

Fakultät für Druck und Medien  
Hochschule der Medien  
Nobelstraße 10  
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit

## **Transitioning - From Reality to Virtuality and Back Again**

Christof Schwarzenberger

**Studiengang:** Mobile Medien

**Prüfer/in:** Prof. Dr. Ansgar Gerlicher  
Alischa Rosenstein B.Sc.

**Betreuer/in:** Tobias Schneider M.Sc.

**Beginn am:** 24. Mai 2021

**Beendet am:** 23. August 2021



# **Abstract**

The trend towards connectivity and digitalization has strongly influenced the automotive industry in recent years. More and more car manufacturers are introducing new entertainment features that transform the vehicle into an experience space. Different approaches integrating Virtual Reality inside the car. In order to ensure a positive user experience the technologies must be adapted for this purpose and passenger needs must be taken into account. While isolation is essential for Virtual Reality to create a sense of presence, passengers have the need to be aware of their surroundings while driving.

This thesis investigates which influences from reality passengers want to perceive in Virtual Reality and how these can be represented in virtuality. For this purpose, two different design solutions were developed and implemented as an Augmented Virtuality prototype. In a qualitative study with  $N = 9$  participants, the designs were compared with regard to their representation of real information. This shows that information that is explicitly presented through two-dimensional interfaces in Virtual Reality are easy to understand and lead to the highest increase in the reported feeling of control. Information that is implicitly and metaphorically integrated into the virtual environment through three-dimensional objects maintains the feeling of presence. If no information is displayed and needs are ignored, negative emotions occur such as confusion and uncertainty. Subjects preferred the explicit design, due to its clear presentation and better control over interactions. This creates a positive correlation between the subjective feeling of control and the pragmatic part of User Experience.

The results confirm the assumption that real information should be taken into account when designing virtual experiences for passengers in the car.



## Kurzfassung

Der Trend zur Konnektivität und Digitalisierung hat die Automobilindustrie in den letzten Jahren stark beeinflusst. Immer mehr Hersteller integrieren neuartige Funktionen zur Unterhaltung während der Fahrt, sodass das Fahrzeug zunehmend zum Erlebnisraum wird. Verschiedene Konzepte planen beispielsweise die Umsetzung von Virtual Reality im Fahrzeug. Allerdings muss die Technologie dafür angepasst und entstehende Bedürfnisse der Passagiere berücksichtigt werden. Während für Virtual Reality die Isolation essenziell ist, um das Gefühl der Präsenz zu erzeugen, haben Passagiere das Bedürfnis, sich ihrer Umgebung während der Fahrt bewusst zu sein.

Im Rahmen dieser Arbeit wird untersucht, welche Einflüsse aus der Realität Passagiere in Virtual Reality wahrnehmen möchten und wie diese in der Virtualität dargestellt werden können. Dafür wurden zwei verschiedene Designlösungen entwickelt und als Augmented Virtuality Prototyp implementiert. In einer qualitativen Studie mit  $N = 9$  Teilnehmern wurden die Designs hinsichtlich ihrer Darstellung realer Informationen verglichen. Diese zeigt, dass Informationen, die explizit durch zweidimensionale Interfaces in Virtual Reality dargestellt werden, klar und verständlich sind und das Gefühl der Kontrolle am meisten stärken. Informationen, die implizit und metaphorisch durch dreidimensionale Objekte in die virtuelle Umgebung eingebunden werden, erhalten hingegen das Gefühl der Präsenz. Werden keine Informationen angezeigt und somit Bedürfnisse ignoriert, entstehen negative Emotionen wie Verwirrung und Verunsicherung. Die Probanden bevorzugten das explizite Design aufgrund der klaren Darstellung und der besseren Kontrolle über Interaktionen. Dabei entsteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem subjektiven Kontrollgefühl und dem pragmatischen Teil der User Experience. Die Ergebnisse bestätigen die getroffene Annahme, dass reale Informationen bei der Gestaltung virtueller Erlebnisse für Passagiere berücksichtigt werden sollten.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>17</b>
2.1 User Experience . . . . .	17
2.2 Virtual Reality . . . . .	19
2.3 Augmented Virtuality . . . . .	32
<b>3 Konzeptentwicklung</b>	<b>39</b>
3.1 Identifikation und Klassifikation äußerer Einflüsse . . . . .	39
3.2 User Journey . . . . .	40
3.3 Augmented Virtuality Designs . . . . .	41
3.4 Experteninterview . . . . .	42
<b>4 Unity Prototyp</b>	<b>47</b>
4.1 VR Space Invaders 3D . . . . .	47
4.2 Umsetzung der Augmented Virtuality Designs . . . . .	48
4.3 Implementierung . . . . .	51
<b>5 Qualitative Benutzerstudie</b>	<b>53</b>
5.1 Methodik . . . . .	53
5.2 Ergebnisse . . . . .	57
<b>6 Diskussion</b>	<b>65</b>
6.1 Design- und Handlungsempfehlungen . . . . .	69
6.2 Limitationen . . . . .	70
6.3 Ausblick . . . . .	71
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>73</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>75</b>

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Alle Geschlechteridentitäten werden dabei stets gleichermaßen angesprochen.



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Der MBUX Hyperscreen des EQS von Mercedes-Benz (Mercedes-EQ, 2021b) . . . . .	22
2.2	Mobiles Videospielen im Tesla Model S Plaid (Tesla, 2021) . . . . .	22
2.3	Ausschnitt aus einem Demovideo der holoride GmbH, in dem in der virtuellen Umgebung (rechts) ein passender Kontext für ein reales Ereignis (links) dargestellt wird (Audi, 2019) . . . . .	24
2.4	Die virtuelle Umgebung (rechts) repräsentiert zunächst die Realität (links), indem Verkehr und Fahrzeuginnenraum dargestellt werden (Renault, 2017) . . . . .	26
2.5	Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram (In Anlehnung an Milgram et al., 1994) . . . . .	32
2.6	Der Prototyp von McGill et al. zeigt partielle Überlagerungen (links) und eine Videodurchsicht (rechts) (2015) . . . . .	34
2.7	Das Handtracking von Oculus erkennt die Hände des Nutzers (links) und rendert eine virtuelle Repräsentation in das virtuelle Erlebnis (rechts) (Oculus, 2020) . . . . .	35
3.1	Sammlung möglicher Einflüsse aus der Realität auf das VR-Erlebnis in Fahrzeugen (eigene Darstellung) . . . . .	40
4.1	Screenshot aus dem Spiel „VR Space Invaders 3D“ auf dem der Spieler von Aliens attackiert wird (Tomschitz et al., 2020) . . . . .	47
4.2	Zeitliche Abfolge der Einflüsse aus der Realität. In der Darstellung wird die Länge der Einflüsse nicht berücksichtigt (eigene Darstellung) . . . . .	48
4.3	AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die ein Bewusstsein für den Bereich des Fahrers schaffen sollen . . . . .	49
4.4	AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die einen eingehenden Anruf in VR integrieren . . . . .	50
4.5	AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die die Navigationsinformationen in VR anzeigen . . . . .	51
4.6	AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die die Bremsung des realen Fahrzeugs in VR übertragen . . . . .	51
5.1	Studienablauf (eigene Darstellung) . . . . .	53
5.2	Einführung in das Szenario . . . . .	54
5.3	Mittelwerte der Bewertungen für die Menge der eingebundenen Informationen aus der Realität in den Designs (eigene Darstellung) . . . . .	59

5.4	Mittelwerte des subjektiven Kontrollgefühls von -3 (negativ) bis 3 (positiv) (eigene Darstellung). . . . .	60
5.5	Mittelwerte des Gefühl der Präsenz gemessen durch den Faktor Involviertheit des IPQ von 0 (negativ) bis 6 (positiv) (eigene Darstellung). . . . .	60
5.6	Mittelwerte des pragmatischen, hedonischen und gesamten Qualität des UEQ-S aller Designs (eigene Darstellung). . . . .	61
5.7	Mittelwerte der Items des UEQ-S aller Designs (eigene Darstellung). . . . .	62
5.8	Vergleich der Qualität der getesteten Designs mit anderen Produkten, die mit dem UEQ-S getestet wurden. (eigene Darstellung). . . . .	63

# Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht über eine Auswahl an psychologischen Bedürfnissen (Hassenzahl und Diefenbach, 2012) . . . . .	18
5.1	Items des Faktor „Involviertheit“ aus dem IPQ (*invertierteres Item) (igroup, 2021) . . . . .	56



# Abkürzungsverzeichnis

- AR** Augmented Reality. 33
- AV** Augmented Virtuality. 32
- HMD** Head Mounted Display. 19
- HUD** Head-up-Display. 50
- IMU** inertiale Messeinheit. 27
- IPQ** Igroup Presence Questionnaire. 55
- MBUX** Mercedes-Benz User Experience. 21
- MR** Mixed Reality. 32
- OBD-2** On-Board-Diagnose 2. 27
- RV** Realitäts-Virtualitäts. 32
- UEQ-S** User Experience Questionnaire - Short. 55
- UI** User Interface. 51
- UX** User Experience. 17
- VR** Virtual Reality. 15



# 1 Einleitung

Autonome Fahrzeuge könnten in der Zukunft neuartige Mobilitätserlebnisse schaffen. Durch eine zunehmende Automatisierung wird die Fahraufgabe und die Überwachung des Verkehrs nebensächlich, bis im hoch- und vollständig automatisierten Fahren der Fahrer selbst zum Passagier wird (SAE, 2014). Dadurch können sich alle Fahrzeuginsassen mit nicht fahrbezogenen Tätigkeiten beschäftigen. Man geht davon aus, dass Autos in der Zukunft ein breites Spektrum an Services zur Kommunikation, Produktivität und Unterhaltung anbieten müssen, um gewünschte Aktivitäten der Passagiere zu unterstützen (Pfleging et al., 2016). Bereits heute stellen sich Automobilunternehmen die Frage, wie die neu gewonnene Zeit sinnvoll genutzt werden kann, wobei insbesondere Unterhaltungserlebnisse als wichtiger Treiber in der Mobilität eingeschätzt werden (Audi, 2019).

Bereits mehrere Unternehmen planen oder forschen an Konzepten, um Virtual Reality in das Fahrzeug zu integrieren (holoride, 2021; Hock et al., 2017; Renault und Ubisoft, 2017). Für dieses Vorhaben bestehen derzeit noch einige Herausforderungen bis die Technologie eingesetzt werden kann. Beispielsweise sind weitere technische Anpassungen erforderlich und das Auftreten von *Motion Sickness* muss beachtet werden (McGill et al., 2019), wobei die Probleme in der Forschung bereits erfasst wurden und an ersten Lösungen gearbeitet wird (Hock et al., 2017; holoride, 2021). Allerdings bleibt die reale Umgebung in Virtual Reality Erlebnissen bisher unbeachtet (Auda et al., 2020), obwohl ein Bewusstsein für bestimmte Einflüsse aus der Realität erwünscht ist (Li et al., 2020; McGill et al., 2015). Es entsteht ein Konflikt zwischen den Bedürfnissen aus der Realität und dem Gefühl, sich in der virtuellen Umgebung präsent zu fühlen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu untersuchen, welchen Einflüssen aus der Realität sich Passagiere in Virtual Reality bewusst sein möchten und wie diese Einflüsse in der Virtualität dargestellt werden können. Zudem sollen Auswirkungen auf die User Experience, das Gefühl der Präsenz und auf das subjektive Kontrollgefühl analysiert werden.

Es soll geprüft werden, wie weit das virtuelle Erlebnis in Richtung Realität verschoben werden muss, um ein angemessenes Bewusstsein für die reale Umgebung zu schaffen und die Bedürfnisse der Nutzer zu erfüllen. Dafür werden zwei Designlösungen entwickelt und als Augmented Virtuality Prototyp in ein Virtual Reality (VR)-Spiel implementiert. Die Designs unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Darstellung realer Informationen. Ein Design bindet die Realität explizit durch zweidimensionale Interfaces ein, die sich von der Virtualität abheben. Das andere Design integriert Informationen implizit und metaphorisch durch dreidimensionale Objekte in das Spiel. Es wird angenommen, dass das explizite Design für Passagiere verständlicher und

## 1 Einleitung

---

transparenter ist, während das implizite Design aufgrund der spielerischen Einbindung das Gefühl der Präsenz besser unterstützt.

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert: Zunächst wird in Kapitel 2 ein Überblick über die theoretischen Grundlagen der Bereiche User Experience, Virtual Reality und Augmented Virtuality gegeben. Anschließend thematisiert die Konzeptentwicklung in Kapitel 3 die Identifikation und Klassifikationen von Einflüssen aus der Realität und Designlösungen für die Adressierung der Nutzerbedürfnisse in Virtual Reality. Das Konzept wird durch ein Experteninterview bewertet und diskutiert. In Kapitel 4 wird die Implementierung der Augmented Virtuality Designs in Unity beschrieben. Kapitel 5 zeigt die Methodik und Ergebnisse der qualitativen Benutzerstudie, in der die Designlösungen verglichen werden. Abschließend diskutiert Kapitel 6 die Ergebnisse der Studie und Auswirkungen auf die User Experience, das Gefühl der Präsenz und das subjektive Kontrollgefühl. Zusätzlich werden aus den Erkenntnissen aus dieser Arbeit Design- und Handlungsempfehlungen für Virtual Reality Erlebnisse im Fahrzeug gegeben. Schließlich fasst Kapitel 7 die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen.

