch – genannt “Bi-Weekly” – mit Continental und der HdM sowie eine intensive Zusammenarbeit mit Goodpatch, solange deren Support zur Verfügung stand. Auch mit Peter Rösser bestanden sehr enge Absprachen. Er war in alle internen Scrum-Meetings von studioskurbos eingebunden und engagierte sich maßgeblich bei der Organisation und Durchführung von Workshops, Nutzerstudien, Berichterstattungen, Konsortialmeetings und Veröffentlichungen.

## 5.7.2 UAP 820 | Ergebnisverbreitung | Zielapplikationen LKV, MS, KI-I

### 5.7.2.1 Vorgegebene Ziele

- a) Ergebnisverbreitung (Unterauftrag)
- b) Bereitstellung von Materialien für die Ergebnisverbreitung

### 5.7.2.2 Verwendung der Zuwendungen und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Folgende Punkte beziehen sich auf die vorgegebenen Ziele:

- a) Die effektive Verbreitung der Projektergebnisse war ein zentrales Ziel dieses Arbeitspakets. Es war unsere Aufgabe, sicherzustellen, dass die gewonnenen Erkenntnisse und Entwicklungen angemessen kommuniziert und nutzbar gemacht wurden.

Reporte:

- MMC von Dr.-Ing. Peter Rössger ist ein innovatives Tool zur Abstimmung von Fahrzeugmodi, das die Personalisierung und Anpassung von Fahrzeugsystemen durch den Nutzer erleichtert.
- Report: [Darstellung von künstlicher Intelligenz im Fahrzeug MMI](#) von Dr.-Ing. Peter Rössger
- Report: [MMI-Adaption durch künstliche Intelligenz](#) von Dr.-Ing. Peter Rössger
- Studie: Ergebnisse Nutzerstudie 01 – KI-Avatar von Dr.-Ing. Peter Rössger

- Studie: [Ergebnisse Nutzerstudie 02 – Iconverständlichkeit und Übergaben](#) von Dr.-Ing. Peter Rössger
- Fachartikel: [What Will Visual Assistant of AV Look Like?](#) AEM Magazin, Südkorea u.a. mit Dr.-Ing. Peter Rössger und studiokurbos

Instagram:

- 11. Dezember 2023  
Thema: [Exploring AI avatars: How should your autonomous car's personality look like?](#)
- 27. September 2023  
Thema: [At the @karli projekt halftime event, Cristián Acevedo \(Creative Lead User Experience Design @studiokurbos\) discusses how we can make future communication between HMI \(Human-Machine Interface\) and users visible and tangible.](#)
- 22. Mai 2023  
Thema: [In the @karli projekt, one of our primary focuses is the development of artificial intelligence \(AI\) that promotes compliant driving behavior.](#)
- 19. Mai 2023  
Thema: [The halftime event of the @karli projekt recently took place in Frankfurt.](#)
- 24. Februar 2023  
Thema: [What do users want and need from automated vehicles? In the #KARLI research project, we not only developed personas, but also went through detailed user journeys. Find out more at karli-projekt.de!](#)

LinkedIn:

- Vor 7 Monaten  
Thema: [Exploring AI avatars: How should your autonomous car's personality look like?](#)
- Vor 6 Monaten  
Thema: [Ermöglicht es ein Avatar, die Kommunikation zwischen der im Fahrzeug verbauten Künstlichen Intelligenz und den Nutzenden zu optimieren und damit den Komfort und die Sicherheit im Fahrzeug der Zukunft zu erhöhen? Und falls ja, wie sollte dieser Avatar gestaltet sein?](#)
- Vor 10 Monaten  
Thema: [Currently our team is running user studies at studiokurbos® to collect feedback and improve AI avatars for autonomous driving within the KARLI research project.](#)

- b) Im Rahmen der Ergebnisverbreitung erstellten und bereiteten wir umfassende Materialien auf, um die Projektergebnisse klar und nachvollziehbar zu präsentieren. Diese Materialien wurden für verschiedene Kommunikationskanäle entwickelt, um unterschiedliche Zielgruppen effektiv zu erreichen. Die Bereitstellung der ansprechenden und informativen Materialien trug entscheidend dazu bei, das Bewusstsein und das Verständnis für die Projektergebnisse in der Fachwelt und darüber hinaus zu fördern. Dazu standen wir im engen Austausch mit dem Projektbüro Invensity. Alle entstandenen Informationen oder Materialien wurden Konsortialweit mittels des Projekt Servers, mit Miro- oder Figmaboards geteilt.