# **2 Theorie**

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Gestaltung positiver Nutzungserlebnisse und untersucht hierbei das Potenzial von VR in Fahrzeugen. In diesem Kapitel werden Grundlagen und verwandte Arbeiten vorgestellt, die sich mit Stärken von VR beschäftigen, aber auch Herausforderungen der Technologie und Bedürfnisse der Nutzer thematisieren, die relevant für Passagiere sind.

## **2.1 User Experience**

Die User Experience (UX) umfasst das ganzheitliche Erlebnis mit einem Produkt (Hassenzahl et al., 2008). Dabei werden nicht nur Interaktionen mit einem System berücksichtigt, sondern auch subjektive Eindrücke, die vor, während und nach der Nutzung entstehen (ISO-9241-210, 2010). Somit schließt die UX auch Erwartungen an ein Produkt und Reflexionen nach der Nutzung ein. Es steht nicht das einzelne Produkt im Vordergrund, sondern auch alles, was damit zusammenhängt. Die Erfahrungen, die während der Nutzung mit einem Produkt gemacht werden, können unterschiedlich bewertet werden. Ein aufregendes VR-Spiel könnte bei Nutzern, die sich Unterhaltung wünschen, ein positives Erlebnis hervorrufen, während das Spiel bei Nutzern, die sich entspannen möchten, ein negatives Erlebnis erzeugen könnte. Es wird ersichtlich, dass die UX von der subjektiv wahrgenommenen Qualität abhängig ist, die über die zukünftige Nutzung des Produkts bestimmt (Hassenzahl et al., 2008).

### **2.1.1 Positive User Experience**

Bei der UX geht es darum, kurzfristig positive Erlebnisse hervorzurufen, langfristig bedeutsame Ziele zu verfolgen und Fähigkeiten zu entfalten (Desmet und Hassenzahl, 2012). Am Beispiel eines VR-Spiels im Auto könnte ein kurzfristig positives Erlebnis die Freude am Spiel sein und ein langfristig bedeutsames Ziel die sinnvolle Nutzung der Zeit im Auto. Positive Erlebnisse sind durch positive Emotionen wie Freude oder Überraschung geprägt. Diese stellen sich ein, wenn psychologische Bedürfnisse erfüllt werden. Psychologische Bedürfnisse sind unabhängig von der Kultur bei jedem Menschen in unterschiedlicher Ausprägung vorhanden und stellen Anforderungen und Wünsche dar (Hassenzahl, 2008). In Tabelle 2.1 wird eine Auswahl an psychologischen Bedürfnissen beschrieben. Werden Bedürfnisse durch ein Produkt erfüllt,

<b>Bedürfnis</b>	<b>Beschreibung</b>
Kompetenz	Sich Herausforderungen stellen und diese bewältigen. Das Erleben von Erfolg und Selbstwirksamkeit spielt eine wichtige Rolle.
Verbundenheit	Sich anderen nahe fühlen, vor allem Menschen, die einem wichtig sind. Es geht um das Gefühl sozialer Eingebundenheit und Nähe.
Popularität	Anerkennung bei anderen finden. Das Gefühl jemand zu sein, den andere interessant finden. Dabei spielt Ruhm, Verantwortung, aber auch Macht und Einfluss eine wichtige Rolle.
Stimulation	Neues kennenlernen. Neugier, Unterhaltung oder Ablenkung spielen eine wichtige Rolle.
Sicherheit	Dinge planen und sicher vor Bedrohung und Ungewissheit sein. Es geht um ein Gefühl der Entspannung durch Planbarkeit und Struktur.

**Tabelle 2.1:** Übersicht über eine Auswahl an psychologischen Bedürfnissen (Hassenzahl und Diefenbach, 2012).

entsteht das Potenzial, positive Erlebnisse hervorzurufen (Hassenzahl et al., 2011). Diese Fähigkeit eines Produkts wird als hedonische Qualität bezeichnet.

### 2.1.2 Abgrenzung zur Usability

Die Usability ist der Teil der UX, der sich auf die Interaktion mit einem Produkt beschränkt. Sie beschreibt die effektive und effiziente Erreichung von gewünschten Handlungszielen (Burmester et al., 2017). Für eine gute Usability sollte die Bedienung eines Produktes praktisch, voraussagbar und übersichtlich sein (Hassenzahl et al., 2008). Die wahrgenommene Fähigkeit eines Produkts, wie intuitiv Handlungsziele erreicht werden können, wird als pragmatische Qualität bezeichnet (Hassenzahl et al., 2008). Erlebnisse werden nicht nur von der hedonischen Qualität, sondern auch von der pragmatischen Qualität geprägt. Bei einer schlechten pragmatischen Qualität, verursacht durch Nutzungsprobleme, stellen sich negative Erlebnisse ein (Burmester et al., 2017).

### 2.1.3 Gefühl der Kontrolle

Wie bereits in Kapitel 2.1.1 beschrieben, stellen sich durch die Erfüllung psychologischer Bedürfnisse positive Emotionen ein, die positive Erlebnisse hervorrufen. Jokinen zeigt, dass die wahrgenommene Kontrolle über ein Ereignis ein wichtiger Faktor für emotionale Reaktionen ist. Das Kontrollgefühl definiert das subjektive Bewusstsein für die persönliche Bestimmung über ein Ereignis. Das kann beispielsweise die Kontrolle über eine Interaktion sein. Dabei sollen negative Emotionen, die durch stressige oder frustrierende Interaktionen hervorgerufen

werden, eingedämmt und positive Emotionen verstärkt werden (2015). Neben Interaktionen verstärken auch Informationen und Erklärungen über ein Ereignis das Gefühl der Kontrolle (Schneider et al., 2021). Daraus kann impliziert werden, dass das Bewusstsein für Kontrolle auch informativen Einflüssen unterliegt. So konnte im Kontext des autonomen Fahrens gezeigt werden, dass Erklärungen über das Verhalten eines vollautomatisierten Fahrzeugs das subjektive Kontrollgefühl der Passagiere verstärken. Außerdem konnte ein positiver Zusammenhang zwischen dem subjektiven Kontrollgefühl und der UX festgestellt werden (Schneider et al., 2021).

Auch Apple verankert das Prinzip der Nutzerkontrolle in den Human Developer Guidelines des mobilen Betriebssystem iOS (Apple, 2021). Laut diesen kann dem Nutzer durch interaktive Elemente, vorhersehbare Aktionen und das Abbrechen von unerwünschten Vorgängen das Gefühl gegeben werden, die Kontrolle zu haben (Apple, 2021). Eine App sollte das Gleichgewicht zwischen der Befähigung der Benutzer und der automatischen Vermeidung unerwünschter Folgen finden, beispielsweise durch vorgeschlagene Aktionen oder Warnungen vor gefährlicher Konsequenzen. Allerdings sollte die Entscheidungsfindung durch den Nutzer stattfinden (Apple, 2021).

## 2.2 Virtual Reality

Bei konventionellen Computern sieht der Nutzer digitale Inhalte aus einer betrachtenden Perspektive. Die Inhalte werden durch grafische Benutzerschnittstellen gezeigt und lassen sich durch Eingabegeräte manipulieren. Da Computerdisplays als „Fenster“ zu zweidimensionalen virtuellen Inhalten aufgefasst werden können, sind Realität und Virtualität klar voneinander differenzierbar (Dörner et al., 2013). In VR befindet sich der Benutzer in der Egoperspektive und betrachtet den virtuellen Inhalt, der ihn umgibt, in dreidimensionaler Form. Möglich wird die virtuelle Präsentation durch ein Head Mounted Display (HMD), ein kopfgetragenes Display, das alle visuellen Sinneseindrücke der realen Welt mit virtuellen Eindrücken ersetzt, die ausschließlich computergeneriert sind (Dörner et al., 2013). Der Computer kann die gezeigten Szenen in Echtzeit anpassen, wodurch Bewegungen und Rotationen ermöglicht werden. Die künstliche Umgebung soll so erlebt werden, dass das Gefühl entsteht, sich physisch in der Umgebung zu befinden (Röber et al., 2018). Neben der visuellen Stimulation ergänzen auditive Effekte durch Kopfhörer und haptisches Feedback durch Controller die virtuelle Darstellung (Ghosh et al., 2018), sodass ein multisensorisches Erlebnis entsteht. Da Menschen aus der Realität gelernt haben, wie sich physische Objekte verhalten und wie mit diesen interagiert werden kann, ersetzen natürliche Gesten in der virtuellen Umgebung herkömmliche Eingabegeräte (Dörner et al., 2013). Dabei sollen sich virtuelle Objekte ähnlich wie reale Objekte verhalten.

### 2.2.1 Die Stärken von Virtual Reality

Durch die Vorteile von VR entsteht ein immersives Medium, das für Arbeit und Unterhaltung eingesetzt werden kann (McGill et al., 2015). Dabei ist die virtuelle Umgebung unabhängig von der Realität und nicht an physikalische Gesetze gebunden. Der Nutzer kann verschiedene Welten erleben, die nicht nur räumlich und zeitlich von der Wirklichkeit abweichen, sondern auch komplett fiktiv sein können (Dörner et al., 2013). Verwendet man VR als Medium zur Produktivität, hat die Technologie das Potenzial auch in eingeschränkten Räumen wie Flugzeugen, Autos oder den öffentlichen Verkehrsmitteln eingesetzt zu werden (Li et al., 2021; McGill et al., 2019). Dem Nutzer kann unabhängig von räumlichen Einschränkungen beliebiger Inhalt in jeder Größe präsentiert werden. Durch das Ausblenden der Realität und das Eintauchen in die Virtualität entstehen demnach Vorteile, die in verschiedenen Situationen gewünscht sind. Beispielsweise kann sich der Nutzer von einer lauten Büroumgebung mit vielen visuellen Ablenkungen isolieren, um konzentriert zu arbeiten (Auda et al., 2020).

#### Immersion

Die Immersion umfasst das Ausmaß, in dem Computerbildschirme in der Lage sind, eine umfassende, umgebende und lebendige Illusion der Realität zu erzeugen (Slater und Wilbur, 1997). Sie beschreibt den Grad des Eintauchens in eine virtuelle Umgebung und wie realitätsgetreu diese durch Anzeige- und Interaktionssysteme (z.B. HMDs und handgehaltene Controller) dargestellt werden kann. Nach Slater und Wilburg sind die vier Eigenschaften Inklusion, Umfang, Umgebung und Lebendigkeit für den Grad der Immersion entscheidend. Die Inklusion gibt an, inwieweit die physische Realität vom Erlebnis ausgeschlossen wird. Sinneseindrücke sollten möglichst ausschließlich durch den Computer erzeugt werden. Der Umfang zeigt wie viele Sinneseindrücke, wie Sehen, Hören und Fühlen, im Erlebnis berücksichtigt werden. Ziel ist ein multisensorisches Erlebnis zu schaffen, das möglichst viele Sinne stimuliert. Die Umgebung bezieht sich auf das Sichtfeld, dass möglichst weit sein sollte, um die virtuelle Inhalte aus einer umgebenden Perspektive zu sehen. Zuletzt beschreibt die Lebendigkeit die Qualität der Darstellung, wobei diese einerseits durch die Auflösung und das verwendete Farbspektrum beeinflusst wird, aber andererseits auch der Reichtum an Informationen ein qualitatives Merkmal für die lebendige Darstellung ist (1997). Obwohl sich HMDs gut als immersive Displays eignen, aufgrund der visuellen Isolation und der räumlichen Illusion von Tiefe, ist eine vollständige Immersion eine Zielvorstellung, die zum aktuellen Stand der Technik nicht komplett umgesetzt werden kann (Dörner et al., 2013). Allerdings ermöglichen technisch fortschreitende Entwicklungen bei VR-Systemen einen immer höheren Grad des Eintauchens (Auda et al., 2020).

### Präsenz

Während die Immersion eine Variable der Technologie ist und objektiv beschrieben werden kann, ist das Gefühl der Präsenz eine Variable der UX (Schubert et al., 2001). Die Präsenz ist ein subjektives Gefühl des einzelnen Nutzers, sich in einer virtuellen Umgebung zu befinden (Slater und Wilbur, 1997). Präsenz tritt dann ein, wenn ein hoher Grad an Immersion erfüllt wird (Dörner et al., 2013). Die virtuellen Inhalte sollen eher als besuchte Orte und nicht als gesehene Bilder betrachtet werden, sodass die virtuelle Umgebung zur einnehmenden Realität wird (Slater und Wilbur, 1997). Ein starkes Gefühl der Präsenz kann beobachtet werden, wenn sich ein Nutzer in der virtuellen Umgebung so verhält, als wäre dieser in der realen Welt (Dörner et al., 2013). Der Nutzer reagiert auf Einflüsse der Virtualität wie auf Einflüsse, die aus der Realität kommen und körperliche Reaktionen wie physische Anspannung oder ein steigender Puls machen sich bemerkbar. Nach Dörner et al. setzt sich das Gefühl der Präsenz aus drei verschiedenen Teilespekten zusammen. Die Ortsillusion beschreibt das Gefühl, sich tatsächlich an dem dargestellten Ort zu befinden. Der Ort sollte realistisch dargestellt werden und auch aus verschiedenen Perspektiven betrachtbar sein. Die Plausibilitätsillusion bezieht sich auf die Glaubwürdigkeit der virtuellen Darstellung. Dabei geht es um Ereignisse und Inhalte, die den Nutzer betreffen und so wirken sollen, als würden sie wirklich geschehen. Der letzte Teilespekt ist die Involviertheit in das Geschehen in VR. Für ein umfassendes Gefühl der Präsenz ist es wichtig, dass der Nutzer in die Virtualität einbezogen wird, damit der Betrachter selbst zum Teil des virtuellen Erlebnisses werden kann (2013).

### 2.2.2 Potenzial für Virtual Reality im Auto

Immer mehr Automobilhersteller integrieren digitale Funktionen zur Unterhaltung, Information und Produktivität während der Fahrt. Das Auto soll zunehmend zum Erlebnisraum werden und Bedürfnisse der Nutzer erfüllen. Das folgende Kapitel soll einen Überblick über aktuelle Entwicklungen in der Erlebnisgestaltung in Fahrzeugen geben und erklären, wie VR in Fahrzeugen eingesetzt werden kann.

### Das Auto als Erlebnisraum

Der Trend zur Konnektivität und Digitalisierung hat die Automobilindustrie in den letzten Jahren stark beeinflusst (Ganser et al., 2021). Hersteller fokussieren sich mehr auf die Bedürfnisse der Kunden, indem verschiedene Dienste mit einer möglichst hohen UX bereitgestellt werden. Exemplarisch sind Dienste zur Personalisierung, Navigation, Unterhaltung und Kommunikation sowie *Remote Apps* (Ganser et al., 2021). Ein Beispiel dafür bietet der EQS von Mercedes-Benz, mit dem das Unternehmen durch eine Reihe verschiedener Innovationen ein neuartiges Kundenerlebnis schaffen möchte (Mercedes-EQ, 2021a). Zentraler Bestandteil ist der in Abbildung 2.1 dargestellte Mercedes-Benz User Experience (MBUX) Hyperscreen, auf dem auch der Beifahrer unabhängig vom Fahrer das Infotainment und Entertainment steuern kann.

## 2 Theorie

---



**Abbildung 2.1:** Der MBUX Hyperscreen des EQS von Mercedes-Benz (Mercedes-EQ, 2021b).



**Abbildung 2.2:** Mobiles Videospielen im Tesla Model S Plaid (Tesla, 2021).

Unter anderem können TV Inhalte, Musik Streaming Dienste und Radiosender genutzt oder im Internet gesurft werden. Um das Fahrerlebnis aufregender zu gestalten, wird synchron zu Beschleunigungen und Bremsungen verschiedene Klangwelten über das Surround-Soundsystem des EQS abgespielt und sich bewegende Lichtpunkte durch die Ambientebeleuchtung angezeigt. Mercedes möchte damit ein emotional gestaltetes Sounderlebnis erzeugen und gleichzeitig multisensorisches Feedback für Aktionen des Fahrens bereitstellen (Mercedes-EQ, 2021a). Zur Entspannung in Pausen bietet das *ENERGIZING COMFORT* Programm ein immersives Sounderlebnis mit realitätsnahen und beruhigenden Klängen, wie zum Beispiel ein Meerwassergeräusch oder das Prasseln eines Sommerregens. Das Erlebnis wird durch die Ambientebeleuchtung und Bildern auf den Displays unterstützt und soll zu einer entspannenden Reise beitragen (Mercedes-EQ, 2021a). Eine weitere neuartige Form der Unterhaltung in Fahrzeugen bietet Tesla im Model S Plaid. Dort wurde eine Spielekonsole integriert, die mit kabellosen Gamepads oder dem Lenkrad während des Parkens gesteuert werden kann. In Abbildung 2.2 werden die zwei Displays gezeigt, auf denen die Passagiere verschiedene Spiele erleben können (Tesla, 2021).

### Autonomes Fahren als Treiber digitaler Erlebnisse

Initiiert wird die Forschung meist durch die Möglichkeiten, die autonome Fahrzeuge in der Zukunft bieten können. In hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeugen wird der Fahrer selbst zum Passagier, sodass dieser sich mit nicht fahrbezogenen Tätigkeiten beschäftigen kann (Pfleging et al., 2016). Gleichzeitig entsteht für Automobilfirmen die Frage, wie die neu gewonnene Zeit sinnvoll genutzt werden kann. Der CEO des Start Ups holoride ist der Meinung, dass insbesondere Unterhaltungserlebnisse zu einem wichtigen Treiber in der Mobilität werden (Audi, 2019). Bereits heute gibt es Fahrzeuge wie den EQS von Mercedes Benz oder das Model S Plain, die neuartige Konzepte zur Unterhaltung und Entspannung anbieten. Dafür werden mehrere Fahrzeugkomponenten genutzt, zum Beispiel das Audiosystem, die Ambientebeleuchtung und allgegenwärtige Displays, um ein multisensorisches Erlebnis zu erzeugen. Man geht davon aus, dass Autos in der Zukunft ein breites Spektrum an Diensten zur Kommunikation, Produktivität und Unterhaltung anbieten müssen, um gewünschte Aktivitäten der Passagiere zu unterstützen (Pfleging et al., 2016).

### 2.2.3 Virtual Reality Konzepte in Fahrzeugen

Verschiedene Automobilhersteller, Start-Up Unternehmen und Hochschulen planen und testen erste Konzepte für die Umsetzung von VR im Auto, die im Folgenden vorgestellt werden.



**Abbildung 2.3:** Ausschnitt aus einem Demovideo der holoride GmbH, in dem in der virtuellen Umgebung (rechts) ein passender Kontext für ein reales Ereignis (links) dargestellt wird (Audi, 2019).

### **holoride**

Das münchener Start Up holoride arbeitet derzeit an immersiven Erlebnissen für Fahrzeuge. Die Besonderheit daran ist, dass Navigations- und Fahrzeugdaten in Echtzeit mit virtuellen Inhalten verknüpft werden. Dadurch werden reale und virtuelle Bewegungen synchron. Zudem wirkt das Erlebnis noch immersiver auf den Nutzer und *Motion Sickness* wird reduziert (Audi, 2019; Hock et al., 2017). Holoride führt den Begriff „Elastic Content“ ein, wobei der virtuelle Inhalt flexibel zu den Bedingungen in der Realität erstellt und angepasst wird (holoride, 2021). Folglich haben Fahrbewegungen, der Verkehr und die Fahrzeugumgebung einen Einfluss auf den Inhalt in VR und schaffen zusätzlich ein Bewusstsein für die reale Umgebung. In einem Demovideo wird gezeigt, wie Einflüsse aus der Realität für den Nutzer kommuniziert werden, die aufgrund der Isolation in VR visuell nicht wahrnehmbar sind. In Abbildung 2.3 hält das Auto in der Realität vor einem Zebrastreifen, während in VR illustrierte Vögel die virtuelle Straße überqueren. Für den Stopp des realen Fahrzeugs wird ein passender Kontext in VR gefunden, der das Ereignis erklärbar macht.

Mit dem Produkt von holoride sollen Passagiere auf der Rückbank des Fahrzeuges mit einer VR-Brille in verschiedene Anwendungen eintauchen. Neben Unterhaltungsanwendungen, wie Videospielen, können Passagiere interaktive und historische Welten erkunden, sich in ruhigen Umgebungen entspannen oder unterwegs in einer virtuellen Desktop-Umgebung arbeiten (holoride, 2021). So wird unter anderem mobiles Arbeiten möglich. Mit der Vision möchte holoride neue Mobilitätserlebnisse schaffen (Audi, 2019). Das Konzept von holoride zeigt, wie die VR-Technologie mit Fahrzeugen verknüpft werden kann. Die Entwickler binden reale Bewegungen in das virtuelle Erlebnis ein, um *Motion Sickness* zu lindern und erzeugen „Elastic Content“, um sich dynamisch an die reale Situation anzupassen. Entgegen zu statischen VR-Erlebnissen bestehen im Fahrzeug Abhängigkeiten zur Realität, um Bewegungen und Einflüsse, wie beispielsweise den Stopp vor dem Zebrastreifen, vorhersehbar und erklärbar zu machen.

### CarVR

Studenten der Universität Ulm untersuchten mit ihrem Prototyp „CarVR“, wie VR im Auto eingesetzt werden kann (Hock et al., 2017). Im Prototypen wurden die Rotation und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erfasst und auf die Bewegungen eines virtuellen Helikopters übertragen, aus dem man rote Luftballons abschießt. Im Spieldesign wurde bewusst der Luftraum verwendet, damit sich der virtuelle Helikopter in die Richtungen bewegen kann, in die sich das Fahrzeug in der Realität bewegt. Hock et al. weisen darauf hin, dass sonst die virtuelle Umgebung im voraus passend zum Straßennetz aus der Realität modelliert werden muss (2017). In einer Probandenstudie konnte durch die Synchronisierung der Bewegungen ein hoher Grad an Immersion und eine Reduzierung der *Motion Sickness* festgestellt werden. Unterscheiden sich die Bewegungen in der Virtualität von den realen Fahrbewegungen, führt dies zu einem unangenehmen Gefühl. „CarVR“ demonstriert, dass VR auch in bewegten Umgebungen wie Fahrzeugen funktioniert. Hock et al. stoßen bei der Entwicklung des Prototypen auf das gleiche Problem wie holoride, dass der virtuelle Inhalt von den Bedingungen in der Realität abhängig ist. Sie nutzen jedoch den Luftraum, um nicht wie holoride auf den „Elastic Content“ angewiesen zu sein. Daraus wird ersichtlich, dass in VR im Fahrzeug ein Bezug zur Realität besteht. Neben Bewegungen des Fahrzeugs könnten weitere Informationen aus der Realität für Passagiere relevant sein. Beispielsweise äußerten manche Probanden das Gefühl, trotzdem am Verkehr teilhaben zu wollen, sodass durch die Isolation für sie ein unangenehmes Gefühl entstand (2017). Obwohl in immersiven Erlebnissen die Realität ausgeschlossen werden soll (Slater und Wilbur, 1997), könnte die Erfüllung entstehender Bedürfnisse wichtiger werden als die Umsetzung der Isolation in VR.

### Apple Patent

Das Technologieunternehmen Apple veröffentlichte das US Patent „Immersive Virtual Displays“, in dem HMDs und Scheibenprojektionen in autonomen Fahrzeugen eingesetzt werden sollen (Rober et al., 2018). Durch die Bereitstellung der immersiven Displays können verschiedene Szenarien zur Unterhaltung, aber auch zur Produktivität angeboten werden. Im Patent wird ebenfalls eine Synchronisierung der Bewegungen zwischen Realität und Virtualität beschrieben. Beschleunigungen, Bremsungen und Lenkbewegungen werden durch einen VR-Controller, einer zentralen Schnittstelle verarbeitet und in das virtuelle Erlebnis übertragen. Der Bewegungskontext wird dann für virtuelle Welt genutzt, wobei der Nutzer entscheiden kann, ob er beispielsweise durch eine entfernte Stadt fahren möchte oder über eine idyllische Landschaft fliegen möchte. Dabei kann er auch sein virtuelles Fortbewegungsmittel individuell zu einem Supercar und einem Luxusauto anpassen. Verschiedene Komponenten des Fahrzeugs wie die Klimaanlage und das Soundsystem schaffen ein multisensorisches Erlebnis, indem auditive und haptische Sinne angesprochen werden. Für eine immersive Arbeitsumgebung können persönliche Geräte des Benutzers wie Notebooks mit dem VR-Controller verbunden werden und als großes Interface in der Virtualität dargestellt werden. Der virtuelle Inhalt scheint durch die immersiven Displays einige Meter vor dem Fahrzeug zu sein. Dadurch



**Abbildung 2.4:** Die virtuelle Umgebung (rechts) repräsentiert zunächst die Realität (links), indem Verkehr und Fahrzeuginnenraum dargestellt werden (Renault, 2017).

entsteht die Möglichkeit, Programme, Apps und Spiele komfortabel während der Fahrt zu nutzen, da neben dem statischen Inhalt auch die Fahrbewegungen wahrgenommen werden können, um *Motion Sickness* zu verhindern. Wie in den bereits vorgestellten Konzepten steht die Synchronisierung von Bewegung im Fokus des Patents. Die Vorstellungen der Designer zeigen, dass so neuartige VR-Erlebnisse geschaffen werden. Das Fahrzeug als Anwendungsraum für immersive Technologien kann durch die Nutzung der realen Bewegung und verschiedener Autokomponenten vorteilhaft für das Erlebnis in VR sein.