## 6 Verwendung und Nutzen der Zuwendung

### 6.1 Zahlenmäßiger Nachweis

... die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.

Wir sind im Plan geblieben. Für Details siehe gesonderter Bericht.

### 6.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit dieser Forschungsarbeit ergibt sich aus den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Einführung autonomer Fahrtechnologien und der Gewährleistung einer benutzerfreundlichen Interaktion zwischen Mensch und Maschine (HMI). Insbesondere die Probleme der MS, die durch autonomes Fahren verstärkt werden können, erfordern innovative Lösungen. Darüber hinaus ist die Entwicklung eines levelkonformen Fahrverhaltens entscheidend, um den Übergang zwischen manuellem und autonomem Fahren zu gestalten. Auch die Integration von KI zur Erkennung von Fahrerverhalten stellt eine wesentliche Notwendigkeit dar, um die Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr zu erhöhen. Die Zusammenarbeit mit den Partnern fördert eine praxisnahe Entwicklung und Validierung der Konzepte.

### 6.3 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden bedeutende Erkenntnisse zur Nutzung von KI in Fahrzeugen gewonnen. Die sichtbare Seite der künstlichen Intelligenz wurde analysiert, und es konnten Lösungen entwickelt werden, die in zukünftigen Projekten eingesetzt werden können. Dabei wurden Designparameter identifiziert, die durch KI angepasst werden können, um neue Ebenen der Personalisierung, Nutzbarkeit, Benutzererfahrung (UX) und Sicherheit zu erreichen. Die Ergebnisse der Nutzerstudien helfen, die Einstellung potenzieller Nutzer besser einzuschätzen und zukünftige Lösungen entsprechend anzupassen. Diese Erkenntnisse tragen dazu bei, die Akzeptanz von KI-gesteuerten Systemen zu erhöhen und gleichzeitig die Nutzerbedürfnisse präziser zu adressieren.

Der voraussichtliche Nutzen der Forschungsaktivität ist:

- Motion Sickness (MS): Die entwickelten MMI-Systeme bieten intuitive Interaktionen, die dazu beitragen, das Risiko von Übelkeit und Unwohlsein während autonomer Fahrten zu minimieren. Visuelle und haptische Hinweise helfen dabei, die Nutzer durch die Fahrsituation zu führen und ihre Komfortwahrnehmung zu erhöhen.
- Lernendes KI-Verhalten (LKV): Klare visuelle Indikatoren für den Übergang zwischen manuellem und autonomem Fahren stärken das Vertrauen der Nutzer in die Technologie und fördern eine höhere Akzeptanz des autonomen Fahrens. Die Systeme helfen dem Nutzer, die Rolle der KI im Fahrzeug zu verstehen und mit der Technologie sicher und mühelos zu interagieren.
- KI-Integration (KI-I): Die Integration von KI zur Erkennung von Müdigkeit und Regelverstößen ermöglicht eine dynamische Anpassung des HMI und erhöht so die Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit. Diese Entwicklungen lassen sich direkt in die Fahrzeugentwicklung integrieren und bieten den Partnerunternehmen Wettbewerbsvorteile in einem zunehmend technologieorientierten Markt. Zudem eröffnet diese KI-Integration neue Möglichkeiten für die Weiterentwicklung präventiver Sicherheitsmaßnahmen.

Mit dem KARLI HMI wurde ein Benchmark für KI-gesteuerte Mensch-Maschine-Schnittstellen entwickelt, getestet und veröffentlicht. Dabei wurden grundlegende Prinzipien für KI-HMIs sowie das levelgerechte Verhalten identifiziert. Auch Designprinzipien für KI-Avatare in Fahrzeugen sind erarbeitet worden, um Nutzern visuelle und interaktive Orientierungspunkte zu bieten. Die Frage, wie das Tasksharing zwischen Mensch und autonomem Fahrzeug optimal dargestellt werden kann und wie sich dieses Zusammenspiel in naher Zukunft weiterentwickeln könnte, ist ebenfalls weitgehend geklärt. Die so gewonnenen Erkenntnisse legen den Grundstein für künftige Forschungsarbeiten und bieten einen innovativen Ansatz für benutzerfreundliche und vertrauenswürdige KI-gesteuerte Fahrzeugtechnologien.