### **Renault Symbioz**

Auf der internationalen Automobil-Ausstellung (IAA) präsentierte Renault eine Studie, wie autonome, elektrische und vernetzte Technologie im Jahr 2030 aussehen könnte. Teil des *Concept Car „Renault Symbioz“* ist ein VR-Erlebnis, das mit dem Videospielunternehmen Ubisoft entwickelt wurde. Der Fahrer kann im selbstfahrenden Auto ein HMD aufsetzen und wird von einer virtuellen Darstellung der Realität (siehe Abbildung 2.4) schrittweise in eine immersive und fiktive Umgebung gebracht. Im Demovideo fährt der Nutzer erst durch eine futuristische Stadt und fliegt schließlich mit einem Vogelschwarm über eine surreale Landschaft (Renault, 2017). Auch Renault nutzt vom Fahrzeug erfasste Daten, wie Geschwindigkeitsänderungen und Spurwechsel, um die Bewegungen aus der Realität in das VR-Erlebnis zu übertragen. Des Weiteren werden Navigationsdaten und umliegende Fahrzeuge in Echtzeit erfasst und als virtuelle Objekte in VR integriert. Durch die Synchronisierung der Bewegungen und der Einbindung der Objekte aus der Realität wird ein angenehmes und komfortables Nutzererlebnis erzeugt (Renault und Ubisoft, 2017). Renault möchte mit dem virtuellen Unterhaltungsprogramm ein immersives Erlebnis als Flucht aus dem Alltag und als Entspannungsmöglichkeit bieten, sowie das Gefühl eines Abenteuers vermitteln. Die Vision von Renault unterscheidet sich von den anderen Konzepten in der Hinsicht, dass es sich um ein autonomes Fahrzeug handelt, in dem der Fahrer selbst in eine virtuelle Welt eintaucht. Umliegende Fahrzeuge aus der Realität werden Teil des virtuellen Erlebnisses und der Benutzer wird durch einen Übergang von der Realität in die Virtualität geleitet (siehe Abbildung 2.5). Daraus stellt sich die Frage, welche Anforderungen an VR entstehen, wenn die Technologie im Fahrzeug integriert wird.

## 2.2.4 Herausforderungen für Virtual Reality im Auto

Anhand der vorgestellten Konzepte wird deutlich, dass für die Integration der VR-Technologie in Fahrzeugen noch einige Herausforderungen bestehen. Zunächst sind weitere technische Anpassungen erforderlich, damit VR in bewegten Umgebungen funktioniert. Außerdem muss das Thema *Motion Sickness* beachtet werden, um ungewünschte Nebeneffekte wie Schwindel oder körperliches Unwohlsein auszuschließen. An beiden Problemen wird bereits geforscht und an ersten Lösungen gearbeitet (Hock et al., 2017; holoride, 2021). Eine weitere Herausforderung ist die Abhängigkeit zur Realität. Die Konzepte zeigen, dass virtuelle Erlebnisse in Fahrzeugen nicht von der Realität isoliert werden können. Diese Arbeit beschäftigt sich damit, ob Einflüsse aus der Realität wie andere Passagiere, der umgebende Straßenverkehr und weitere Faktoren eine Wirkung auf den Nutzer haben und wie Informationen darüber in die Virtualität eingebunden werden können.

### Bestimmung der Position und Rotation in bewegten Umgebungen

Für die Bestimmung von Bewegungen verwenden HMDs eine inertiale Messeinheit (IMU), eine Kombination aus Gyroskop und Accelerometer (McGill et al., 2019), die Rotationen und Beschleunigungen im Raum erfassen. Allerdings ist die Verwendung von HMDs in sich bewegenden Umgebungen problematisch, da Sensoren nicht zwischen Bewegung des Nutzers und der Bewegungsänderung der Umgebung unterscheiden können. Im Fahrzeug würde es zu ständig ungewollten Verschiebungen in der virtuellen Umgebung kommen, da die Summe aus Kopf- und Fahrzeugbewegungen verarbeitet werden. Deshalb können heutige HMDs ohne zusätzliche Anpassungen aufgrund häufiger Orientierungs- und Geschwindigkeitsänderungen nicht im Straßenverkehr eingesetzt werden (Hock et al., 2017). Allerdings wird bereits an Lösungen für das Problem gearbeitet. Hock et al. ist es beispielsweise in ihren Prototypen CarVR gelungen, die Fahrzeugbewegungen von der Summe aus Kopf- und Fahrzeugbewegungen abzuziehen (2017). Dazu wurde im Fahrzeug eine weitere IMU platziert, die die Rotationen des Fahrzeugs erfasst. Ein On-Board-Diagnose 2 (OBD-2) Lesegerät wird ergänzend am OBD-2 Port angeschlossen, damit die Geschwindigkeit gemessen werden kann. Durch die separate Erfassung entsteht das Potenzial VR korrekt in Fahrzeugen einzusetzen. Außerdem können die Fahrzeugbewegungen in das VR-Erlebnis eingebunden werden, um *Motion Sickness* entgegenzuwirken.

### Von Motion Sickness zum immersiven Erlebnis

*Motion Sickness* tritt auf, wenn es zu einem Konflikt zwischen visueller und physischer Wahrnehmung von Bewegung kommt (McGill et al., 2017). Typische Symptome sind Schwindel, Übelkeit und körperliches Unwohlsein (Hock et al., 2017). Im Auto ist der Zustand auch als Reisekrankheit bekannt und wird durch den Blick auf statischen Inhalt wie beispielsweise auf ein Smartphone oder ein Buch hervorgerufen. Dabei entsteht ein Konflikt zwischen der

statischen visuellen Sicht und den Rotationen und Beschleunigungen des Fahrzeugs, die vom Gleichgewichtssystem des Menschen wahrgenommen werden. Viele Personen, die unter der Reisekrankheit leiden, schauen bewusst aus dem Fenster, um Schwindelgefühle zu minimieren (McGill et al., 2019). Auch in VR kann es zu *Motion Sickness* kommen, da Bewegungen in der Virtualität nicht an die reale Welt gebunden sind. Sich bewegende virtuelle Erlebnisse, wie zum Beispiel die Fahrt auf einer Achterbahn, können in der Realität aus einer statischen Sitzposition auf einem Stuhl erlebt werden. Würde man ein VR-Erlebnis im Auto bereitstellen, in dem der Nutzer die virtuelle Umgebung unabhängig von den Bewegungen in der Realität steuert, ist davon auszugehen, dass bei einigen Passagieren *Motion Sickness* auftreten wird (McGill et al., 2019). Um *Motion Sickness* zu minimieren und eine Integration der VR-Technologie im Fahrzeug zu ermöglichen, müssen visuell vermittelte Informationen mit der physischen Wahrnehmung übereinstimmen (McGill et al., 2017). Hock et. al konnten in ihrer Studie feststellen, dass durch die Darstellung der Fahrzeugbewegungen in der Virtualität nicht nur *Motion Sickness* reduziert werden kann, sondern auch die Immersion und die Freude am Spiel gesteigert werden konnte (Hock et al., 2017). Im Kapitel 2.2.3 beschriebenen Patent von Apple erfassen verschiedene Sensoren Bewegungen, Bremsungen und Beschleunigungen, die passend in die Virtualität gerendert werden. Zusätzlich werden weitere Fahrzeugkomponenten, wie das Audiosystem und die Klimaanlage, an das VR-Erlebnis angepasst, um das Gefühl in der virtuellen Welt zu sein, zu verstärken. Für Personen, die besonders robust gegen *Motion Sickness* sind, kann das Verhältnis zwischen Realität und Virtualität verändert werden, für eine spannendere virtuelle Umgebung. Beispielsweise könnte ein virtuelles Auto doppelt so schnell wie das reale Fahrzeug fahren. Anhand verschiedener Parameter, unter anderem Puls, Augenbewegungen und Schwitzen, soll ein System dann erkennen, ob beim Nutzer *Motion Sickness* auftritt und das Verhältnis dementsprechend regulieren (Rober et al., 2018). Die Arbeiten zeigen, dass an *Motion Sickness* bereits geforscht wird und verschiedene Lösungen dafür entwickelt werden. Darüber hinaus entsteht durch die Synchronisierung von Virtualität und Realität das Potenzial neuartige und immersive Erlebnisse im Fahrzeug zu gestalten.

### Bewusstsein in eingeschränkten Umgebungen

Bisher werden HMDs von der Mehrheit der Nutzern vorzugsweise alleine und in privaten Räumen verwendet (McGill et al., 2015). Dort kann meistens uneingeschränkt und mit ausreichend Platz mit virtuellen Objekten im Stehen oder im Sitzen interagiert werden. Hingegen ist in Fahrzeugen der Bewegungsradius durch das Interieur und durch die Nähe zu anderen Passagieren beschränkt. Aufgrund der Isolation des Sichtfelds durch das HMD können Grenzen und Hindernisse in der physischen Realität visuell nicht mehr wahrgenommen werden. So entstehen bei einigen Personen Unsicherheiten bezüglich der körperlichen Unversehrtheit (Li et al., 2020). Bei einer Befragung über die Verwendung von VR auf der Rückbank von Autos für Anwendungen zur Produktivität gab die Mehrheit der Befragten an, sich dessen bewusst sein zu wollen, wenn sie etwas im Auto zu nahe kommen. Außerdem war es für sie wichtig zu wissen, ob man selbst in den Raum anderer Passagiere eindringt (Li et al., 2020). Da in dieser Arbeit die VR-Technologie aus der Sicht des Beifahrers untersucht werden soll, ist das

Bewusstsein für Grenzen aus der Realität zur Fahrerseite entscheidend. Dieser darf in der Ausführung der Fahraufgabe nicht behindert oder abgelenkt werden. Hersteller wie Oculus bieten bereits das Guardian System an, mit dem die Grenzen der Realität angezeigt werden können. Kommt der Nutzer einer vordefinierten Grenze des Spielraums zu nahe, überlagert ein transparentes Gitter die VR-Welt (Oculus, 2021a). Li et al. konnten in einer Studie feststellen, dass auch im Auto die Visualisierung von Grenzen in VR zu weniger Berührungen des Interieurs führen. Allerdings müssen Grenzen nicht immer angezeigt werden und sollten nur eingebunden werden, wenn größere Interaktionsräume erforderlich sind. Probanden der Studie schlugen vor, anstatt einer gitterartigen Visualisierung physische Grenzen als Objekte darzustellen, die zum Kontext beziehungsweise zur Umgebung der virtuellen Szene passen (2021). Wichtige Grenzen in der Realität sollen dadurch unbewusst wahrgenommen werden, ohne das Gefühl der Präsenz negativ zu beeinflussen.

### Ausschluss der Realität

Die in Kapitel 2.2.1 beschriebene Immersion in virtuelle Welten ist eines der wichtigsten Merkmale von VR-Erlebnissen (Ghosh et al., 2018). Das Eintauchen erfordert allerdings das Ausblenden der Realität, damit ausschließlich visuelle Eindrücke der Virtualität vermittelt werden. Dadurch entsteht das Gefühl der Präsenz, das das Potenzial hat positive Nutzungserlebnisse hervorzurufen (Schubert et al., 2001). Die Isolation von der Realität ist in vielen verschiedenen Situationen gewünscht, wie zum Beispiel zum Arbeiten, zur Entspannung oder um Ablenkung zu vermeiden (Auda et al., 2020). Gleichzeitig ist die visuelle Abtrennung zur Realität auch eine signifikante Schwäche, da einfache Interaktionen mit Objekten aus der Außenwelt problematisch werden (McGill et al., 2015). Zudem ist das Bewusstsein für eigene Bewegungen und die Umgebung eingeschränkt, wodurch Konflikte zwischen der Realität und Virtualität entstehen. Auda et al. sprechen von einer Kausalität, wobei eine Ursache aus der realen Umgebung eine Wirkung auf die Erfahrung des Nutzers in VR hat (2020). Unabhängig von der Qualität der Immersion hört die Realität nie auf den Nutzer zu umgeben, wodurch dieser von physikalischen Strukturen und außenstehenden Personen beeinflusst werden kann. Die entstehende Wirkung bleibt in VR-Erlebnissen bisher unbeachtet und führt zu neuen Herausforderungen. Diese müssen gelöst werden, um das Absetzen des HMD und eine negative UX in VR zu vermeiden (Auda et al., 2020). Führt der Konflikt zwischen Virtualität und Realität dazu, dass der Nutzer das HMD ständig absetzen muss, um zwischen den Umgebungen zu wechseln, führt dies langfristig zu Frustration (McGill et al., 2015) und zur kompletten Auflösung der Immersion (Auda et al., 2020; Rzayev et al., 2019). Für eine gute UX muss nicht nur der Benutzer, sondern auch dessen Umgebung beachtet werden (Auda et al., 2020).

### 2.2.5 Bedürfnisse

Die Bedürfnisse der Benutzer in virtuellen Umgebungen sind von der Länge des VR-Erlebnis abhängig (Guo et al., 2019). Wenn die Länge von VR-Sitzungen zunimmt, ist davon auszugehen, dass der Bedarf an Informationen über externe Ereignisse steigt (Hsieh et al., 2020).

#### Bedürfnisse in Virtual Reality

Guo et al. vergleichen in einer Studie einen Aufenthalt unter einer Stunde mit einem über mehrere Stunden in einer virtuellen Büroumgebung. Dabei evaluierten sie psychologische und physiologische Effekte, um verschiedene Bedürfnisse nach der Maslowschen Bedürfnishierarchie (Maslow, 1943) zu identifizieren (2019). Obwohl die Maslowsche Bedürfnispyramide aufgrund ihres hierarchischen Aufbaus in weiteren Arbeiten kritisiert wird (Rutledge, 2011), untersuchen Guo et al. nur die Relevanz einzelner Bedürfnisse für VR ohne Einbezug der Hierarchie (2019).