## 6.4 Fortschritt an anderen Stellen

Während der Durchführung des Projekts wurden bedeutende Fortschritte auf dem Gebiet des autonomen Fahrens und der MMI festgestellt. Verschiedene Unternehmen und Forschungsinstitutionen, darunter Ford und Continental, haben parallel eigene Initiativen zur Verbesserung der HMI entwickelt, insbesondere in Bezug auf MS und KI-gestützte Interaktionen. Audi hat ebenfalls eine Lösung entwickelt, die deutlich einfühlsamer auf Nutzerbedürfnisse reagiert als bestehende Systeme. Insbesondere konzentriert sich der erarbeitete Use Case auf die Erkennung von Müdigkeit, um eine sicherere Fahrumgebung zu schaffen. Aktuelle Forschungsergebnisse zur Nutzerakzeptanz wurden ausgetauscht und haben Einfluss auf die Entwicklung unserer Applikationen genommen. Es zeigt sich, dass der Einsatz von fortschrittlichen Algorithmen zur Vorhersage von Nutzerverhalten und die Entwicklung adaptiver Schnittstellen in der Industrie zunehmend Priorität haben. Darüber hinaus wurden neue Erkenntnisse über die psychologischen und physiologischen Aspekte von Fahrverhalten und -interaktionen gewonnen, die die Grundlagen unserer eigenen Forschung unterstützen und erweitern.

## 6.5 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Bisher wurden mehrere Veröffentlichungen zu den Ergebnissen der Nutzerstudien und den entwickelten Prototypen realisiert.

- Durchführung eines Workshops zu KI in automobilen HMI Lösungen auf der we.Conect CarHMI Tagung in Berlin am 28. Juni 2024
- Präsentation der Ergebnisse der ersten Nutzerstudie auf der HCII 2024 am 1. Juli 2024, Publikation in den Proceedings
- Präsentation der zweiten Nutzerstudie auf der IHET 2024 am 27. August 2024, Publikation in den Proceedings
- Fachartikel in wissenschaftlichen Zeitschriften über die entwickelten MMI-Systeme und deren Validierung in realen Anwendungsszenarien.
- Präsentationen auf internationalen Konferenzen, um die Ergebnisse der Applikationen MS, LKV und KI-I einem breiteren Fachpublikum vorzustellen.
- Dokumentationen der Halbzeit- und Abschlusspräsentationen zur Darstellung der Projektfortschritte und Innovationspotenziale. Zusätzlich sind Beiträge in Fachzeitschriften für UX-Design und autonome Fahrzeugtechnologien geplant, um die Erkenntnisse über benutzerzentrierte Ansätze in der Automobilbranche weiterzugeben.