Körperliche Bedürfnisse wie Essen und Trinken müssen erst bei längeren Sitzungen berücksichtigt werden. Sicherheitsbedürfnisse spielen unabhängig von der Länge des Erlebnisses eine wichtige Rolle (Guo et al., 2019). Dazu gehört unter anderem das Bewusstsein für Grenzen in der Realität, um die körperliche Integrität sicherzustellen. Auch für VR in Fahrzeugen sollte ein Bewusstsein für einen sicheren Bewegungsradius geschaffen werden, damit andere Passagiere nicht gestört und Kollisionen mit dem Interieur vermieden werden (Li et al., 2020). Zugehörig zu den Sicherheitsbedürfnissen ist auch die Kontrolle über die reale Welt, die der Benutzer behalten möchte, obwohl er in die Virtualität eintaucht. Die Kontrolle reduziert das Unbehagen der Benutzer und die kognitive Belastung beim Wechsel in die Realität (Guo et al., 2019). Die gewünschte Kontrolle bezieht sich auf sehr unterschiedliche Bereiche, wenn VR im Fahrzeug eingesetzt wird. Für Nutzer sind beispielsweise eingehende Anrufe, Erinnerungen an Termine und Informationen über potenziell gefährliche Situationen im Straßenverkehr wichtig (Li et al., 2020). Der Wunsch nach einer angenehmen und entspannten virtuellen Umgebung unterliegt den emotionalen Bedürfnissen und ist für kurze und lange Aufenthalte in VR bedeutsam. Besonders in VR-Umgebungen zum Arbeiten und Entspannen trägt das Wohlbefinden zu einer angenehmen Stimmung bei (Guo et al., 2019). Ein weiteres emotionales Bedürfnis ergibt sich durch den Wunsch nach sozialer Verbundenheit, verursacht durch die Isolation von der realen Welt (Guo et al., 2019). Insbesondere das Verpassen digitaler Benachrichtigungen führt zwar zu weniger Ablenkung und mehr Produktivität, ruft aber bei einigen Personen negative Effekte hervor. Es entsteht die Sorge, wichtige Informationen zu verpassen („fear of missing out“), nicht mehr erreichbar zu sein und weniger mit dem eigenen sozialen Netzwerk verbunden zu sein (Pielot und Rello, 2017).

### Bedürfnisse bei Passagieren

Neben den Bedürfnissen in VR sollen auch Bedürfnisse von Passagieren beachtet werden. Lee et al. ermittelten verschiedene Benutzerbedürfnisse und Designanforderungen im vollautomatisierten Fahren (2020). In dieser Automatisierungsstufe wird der Fahrer selbst zum Passagier (SAE, 2014), sodass die Bedürfnisse, die sich nicht auf die Überwachung der Fahraufgabe beziehen, herangezogen werden können. Das erste Bedürfnis der Personalisierung bezieht sich auf den Wunsch von Passagieren nach individueller Unterhaltung (Lee et al., 2020). Im EQS von Mercedes-Benz kann beispielsweise jeder Passagier auf einem eigenen Display auf Infotainment- und Entertainmentangebote zugreifen und diese unabhängig von anderen Mitfahrern steuern. Durch verschiedene Benutzerprofile werden zusätzlich Präferenzen und Einstellungen der Nutzer gespeichert (Mercedes-EQ, 2021a). Konnektivität zwischen Fahrzeug und persönlichen Geräten ist ein weiteres wichtiges Kriterium der Passagiere (Lee et al., 2020), um Funktionen des Smartphones im Auto komfortabel nutzen zu können. Dienste wie Apple CarPlay oder Android Auto spiegeln den Inhalt des Smartphones auf das Infotainmentsystem im Auto und werden immer gefragter (Viita und Schreiner, 2018). Ein weiteres Bedürfnis entsteht während der Fahrt durch den Wunsch nach Informationen über den Fahrzeugzustand und Änderungen in der Navigation (Lee et al., 2020).

### Schlussfolgerungen für Bedürfnisse bei Passagieren in Virtual Reality

Zusammenfassend wurden verschiedene Bedürfnisse und Anforderungen bei Passagieren und VR-Nutzern festgestellt. Wenn VR ins Fahrzeug integriert werden soll, zeigen Li et al., dass das Bewusstsein für einige Informationen aus der Realität unterstützt werden sollte (2020). Die Einbindung realer Informationen ist erforderlich, um Konflikte zwischen der Realität und der Virtualität zu vermeiden (Auda et al., 2020). Die oben beschriebenen Bedürfnisse beschreiben Wünsche und Anforderungen, die mit der Isolation in VR konkurrieren. Da durch die Erfüllung von Bedürfnissen das Potenzial entsteht, positive Erlebnisse hervorzurufen (Hassenzahl et al., 2011), wird gefolgert, dass negative Erlebnisse entstehen, wenn die Bedürfnisse ignoriert werden. Die Aussage von Auda et al., dass für eine gute UX in VR der Benutzer aber auch seine Umgebung beachtet werden sollte (2020), bestätigt diese Folgerung.

Bei den festgestellten Bedürfnissen ist zu beachten, dass diese bei virtuellen Produktivitätsanwendungen gefunden wurden. Für den Use Case *Gaming*, der in der vorliegenden Arbeit untersucht wird, könnten andere Anforderungen entstehen. Allerdings weisen auch die in Kapitel 2.2.3 vorgestellten Konzepte Abhängigkeiten zur Realität auf. Beispielsweise stellen Hock et al. in durch das Spiel in „CarVR“ fest, das vorhersehbare Erlebnisse für die Passagiere angenehmer sind, als wenn keine plausible Erklärung in der Virtualität für einen realen Stopp des Fahrzeugs bereitgestellt wird (2017). Auch holoride passt sich durch ihren virtuellen „Elastic Content“ an die Realität an (holoride, 2021). Es kann gefolgert werden, dass es Abhängigkeiten zur Realität auch für VR-Spiele im Fahrzeug bestehen, die berücksichtigt werden müssen. Es wird angenommen:

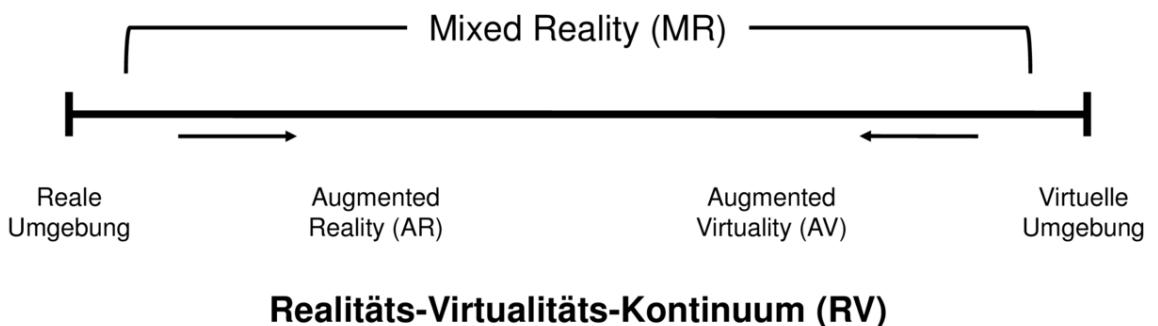
**H1:** Die Einbindung von Informationen aus der Realität in die Virtualität ist von Passagieren erwünscht.

### 2.3 Augmented Virtuality

Augmented Virtuality (AV) ist eine Erweiterung der Virtualität (Milgram und Kishino, 1994). Dabei ergänzen reale Elemente die virtuelle Umgebung. Dadurch werden die Vorteile der virtuellen Welt erhalten und Probleme vermieden, die durch die visuelle Isolation entstehen. Es entsteht die Möglichkeit, mit physikalischen Objekten zu interagieren (McGill et al., 2015), außenstehende Personen in die virtuelle Welt einzubinden (Auda et al., 2020) und Nachrichten über reale Ereignisse anzuzeigen (Ghosh et al., 2018).

#### 2.3.1 Einordnung in das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum

Das in Abbildung 2.5 dargestellte Realitäts-Virtualitäts (RV)-Kontinuum umfasst das gesamte Spektrum von der Realität bis zur Virtualität. In diesem besteht eine reale Umgebung ausschließlich aus realen Objekten, während eine virtuelle Umgebungen komplett durch Computersimulationen künstlich erzeugt wird und reale Umgebungen nachahmt (Milgram et al., 1994). Beide Umgebungen sind keine abgeschlossenen Zustände, sondern bilden die Endpunkte eines zusammenhängenden Kontinuums. Der Bereich zwischen diesen Extremen wird als Mixed Reality (MR) bezeichnet und beinhaltet alle Umgebungen, in denen reale und virtuelle Objekte in einer Darstellung verwendet werden (Milgram et al., 1994). In MR ist die primäre Umgebung entweder real oder virtuell und wird um das jeweilige Gegenstück erweitert. Geht man von der Realität als primären Umgebung aus und überlagert diese mit virtuellen Inhalten,



**Abbildung 2.5:** Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram (In Anlehnung an Milgram et al., 1994).

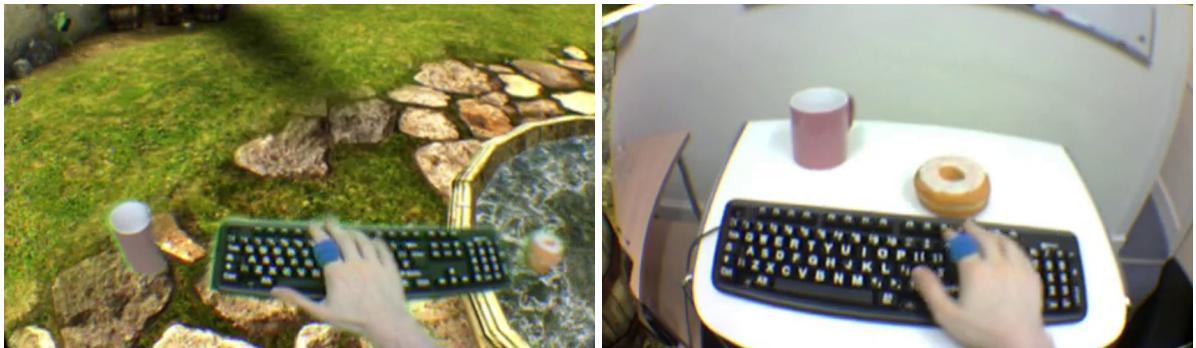
entsteht eine erweiterte Realität (Augmented Reality (AR)). Umgekehrt entsteht in einer primär virtuellen Umgebung eine erweiterte Virtualität (AV), wenn diese um reale Inhalte oder Informationen erweitert wird (Milgram und Kishino, 1994). So entsteht das Potenzial trotz visueller Isolation mit der Realität interagieren zu können, ohne das HMD abzusetzen und die virtuelle Umgebung zu verlassen. Trotzdem bewegt sich der Nutzer auf dem RV-Kontinuum in Richtung Realität.

### 2.3.2 Aktuelle Entwicklungen

Die folgenden Entwicklungen und Möglichkeiten zeigen, wie in VR ein Bewusstsein für Realität trotz der visuellen Isolation geschaffen wird. Obwohl viele Konzepte noch keine existierenden Produkte sind, werden in Zukunft HMDs entwickelt, die sich zwischen mehreren Punkten auf dem RV-Kontinuum bewegen können (McGill et al., 2015).

#### Video See Through

Durch neue Technologien wie HMDs mit integrierten Kameras werden Übergänge entlang des RV-Kontinuum möglich (Auda et al., 2020). Mithilfe der Kamera kann der Nutzer die reale Umgebung in Echtzeit betrachten, ohne das HMD abzuziehen oder das virtuelle Erlebnis unterbrechen zu müssen. Es verfügen bereits mehrere VR-Brillen des Hersteller Oculus und HTC über Features, mit denen der Nutzer durch das Headset blicken kann (Oculus, 2021b; Support, 2021). Allerdings sind die Features nicht direkt in das VR-Erlebnis eingebunden, sondern können nur über Menüs der Brille erreicht werden. Williamson et al. integrieren in ihrem Prototypen beispielsweise zwei Spiegel neben einer virtuellen Leinwand in einem VR-Heimkino, über die der Nutzer einen Blick in die Realität werfen kann, ohne das Erlebnis zu unterbrechen (2019). Durch die metaphorische Nutzung des Spiegels kann schnell und nahtlos ein Bewusstsein für die reale Umgebung geschaffen werden, wenn der Nutzer das Bedürfnis danach hat. Im Vergleich zu der schlichten Videodurchsicht in VR sind metaphorische Darstellungen bei den Nutzern oftmals beliebter (George et al., 2020). George et al. haben in einer Studie die Sicht in die Realität auf ein virtuelles Smartphone und in einen Spiegel an der Decke des virtuellen Raumes integriert. Die Metapher des virtuellen Smartphones wurde im Vergleich zur reinen Videodurchsicht als Upgrade empfunden und besser bewertet, obwohl es keine Unterschiede hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit gab. Durch den Spiegel an der Decke entstanden Probleme mit der Orientierung in der VR-Umgebung. Durch die Studie wurde angenommen, dass bei impliziten AV-Lösungen, die einen metaphorischen Übergang in die Realität erzeugen, das Gefühl der Präsenz stärker ist (2020).



**Abbildung 2.6:** Der Prototyp von McGill et al. zeigt partielle Überlagerungen (links) und eine Videodurchsicht (rechts) (2015).

### Einbindung selektiver Elemente

Statt der Videodurchsicht gibt es auch die Möglichkeit, selektive Elemente aus der Realität einzubinden, wenn diese benötigt werden. McGill et al. führen den Begriff „Engagement-Dependent“ ein, der eine intelligente Erkennung der Bedürfnisse des Nutzers beschreibt, um eine Balance zwischen Realität und Virtualität zu finden (2015). Durch die Erkennung, gesteuert durch die Aufmerksamkeit des Nutzers und typischen Verhaltensmustern, entstehen nahtlose Überblendungen der Virtualität mit realen Objekten, die zu den gewünschten Interaktionen des Nutzers passen. Der Vorteil ist, dass sich das Erlebnis auf dem RV-Kontinuum nur in Richtung Realität bewegt, wenn der Nutzer mit realen Objekten interagieren möchte. In einer Studie in VR wurden kleine Überlagerungen, die nur das Objekt für die Interaktion zeigen, mit großzügigeren Überlagerungen verglichen, die mehr als das Objekt zeigen (siehe Abbildung 2.6). Die Überlagerungen, die nur das Objekt in VR einschließen, wurden von den Probanden bevorzugt und führten zu einem ausgeprägteren Gefühl der Präsenz. Demnach sollte sich das reale Ausmaß auf die relevanten Aspekte beschränken, um gleichzeitig eine effektive Interaktion zu ermöglichen und das Gefühl der Präsenz zu wahren (McGill et al., 2015). Alaee et al. haben bei der selektiven Einbindung des Smartphones festgestellt, dass viele Interaktionen aus VR heraus möglich werden, aber noch Einschränkungen bestehen (2018). Beispielsweise sind Texte durch das Kamerabild schlecht lesbar und in manchen Situationen ist es für den Nutzer angenehmer und zeitsparender das HMD abzusetzen. Aus den Beispielen kann gefolgert werden, dass die selektive Einbindung der kompletten Kameradurchsicht gegenüber einen positiven Einfluss auf die Präsenz hat, aber nicht in allen Situationen eingesetzt werden kann.

### Virtuelle Repräsentation

Im Kapitel 2.2.3 vorgestellten Konzept von holoride wurde gezeigt, dass Objekte durch virtuelle Repräsentationen oder metaphorische Darstellungen in VR integriert werden können (holoride,



**Abbildung 2.7:** Das Handtracking von Oculus erkennt die Hände des Nutzers (links) und rendert eine virtuelle Repräsentation in das virtuelle Erlebnis (rechts) (Oculus, 2020).

2021). Auftretende Ereignisse wie Stoppschilder, Ampeln oder Zebrastreifen werden metaphorisch in VR dargestellt, damit das Erlebnis nachvollziehbar wird. Unerwartete Aktionen führen bei Passagieren zu einem unangenehmen Gefühl (Hock et al., 2017). Auch Oculus nutzt virtuelle Repräsentationen in VR, um virtuelle Hände darzustellen. Das hat den Vorteil die Controller zu finden, wenn der Nutzer ein HMD trägt und die Realität nicht sehen kann. Abbildung 2.7 zeigt wie die Repräsentation für das Handtracking der Oculus Quest 2 eingesetzt wird, durch das virtuelle Inhalte mit den Händen des Nutzers manipuliert werden können (Oculus, 2020). Die Nachbildung von Körperteilen in VR, wie Händen, hat positive Auswirkungen auf das subjektive Gefühl der Präsenz (Steinicke et al., 2009). Simeone et al. untersuchten in zwei Studien die Benutzerfreundlichkeit und Glaubwürdigkeit virtueller Substitute, die einen Ersatz in der Virtualität für physische Objekte aus der Umgebung repräsentieren (2015). Es wurde festgestellt, dass bei der Interaktion mit virtuellen Ersatzobjekten die Darstellung möglichst ähnlich sein sollte. Weicht die virtuelle Darstellung vom realen Gegenstand ab, sollten sich beide trotzdem ähnlich verhalten. Beispielsweise könnte für die virtuelle Darstellung eines Zauberstabs in Realität ein Stift verwendet werden, da Gewicht, Form und Handhabung ungefähr übereinstimmen. Darüber hinaus kann die stellvertretende Realität besonders gut für dekorative Elemente verwendet werden, mit denen nicht interagiert werden kann und die in einigen Abstand zum Nutzer platziert sind. Zudem konnte beobachtet werden, dass das äußere Erscheinungsbild virtueller Objekte einen Einfluss auf die Erwartungen der Nutzer hat. Vor der Interaktion geht der Nutzer davon aus, dass eine Kiste aus Eisen schwer und eine dampfende Kaffeetasse warm ist (Simeone et al., 2015). Es kann zusammengefasst werden, dass virtuelle Repräsentationen das Erlebnis vorhersagbar machen, Interaktionen realistischer gestalten und Erwartungen der Nutzer beeinflussen. Passt zudem die Einbindung der Realität in den Kontext der virtuellen Umgebung, bleibt die Präsenz erhalten oder wird sogar verstärkt (McGill et al., 2015).

### Nachrichten in Virtual Reality

Eine weitere Möglichkeit für die Integration externer Informationen ist die Anzeige von Benachrichtigungen in VR (Rzayev et al., 2019; Ghosh et al., 2018). Der Vorteil besteht darin, dass Informationen über reale Events klar von der immersiven virtuellen Umgebung getrennt werden können (Hsieh et al., 2020). Allerdings können Nachrichten auch als störend empfunden werden, abhängig von der zeitlichen Koordinierung, der Motivation, den Nachrichteninhalt zu lesen und von der Intensität des VR-Erlebnisses. In zeitkritischen virtuellen Spielen werden Nachrichten als störender empfunden und häufiger übersehen als bei zeitunabhängigen Spielen oder Ladezeiten zwischen verschiedenen Inhalten (Hsieh et al., 2020). VR-Brillen wie die HTC Vive oder die Google Daydream verfügen bereits über Benachrichtigungen, die den virtuellen Inhalten mit Pop-Ups überlagern. Die Nachrichten werden durch eine Android bzw. iOS App vom Smartphone übertragen, sodass Anrufe, Textnachrichten und Kalenderevents in VR erschienen (Rzayev et al., 2019). Auch die Platzierung der Nachrichten hat einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Informationen. Rzayev et al. verglichen die Platzierung von Benachrichtigungen am Controller, an einem Punkt in der virtuellen Umgebung und an einer fixierten Stelle, die sich mit dem Headset mitbewegt. Die fixierte Ansicht wurde zwar zuverlässig und schnell wahrgenommen, störte die Nutzer aber in der virtuellen Umgebung und führte zu einem niedrigeren Gefühl der Präsenz. Die Anzeige der Nachrichten am Controller und in der Umgebung wurde von den Nutzern bevorzugt, da diese besser in das VR-Erlebnis eingebunden wurden. Allerdings verpassten manche Nutzer die Benachrichtigungen (2019). Nachrichten in VR sind eine andere Möglichkeit, einen Teil der Realität klar und eindeutig in die Virtualität zu integrieren. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass Nachrichten nur in zeitkritischen Situationen unerwünscht sein und übersehen werden können (Rzayev et al., 2019). Die entstehenden Unterbrechungen, die durch Benachrichtigungen entstehen, können zudem einen negativen Einfluss auf das Gefühl der Präsenz haben (George et al., 2018).

### 2.3.3 Auswirkungen auf die User Experience

Die Immersion und das Gefühl der Präsenz sind grundlegend für jedes VR-Erlebnis (George et al., 2018). Für virtuelle Erlebnisse ist jedoch nicht nur das Präsenzgefühl entscheidend. Eine zufriedenstellende UX wird in VR durch ein verbessertes Gefühl der Präsenz und durch intuitive Interaktionen erreicht (Ghosh et al., 2018). Für das Gefühl der Präsenz ist es positiv, wenn der Nutzer sich in der virtuellen Welt anwesend fühlt und das Bewusstsein für die Realität verliert (igroup, 2021). Problematisch wird die entstehende Isolation von der Realität, wenn das Bedürfnis entsteht, mit außenstehenden Objekten zu interagieren (McGill et al., 2015). Folglich entsteht ein Konflikt, da der Nutzer zwischen der Realität und der Virtualität hin- und hergerissen ist (Auda et al., 2020). Einerseits sollten die Bedürfnisse der Nutzer erfüllt werden, um positive Erlebnisse zu schaffen (Hassenzahl et al., 2011), andererseits ist Präsenz ebenfalls eine wichtige Variable für die UX in VR (Schubert et al., 2001). Es muss untersucht werden, ob der Nutzer die Einbindung realer Informationen oder das höhere Gefühl der Präsenz bevorzugt. Eine mögliche Erklärung dafür, dass Informationen in VR gefordert werden könnten,

geben Guo et al., die das Gefühl der Kontrolle, dass der Nutzer auch in VR behalten möchte, dem Bedürfnis nach Sicherheit zuordnen (2019). Das in Kapitel 2.1.3 beschriebene subjektive Kontrollgefühl wird hervorgerufen, wenn der Nutzer seine persönliche Bestimmung über ein Ereignis wahrnimmt (Jokinen, 2015). Ziel ist es, dass der Nutzer ein Gefühl der Kontrolle hat, wenn Einflüsse aus der Realität in das virtuelle Erlebnis einwirken. Es wird erwartet:

**H2:** Die Einbindung von Informationen aus der Realität in das VR-Erlebnis verstärkt das subjektive Kontrollgefühl.

Im Kontext des autonomen Fahrens konnte gezeigt werden, dass Informationen und Erklärungen das wahrgenommene Gefühl der Kontrolle verstärken, wodurch ein positiver Effekt auf die hedonische und pragmatische Qualität der UX entsteht (Schneider et al., 2021). Daraus wird für VR-Erlebnisse in Fahrzeugen abgeleitet:

**H3:** Mehr Kontrolle in VR-Erlebnissen führt zu einer besseren User Experience bei Passagieren.



# **3 Konzeptentwicklung**

Ziel der Forschung ist die Frage, wie immersive Erlebnisse in Fahrzeugen gestaltet werden können. Es wird vermutet, dass äußere Einflüsse während der Fahrt eine Auswirkung auf den Nutzer und das Erleben haben könnten. Deshalb soll zunächst für den Beifahrer untersucht werden, welche potenziellen Einflüsse aus der Realität bestehen, die in einem immersiven und zeitkritischen VR-Spiel relevant sind. Darüber hinaus soll das Erlebnis trotz der Abhängigkeit zur Realität so gestaltet werden, dass der Beifahrer in VR das Gefühl der Kontrolle behält und ein positives Nutzungserlebnis hervorgerufen wird.

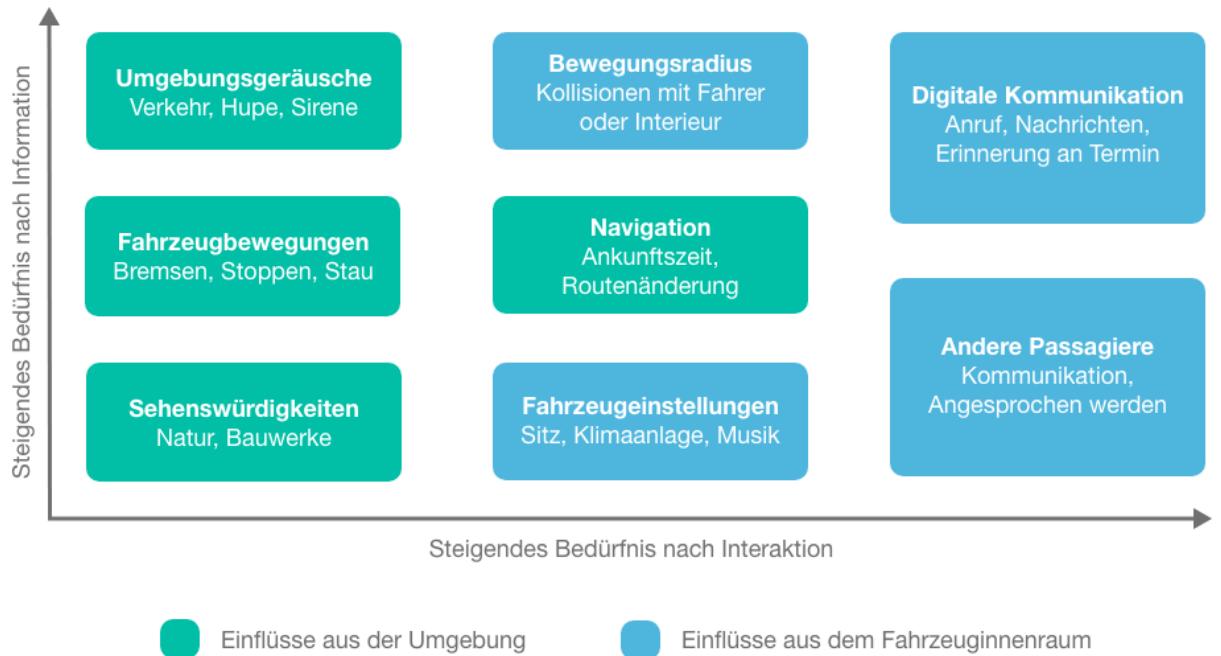
Die vorliegende Arbeit umfasst die ersten beiden Iterationen eines Forschungsprojekts, das den Entwicklungsansatz des User-Centered Designs (ISO-9241-210, 2010) befolgt. In der ersten Iteration werden potenzielle Einflüsse aus der Realität und daraus entstehende Anforderungen der Nutzer analysiert und dafür passende Designlösungen durch AV skizziert. Zur Überprüfung bewerteten verschiedene Experten die Einflüsse nach ihrer Relevanz und geben Rückmeldung zu den Ideen für die AV-Designs. Die Ergebnisse der ersten Iteration dienen als Grundlage für den Prototypen, in dem die Designs in VR umgesetzt werden. Die Entwicklung des Prototypen ist Teil der zweiten Iteration. Der Prototyp beinhaltet zwei AV-Designs, die in einer qualitativen Probandenstudie getestet werden. Die Untersuchung soll erste Implikationen für die Gestaltung von VR-Erlebnissen in Fahrzeugen liefern.