### III Literaturverzeichnis

- Berman, B. (2020). *Avoiding Carsickness When the Cars Drive Themselves*. Von The New York Times: <https://www.nytimes.com/2020/01/17/business/motion-sickness-self-driving-cars.html> abgerufen
- Bieg, H.-J., Daniilidou, C., Michel, B., & Sprung, A. (2019). *Task load of professional drivers during level 2 and 3 automated driving*. Von hfes-europe: <https://www.hfes-europe.org/wp-content/uploads/2019/10/Bieg2019.pdf> abgerufen
- Biondi, F., Alvarez, I., & Jeong, K.-A. (2019). Human–Vehicle Cooperation in Automated Driving: A Multidisciplinary Review and Appraisal. *Full Terms & Conditions of access and use can be found at* <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=hihc20> *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1-15. Von ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/330608900\\_Human\\_Vehicle\\_Cooperation\\_in\\_Automated\\_Driving\\_A\\_Multidisciplinary\\_Review\\_and\\_Appraisal](https://www.researchgate.net/publication/330608900_Human_Vehicle_Cooperation_in_Automated_Driving_A_Multidisciplinary_Review_and_Appraisal) abgerufen
- Feenstra, P. J., Bos, J. E., & van Gent, R. N. (2011). *A visual display enhancing comfort by counteracting airsickness*. Von Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141938210000818> abgerufen
- Gold, C., Körber, M., Lechner, D., & Bengler, K. (2016). Taking Over Control From Highly Automated Vehicles in Complex Traffic Situations The Role of Traffic Density. *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*.
- Hainich, R., Drewitz, U., Ihme, K., & Laueremann, J. (2021). *Evaluation of a Human–Machine Interface for Motion Sickness Mitigation Utilizing Anticipatory Ambient Light Cues in a Realistic Automated Driving Setting*. Von ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/351008017\\_Evaluation\\_of\\_a\\_Human-Machine\\_Interface\\_for\\_Motion\\_Sickness\\_Mitigation\\_Utilizing\\_Anticipatory\\_Ambient\\_Light\\_Cues\\_in\\_a\\_Realistic\\_Automated\\_Driving\\_Setting](https://www.researchgate.net/publication/351008017_Evaluation_of_a_Human-Machine_Interface_for_Motion_Sickness_Mitigation_Utilizing_Anticipatory_Ambient_Light_Cues_in_a_Realistic_Automated_Driving_Setting) abgerufen
- Hainich, R., Drewitz, U., Ihme, K., Laueremann, J., & Nie, M. (2021). *Evaluation of a Human–Machine Interface for Motion Sickness Mitigation Utilizing Anticipatory Ambient Light Cues in a Realistic Automated Driving Setting*. Von MDPI: <https://doi.org/10.3390/info12040176> abgerufen
- Jones, M. L. (2019). *Queasy Passengers: A Testbed for Motion Sickness in Driverless Vehicles*. University of Michigan Transportation Research Institute.
- Kazuhito, K., & Kitazaki, S. (2008). *Improvement of Ease of Viewing Images on an In-vehicle Display and Reduction of Carsickness*. *Human Factors in Driving, Seating Comfort and Automotive Telematics*. Detroit, Michigan: SAE Technical Papers.
- Koga, M., Shibasaki, M., Abe, N., & Kunii, N. (2017). *Cars that Connect with People Integrated HMI Technology Designed to Achieve Harmony with People*. Hitachi Review.
- Kuiper, O. X., Bos, J. E., Diels, C., & Schmidt, E. S. (2019). Unpredictable Motion Auditory Motion Cues - RCA Research Online. *Applied Ergonomics*.
- Kurpiers, C., Biebl, B., Hernandez, J. M., & Raisch, F. (2020). *Mode Awareness and Automated Driving—What Is It and How Can It Be Measured?* Von ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/341560135> abgerufen
- Pereira, E. et al. (2024). Motionsickness Countermeasures for Autonomous Driving: Trends and Future directions. *Transportation Engineering*, 15.
- Salter, S., Diels, C., Herriotts, P., Kanarachos, S., & Thake, D. (2019). *Motion sickness in automated vehicles with forward and rearward facing seating orientations*. Von Pub Med: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31046959/> abgerufen

Walch, M., Lange, K., & Weber, M. (2015). Autonomous driving: investigating the feasibility of car-driver handover assistance. *International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 11-18.

## IV Danksagungen

Wir möchten unseren ganz besonderen Dank an das Team von studiokurbos aussprechen, ohne dessen Engagement und Fachwissen dieses Projekt nicht möglich gewesen wäre. Ein herzlicher Dank geht an:

- Andrea Castiglione
- Amr Al Janadi
- Charis Mania
- Cristián Acevedo
- Claudia Männer
- Dennis Moser
- Felix Theinert
- Gregor Schimanek
- Hermann Seitz
- Judith Stöber
- Katharina Schnaitmann
- Mara Pöllinger
- Martin Böhringer
- Miriam Bottesch
- Niklas Ihle
- Peter Rössger
- Samuel Nau
- Selin Özdemir
- Sergio La Gattuta
- Tobias Stricker
- Xinyi Wang

Wir möchten auch den 41 Probanden der beiden studiokurbos-Nutzertests danken, deren wertvolle Beiträge für unsere Forschung von großer Bedeutung waren. Aus Datenschutzgründen können diese nicht namentlich erwähnt werden.

Ein besonderer Dank gilt Peter Rössger von beyond HMI// sowie dem Team von Goodpatch für ihre Unterstützung und Expertise, die entscheidend zur Entwicklung und Implementierung unserer Anwendungen beigetragen haben. Ihre kreativen Ansätze und ihr tiefes Verständnis der Nutzererfahrungen haben das Projekt erheblich bereichert.

Wir danken außerdem allen unseren Partnern, die zu diesem Projekt beigetragen haben:

- Continental Automotive Technologies GmbH
- Ford-Werke GmbH
- AUDI AG
- INVENSITY GmbH
- semvox GmbH
- TWT GmbH Science & Innovation
- studiokurbos GmbH



Künstliche Intelligenz für Adaptive, Responsive und Levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft

- Fraunhofer IAO
- Fraunhofer IOSB
- Allround Team GmbH
- Hochschule der Medien
- Universität Stuttgart IAT