## **3.1 Identifikation und Klassifikation äußerer Einflüsse**

Wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben, werden Wirkungen auf das VR-Erlebnis durch Ursachen aus der Realität nicht systematisch untersucht (Auda et al., 2020). Deshalb wurden zunächst mögliche Einflüsse gesammelt, die entweder aus dem Innenraum des Fahrzeugs oder aus der Umgebung stammen. Die Sammlung orientiert sich an den Bedürfnissen, die in VR und bei Passagieren entstehen (siehe Kapitel 2.2.5).

Da das subjektive Kontrollgefühl von der Bestimmung über Interaktionen (Jokinen, 2015) und durch die Darstellung von Informationen (Schneider et al., 2021) abhängig ist, wurden die Einflüsse nach Informations- und Interaktionsbedürfnissen klassifiziert (siehe Abbildung 3.1). Die Klassifizierung beschreibt in welcher Weise die Einflüsse in VR integriert werden sollen. Während für unerwartete Fahrzeugbewegungen erklärende Informationen oder Darstellungen erforderlich sind, da sonst unangenehme Situationen entstehen (Hock et al., 2017), benötigen andere Einflüsse die Möglichkeit zur Interaktion. Beispielsweise wäre es für einen Anruf

### 3 Konzeptentwicklung



**Abbildung 3.1:** Sammlung möglicher Einflüsse aus der Realität auf das VR-Erlebnis in Fahrzeugen (eigene Darstellung).

sinnvoll, nicht nur Informationen über den Anrufer in VR bereitzustellen, sondern auch die Möglichkeit diesen anzunehmen oder abzulehnen.

## 3.2 User Journey

Ein Hindernis im nutzerzentrierten Design ist das fehlende Wissen der Designer darüber, wie die tatsächlichen Nutzer ein Produkt verwenden (Zimmermann und Vanderheiden, 2008). Deshalb wird eine Persona herangezogen, die im Rahmen der Zielgruppenforschung des Projekts bereits definiert wurde. Ein beispielhaftes Szenario beleuchtet die Anforderungen, die speziell im Use Case *Gaming* durch die Einflüsse aus der Realität entstehen.

### 3.2.1 Persona

Chris ist eine Persona im Projekt für den Use Case *Gaming*, der als Vorlage für die Probandenstudie dient. Er ist männlich, 27 Jahre alt und arbeitet in der Region Stuttgart im informatstechnischen Bereich. Sein Alltag ist durch stressige Arbeitstage mit vielen Terminen, aber auch durch freizeitliche Aktivitäten mit Freunden geprägt. Seine größte Herausforderung ist es, eine ausgewogene Balance zwischen Arbeit und Freizeit zu finden. An Wochenenden und nach der Arbeit trifft er sich gerne mit seinen Freunden oder spielt Videospiele.

#### 3.2.2 Szenario

Im entwickelten Szenario wird Chris nach einem langen Arbeitstag von seinen Freunden direkt vom Büro abgeholt. Er steigt auf dem Beifahrersitz ein und begrüßt die zwei Freunde, die ihn abholen. Gemeinsam fahren sie ins Stadtzentrum Stuttgart zum Burger House, wo sie um 19 Uhr eine Reservierung haben. Max, ein weiterer Freund, ist bereits in Stuttgart und wird sie direkt am Restaurant treffen. Chris sieht auf dem Infotainmentsystem des Fahrzeugs, dass sie pünktlich zum Burger House ankommen werden. Allerdings kommt das Fahrzeug schnell in einen unerwarteten Stau, worauf die Freunde etwas frustriert sind. Der Fahrer zeigt Chris im Handschuhfach eine VR-Brille, ein neues Feature seines neuen Autos. Voller Neugier setzt Chris das HMD auf und startet das Spiel „VR Space Invaders 3D“. In der virtuellen Welt findet er sich in einem Raumschiff wieder, aus dem er Aliens eliminieren muss. Das Erlebnis ist überwältigend und der Ärger über den unerwarteten Stau ist verflogen. Ein eingehender Anruf unterbricht den Höhepunkt einer Abschussserie im Spiel. Chris lässt das Smartphone klingeln, da er das Spiel nicht unterbrechen möchte, entscheidet sich dann trotzdem das Headset abzulegen und den Anruf entgegenzunehmen. Max ist am Telefon, der bereits etwas ungeduldig wartet. Für Chris ist es etwas unangenehm, dass er seinen Kumpel hat warten lassen. Weiter im Spiel hört Chris nach einiger Zeit, wie sich seine Freunde im Auto darüber unterhalten, wie lange der Stau wohl noch anhält. Jetzt fragt Chris sich auch, wie lange es wohl noch dauert, allerdings ist das Spiel gerade spannend und er möchte es nicht unterbrechen. Langsam fängt das Raumschiff an, sich vorwärts zu bewegen. Chris bemerkt, dass der Verkehr sich langsam auflöst und die Fahrt weitergeht. Kurze Zeit später bremst das Fahrzeug unerwartet stark ab und ein lautes Bremsgeräusch ist zu hören. Er ist verwundert über die Bremsung und zieht das Headset erneut ab, um zu prüfen, was gerade in der Realität geschehen ist.

Aus dem Szenario soll ersichtlich werden, dass im Fahrzeug Konflikte durch die Isolation in VR entstehen. Die AV-Designs, die im Folgenden beschrieben werden, verfolgen verschiedene Ansätze, um Informationen aus der Realität in das Spiel einzubeziehen.

### 3.3 Augmented Virtuality Designs

Für die Integration von Einflüssen aus der Realität in VR werden verschiedene Entwicklungen aus dem Bereich AV herangezogen. Das Design soll das Gefühl der Präsenz unterstützen und entstehende Bedürfnisse erfüllen, sodass ein angenehmes und immersives Erlebnis für den Nutzer geschaffen wird.

#### 3.3.1 Implizites Design

Das implizite Design baut auf der Grundlage der in Kapitel 2.3.2 beschriebenen virtuellen Repräsentationen auf. Informationen aus der Außenwelt werden metaphorisch dargestellt.

### **3 Konzeptentwicklung**

---

Dabei sind Teile der Realität möglichst nicht mehr vom virtuellen Erlebnis differenzierbar und passen zum Kontext des VR-Spiels. Passt die Repräsentation zum virtuellen Kontext, kann das Gefühl der Präsenz erhalten oder verstärkt werden (McGill et al., 2015). Dafür werden im Design Informationen als dreidimensionale Objekte oder Effekte dargestellt. Unterbrechungen, die durch die Realität entstehen, sollen keine negativen Auswirkungen in VR haben. Passende Inhalte erklären stellvertretend in der Virtualität die Unterbrechung. Nach diesem Ansatz zeigt die holoride GmbH in ihrem Demovideo virtuelle Vögel in VR, die die Straße überqueren, als Erklärung für den Stopp des Fahrzeugs vor einem Zebrastreifen (siehe Abbildung 2.3), damit es zu keinem unerwarteten Stopp in VR kommt. Das implizite Design bietet den Vorteil reale Informationen möglichst subtil und passend zum VR-Erlebnis zu integrieren. Gegenüber einem abrupten Übergang in die Realität, wie ein Video See Through, der das Erlebnis komplett unterbricht, sind metaphorische Darstellungen oftmals beliebter bei den Nutzern (George et al., 2020).

#### **3.3.2 Explizites Design**

Das explizite Design orientiert sich an den in Kapitel 2.3.2 beschriebenen virtuellen Nachrichten. Reale Informationen können klar von der Virtualität und Spielinformationen unterschieden werden (Hsieh et al., 2020). Die Anzeige ist anderes als bei impliziten Darstellungen zweidimensional und überlagert das Spielgeschehen statt sich darin einzufügen. Alle Informationen, die zur Erfüllung der Bedürfnisse beitragen, werden durch Pop-Ups und Interfaces eingebunden. Interaktionen sind ebenfalls klar vom Spiel getrennt, sodass das Spiel unterbrochen wird, wenn die komplette Aufmerksamkeit des Nutzers erforderlich ist. Das explizite Design bindet Informationen klar in VR ein, wodurch aber auch das Gefühl der Präsenz durch entstehende Unterbrechungen und störende Nachrichten negativ beeinflusst werden kann (George et al., 2018). Es bewegt sich deshalb auf dem RV-Kontinuum mehr in Richtung Realität, als das implizite Design. Es muss untersucht werden, welches der beiden AV-Designs das für den Nutzer optimale Gleichgewicht zwischen Präsenz und verständlichen Informationen unterstützt.

### **3.4 Experteninterview**

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Experteninterviews durchgeführt, um die identifizierten Einflüsse nach ihrer Relevanz für VR in Fahrzeugen zu bewerten und um Rückmeldung zu den AV-Designs zu erhalten.

#### **3.4.1 Methodik**

Für die Experteninterviews wurden insgesamt vier Experten befragt, die sich beruflich mit Forschungsthemen aus den Bereichen UX oder User-Centered-Design auseinandersetzen. Drei

der Experten beschäftigen sich darüber hinaus mit VR und virtuellen Spielen. Zwei der Experten sind zusätzlich auf Kundenbedürfnisse spezialisiert. Das Alter der Experten lag zwischen 26 und 41 Jahren ( $M=31,5$ ,  $SD=6,7$ ), drei von ihnen waren weiblich und einer männlich.

Zu Beginn des Interviews wurde den Experten eine kurze Einführung in das Thema gegeben. Dabei wurde erläutert, dass das Spiel „VR Space Invaders 3D“ im Fahrzeug integriert werden soll. Zudem wurde die Vermutung geteilt, dass dort Konflikte zwischen der Realität und der Virtualität entstehen könnten und wie AV zur Lösung des Konflikts beitragen könnte. Außerdem wurde die Persona vorgestellt, damit sich die Experten ein Bild von möglichen Nutzern machen konnten. Anschließend erhielten die Experten einen Überblick über die identifizierten Einflüssen und sollten weitere Einflüsse ergänzen. Die Experten bewerteten die Relevanz der einzelnen Einflüsse für Passagiere in VR. Darüber hinaus ordneten sie die Wünsche, die durch externe Einflüsse bei den Passagieren entstehen, zugrunde liegenden psychologischen Bedürfnissen zu. Vor der Präsentation der AV-Designs wurde das in Kapitel 3.2.2 beschriebene Szenario vorgestellt. Die Experten sollten einen unvoreingenommenen Vorschlag machen, wie Informationen aus der Realität in das VR-Spiel integriert werden könnten. Danach wurde den Experten das explizite und implizite Design erklärt und durch Skizzen und Mockups veranschaulicht. Zu beiden Designs sollten Vor- und Nachteile, potenzielle Herausforderungen, sowie Verbesserungsvorschläge gegeben werden.

#### 3.4.2 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus den Experteninterviews wiedergegeben. Die Experten bewerteten die Relevanz der Einflüsse und die entwickelten AV-Designs. Außerdem ordneten sie entstehende Wünsche der Passagiere psychologischen Bedürfnissen zu.

##### Relevanz der Einflüsse

Für den Bereich digitale Kommunikation ist es laut den Experten wichtig, dass Nutzer entschieden können, welche Nachrichten in VR empfangen werden sollen. Außerdem würde ein „Nicht Stören Modus“ dem Empfang von Nachrichten komplett deaktivieren und die Isolation unterstützen, wenn diese erwünscht ist. Die Experten bewerten den Anruf und die Erinnerung an einen Termin mit einer hohen Priorität. Ein Filter könnte festlegen, welcher Anrufer erwünscht oder unerwünscht ist. Auch bei Nachrichten läge die Entscheidung beim Nutzer, welche Nachrichten in VR relevant sind.

Kommunikation mit anderen Passagieren halten die Experten für einen wichtigen Einfluss. Anderen Fahrgästen sei es bewusst, dass der Nutzer im Spiel ist, sodass das Erlebnis nur gestört wird, wenn es wichtig ist.

Für die Relevanz von Fahrzeugbewegungen ist die Intensität entscheidend. Für einfache Stopps vor Ampeln oder Hindernissen wäre eine Einbindung unvorteilhaft und würde zu einer regelrechten Informationsflut führen. Bei starken Bremsungen oder unerwarteten Bewegungen

### 3 Konzeptentwicklung

---

hingegen könnte ein Bedürfnis nach Information entstehen, das durch Hinweise in VR erfüllt wird.

Nach Meinung der Experten haben Außengeräusche eine mittlere Priorität. Einerseits kann bei manchen Geräuschen der unterbewusste Wunsch entstehen, mehr über die Realität erfahren zu wollen. Andererseits haben Beifahrer im Fahrzeug keine aktive Aufgabe und können nichts in ihrer Umgebung beeinflussen. Die Experten weisen daraufhin, dass abhängig von unterschiedlichen Personen andere Präferenzen bestehen.