Ihre Zusammenarbeit und Unterstützung waren entscheidend für den Erfolg dieses Forschungsprojekts. Insbesondere möchten wir die Entwicklung innovativer Lösungen zur Erkennung von Müdigkeit durch AUDI hervorheben, die das Potenzial haben, zukünftige Fahrassistenzsysteme noch einfühlsamer und effektiver zu gestalten. Wir freuen uns auf weitere gemeinsame Entwicklungen in der Zukunft.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <u>Kurzfassung Schlussbericht</u>
3. Titel KARLI: Künstliche Intelligenz für Adaptive, Responsive und Levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft.	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Nau, Samuel Bottesch, Miriam	5. Abschlussdatum des Vorhabens <u>30. September 2024</u>
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  studiokurbos GmbH Königstraße 32 70173 Stuttgart Deutschland	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen <u>19A21031J</u>
	11. Seitenzahl <u>50</u>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. Literaturangaben <u>15</u>
	14. Tabellen <u>keine</u>
	15. Abbildungen <u>keine</u>
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Die Entwicklung innovativer Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMIs) zur Minimierung von Motion Sickness (MS) hat neue Designprinzipien hervorgebracht, die visuelle und haptische Hinweise zur Verbesserung des Fahrkomforts beinhalten. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI)-Systeme tragen dazu bei, die Nutzer während autonomer Fahrten zu unterstützen und Übelkeit zu reduzieren. Es wurden Interaktionsparameter wie Blickverhalten, Handpositionen identifiziert und grafische Lösungen als geeignete Indikatoren zur Reduktion von MS evaluiert und implementiert.  Die Applikation Levelkonformes Fahrverhalten (LKV) stärkt das Vertrauen der Nutzer in autonomes Fahren, indem klare visuelle Indikatoren für Übergänge zwischen manuellen und autonomen Fahrmodi bereitgestellt werden. Mithilfe von Use Cases wurde das Verhalten des lernenden KI-Systems getestet und validiert. Anhand des Levelwechsels von manuellem zu autonomem Fahren, konnte die Nutzerakzeptanz für einen geführten Wechsel der Kontrolle erhöht werden.  Durch die, in der Applikation Künstliche Intelligenz-Interaktion (KI-I) entwickelten, adaptiven Künstliche Intelligenz (KI)-Systeme, werden situationsgerechte und intuitivere Nutzerinteraktionen ermöglicht, der Sicherheitsstandard in der Fahrzeugnutzung wird signifikant gesteigert. Für die KI-Interaktion wurden multimodale Schnittstellen geschaffen, die verschiedene Nutzerpräferenzen berücksichtigen und adaptive Funktionen unterstützen. Beispielsweise zeigte sich, dass eine Manifestierung der KI als immer präsenter, unterstützender Avatar hilfreich sein könnte. Diese Schnittstelle wurden auf wissenschaftlicher Basis validiert und für die praktische Anwendung weiterentwickelt.	
19. Schlagwörter	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) <u>Summary of the final report</u>
3. title KARLI: Artificial Intelligence for an adaptive, responsive and level conform interaction with future vehicles.	
4. author(s) (family name, first name(s))  Nau, Samuel Bottesch, Miriam	5. end of project <u>September 30, 2024</u>
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address)  studiokurbos GmbH Königstraße 32 70173 Stuttgart Germany	9. originator's report no.
	10. reference no. <u>19A21031J</u>
	11. no. of pages <u>50</u>
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. no. of references <u>15</u>
	14. no. of tables <u>none</u>
	15. no. of figures <u>none</u>
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract  The development of innovative human-machine interfaces (HMIs) to minimize motion sickness (MS) has produced new design principles that incorporate visual and haptic cues to enhance ride comfort. The HMI systems help support users during autonomous driving and reduce nausea. Interaction parameters such as gaze behavior and hand positions were identified, and graphical solutions were evaluated and implemented as suitable indicators for reducing MS.  The Level-Conforming Driving Behavior (LKV) application strengthens user trust in autonomous driving by providing clear visual indicators for transitions between manual and autonomous driving modes. Use cases were employed to test and validate the behavior of the learning AI system. By switching from manual to autonomous driving, user acceptance for a guided transfer of control was increased.  Adaptive artificial intelligence (AI) systems developed in the AI Interaction (KI-I) application enable situation-appropriate and more intuitive user interactions, significantly enhancing safety standards in vehicle usage. For AI interaction, multimodal interfaces were created to account for various user preferences and support adaptive functions. For example, it has been shown that manifesting the AI as an ever-present, supportive avatar could be beneficial. This interface was scientifically validated and further developed for practical application.	
19. keywords	
20. publisher	21. price