Auch für den Wunsch nach Navigationsinformationen gibt es individuelle Unterschiede. Während in VR das Gefühl für Zeit schnell verloren geht, könnten für manche Passagiere die Information hilfreich, für andere jedoch störend sein. Hat der Passagier einen Termin oder steht unter Zeitdruck, könnte die Information hilfreich sein.

Die Steuerung von Einstellungen im Fahrzeug sowie die Anzeige von Sehenswürdigkeiten halten die Experten für irrelevant, da sich die Nutzer aktiv dafür entschieden in VR zu sein.

#### **Bedürfnisse**

Die Experten ordnen die Wünsche, die durch die Einflüsse entstehen, zu den Bedürfnissen Sicherheit, Verbundenheit und Kompetenz (Hassenzahl und Diefenbach, 2012) zu. Das Sicherheitbedürfnis entsteht durch den Wunsch, die Kontrolle über die Situation und den Verkehr zu haben und über die Umgebung informiert zu bleiben. Um dieses Bedürfnis zu erfüllen, sollte Orientierung beispielsweise durch Navigationsinformationen und Hinweisen bei störenden Geräuschen und Bewegungen geschaffen werden. Zu dem Bedürfnis nach Kompetenz ist die digitale Kommunikation zuzuordnen. Die Experten beziehen sich dabei auf die Persona, die auch unterwegs, flexibel und zuverlässig erreichbar sein und pünktlich ankommen möchte. Verbundenheit spielt für die digitale Kommunikation, aber auch für die Kommunikation mit anderen Passagieren eine wichtige Rolle. Es liegt im Interesse des Nutzer höflich gegenüber Anderen zu sein. Außerdem besteht eine Abhängigkeit zum Fahrer, der das Fahrzeug steuert und zu den anderen Passagieren, die die Realität wahrnehmen und beeinflussen können.

#### **Bewertung der Augmented Virtuality Designs**

Die Experten gehen davon aus, dass das explizite Design übersichtlicher und besser verständlich für den Nutzer ist. Durch die klare Trennung zwischen der Realität und dem virtuellen Spiel können Informationen schnell aufgefasst werden. Dafür sollte auf eine konsistente Darstellung mit einem einheitlichen Design und einer klaren Symbolik geachtet werden. Allerdings wird durch das klare Design und die Verwendung von Spielpausen auch das Gefühl der Präsenz beeinträchtigt. Die Experten empfehlen nur relevante Informationen durch eine Filterfunktion in VR zu integrieren.

Für das implizite Design wird ein größerer Spaßfaktor prognostiziert, da die Informationen der Umgebung das Spielerlebnis bereichern und somit das Gefühl der Präsenz steigt. Es besteht jedoch die Gefahr, dass Informationen übersehen, falsch interpretiert oder nicht verstanden

werden. Dadurch könnten entstehende Bedürfnisse unerfüllt bleiben. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass keine Abhängigkeiten zum Verkehr entstehen, die Interaktionen, das Spiel oder den Fortschritt beeinflussen. Die Experten merken zum impliziten Design an, dass die Gestaltung und Implementierung deutlich herausfordernder sein wird, da viele Einflüsse eine eigene und dynamische Integration erfordern.

#### 3.4.3 Diskussion

Die Experten machen deutlich, dass nicht alle identifizierten Einflüsse für Passagiere relevant sind und zu viele Informationen das Erlebnis stören. Sie empfehlen einen „Nicht Stören Modus“ oder einen Informationsfilter für das VR-Spiel bereitzustellen. Dadurch soll die Entscheidung beim Nutzer liegen, welche Einflüsse in VR berücksichtigt werden sollen. Auch Apple weißt in ihren Human Developer Guidelines darauf hin, dass wenn die Entscheidungfindung beim Nutzer liegt, ein Gefühl der Kontrolle entsteht (Apple, 2021). Das subjektive Kontrollgefühl steht wiederum im Zusammenhang mit einer positiven UX (Heimonen et al., 2013), die der Passagier während der Fahrt erfahren soll.

In Bezug auf die AV-Designs erkennen die Experten den gleichen Vorteil im expliziten Design, den Hsieh et al. bei Benachrichtigungen in VR sehen. Virtualität und Realität sind klar voneinander getrennt (2020), wodurch die Informationen schneller aufgefasst werden können. Im Gegensatz dazu steht das implizite Design, dass die Informationen gezielt in das Spiel einbindet. Deshalb wird angenommen:

**H4:** Explizite Informationen sind für Passagiere in VR transparenter und verständlicher als implizite Informationen.

Allerdings ist in VR-Erlebnissen auch das Gefühl der Präsenz eine wichtige Variable für eine positive UX (igroup, 2021). Die Annahme, dass implizite AV-Lösungen, die nur einen metaphorischen Übergang in die Realität erzeugen, ein höheres Gefühl der Präsenz hervorrufen, wird von den Experten geteilt. Für das Gefühl der Präsenz wird deshalb vermutet:

**H5:** Implizite Informationen führen bei Passagieren in VR zu einem stärkeren Gefühl der Präsenz als explizite Informationen.

Die Bewertung der Experten liefert Hinweise darauf, dass bei den AV-Designs die Darstellung klarer Informationen zur Erfüllung der Nutzerbedürfnisse im Konflikt mit dem wahrgenommenen Gefühl der Präsenz steht. Durch die qualitative Benutzerstudie soll geprüft werden, welche Art der Darstellung die Passagiere in VR bevorzugen und welche Einflüsse das Gefühl der Präsenz und das subjektive Kontrollgefühl auf die UX hat.



# 4 Unity Prototyp

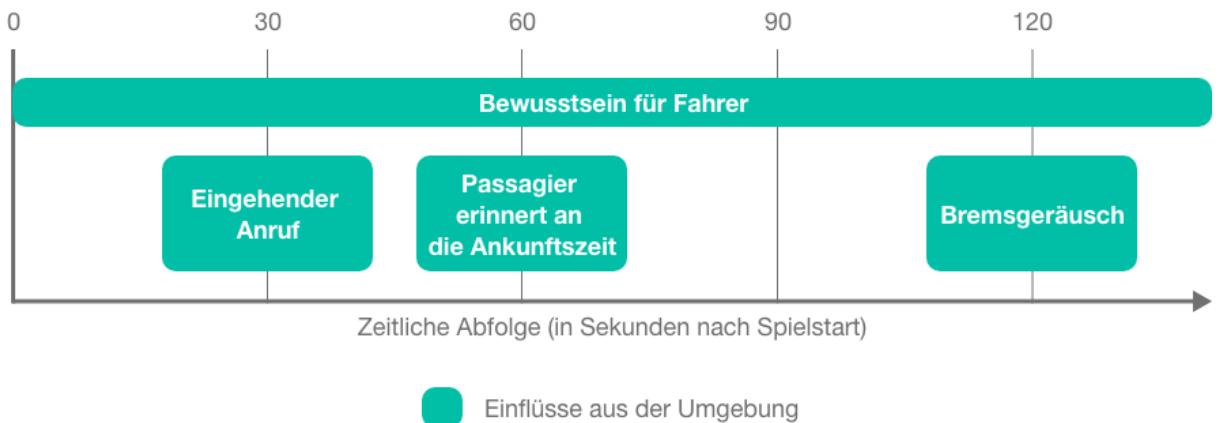
In diesem Kapitel wird auf die Implementierung des Unity Projekts, mit dem die AV-Designs in einer qualitativen Probandenstudie getestet werden, eingegangen. Zuerst wird das Spiel „VR Space Invaders 3D“ genauer beschreiben und wie Einflüsse aus der Realität in das Spiel eingebaut wurden. Anschließend wird die Implementierung thematisiert. Es ist anzumerken, dass es sich um einen statischen Prototypen handelt, der nicht zum aktuellen Stand nicht im Fahrzeug oder in bewegten Umgebungen funktioniert.

## 4.1 VR Space Invaders 3D

Das Spiel „VR Space Invaders 3D“ stammt aus einem studentischen Projekt, das im Rahmen des VR-Praktikums an der Hochschule der Medien entwickelt wurde (Tomschitz et al., 2020). Das Spiel fordert vom Nutzer schnelle Reaktionen und taktisches Denken. Dadurch können die AV-Designs in der Studie in einer zeitkritischen VR-Umgebung getestet werden, die ein hohes Engagement verlangt. Für die qualitative Benutzerstudie wurden viele Teile des Spiels verändert und angepasst. Alle Elemente, Spielmechaniken und Models des expliziten und



**Abbildung 4.1:** Screenshot aus dem Spiel „VR Space Invaders 3D“ auf dem der Spieler von Aliens attackiert wird (Tomschitz et al., 2020).



**Abbildung 4.2:** Zeitliche Abfolge der Einflüsse aus der Realität. In der Darstellung wird die Länge der Einflüsse nicht berücksichtigt (eigene Darstellung).

impliziten Designs wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit eigenständig implementiert oder modelliert.

„VR Space Invaders 3D“ ist eine Neuinterpretation des Shoot-’em-up Games Space Invaders, das 1978 von Tomoshiro Nishikado entwickelt wurde (Tomschitz et al., 2020). Im VR-Spiel steuert der Spieler aus einem Raumschiff heraus zwei Kanonen, mit denen er Aliens eliminieren muss. Wie in Abbildung 4.1 zu sehen ist, kann auch der Spieler durch Schüsse der Aliens attackiert werden. Zur Verteidigung kann der Spieler ein Schutzschild aktivieren, das ihn vor den Angriffen der Aliens schützt. Das Schutzschild kann durch einen roten Button im Cockpit aktiviert werden und ist solange aktiv, bis der Spieler den Button erneut betätigt oder die Energie des Schildes aufgebraucht ist. Ziel des Spiels ist es die Aliens so lange wie möglich abzuwehren. Ist das Leben des Spielers aufgebraucht, ist die Runde beendet.

## 4.2 Umsetzung der Augmented Virtuality Designs

Im Prototypen wurden drei Einflüsse aus dem beispielhaften Szenario aus Kapitel 3.2.2 übernommen. Neben dem eingehenden Anruf, der gewünschten Ankunftszeit und dem Bremsgeräusch, soll zusätzlich geprüft werden, ob der Spieler in VR ausreichend Abstand zu Fahrer einhält. Die Einflüsse wirken in einer zeitlichen Abfolge auf den Nutzer ein. Während der Abfolge kann das Spiel nicht verloren werden, sodass in der Studie alle Probanden unabhängig von ihrem spielerischen Können mit jedem Einfluss konfrontiert werden. Die Probanden spielen insgesamt drei Szenarien, die alle nach der in Abbildung 4.2 dargestellten zeitlichen Abfolge stattfinden. Während der Anruf, die Informationen über die Ankunftszeit und das Bremsgeräusch nach einer festen Zeit getriggert werden, ist der ausreichende Abstand zum Fahrer während des gesamten Spiels relevant. Im expliziten und impliziten Design werden passend zu den Einflüssen Informationen und Interaktionen eingebunden. Neben den AV-Designs gibt es



(a) Explizit: Pop-Up erinnert daran, genügend Abstand zum Fahrer zu halten.  
 (b) Implizit: Virtuelles Glasgeländer begrenzt den Spielbereich.

**Abbildung 4.3:** AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die ein Bewusstsein für den Bereich des Fahrers schaffen sollen.

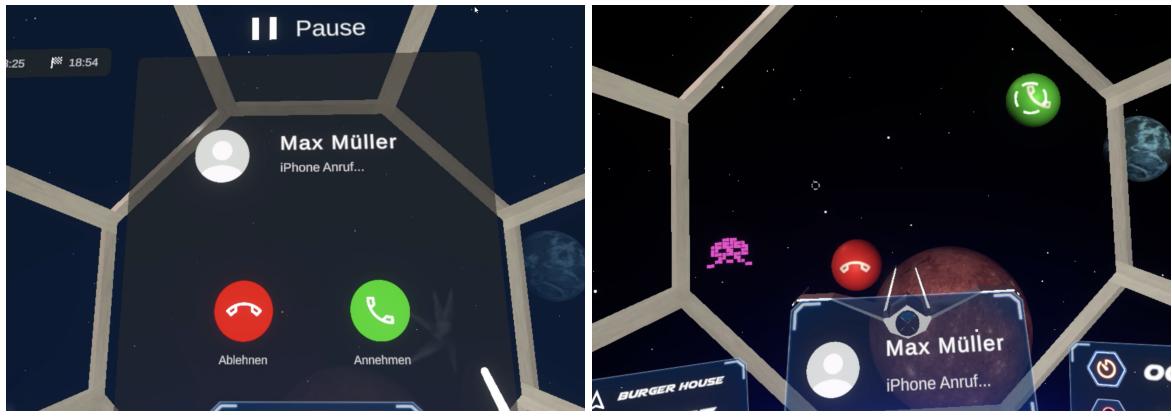
ein Baseline Szenario, in dem die Einflüsse auf den Nutzer und das Spiel einwirken, aber keine Informationen und Interaktionen im Spiel angezeigt werden. Die Baseline dient als Vergleich zu den AV-Designs und soll prüfen, ob durch die Einbindung realer Information mittels AV die UX verbessert werden kann.

### Bewusstsein für den Fahrer

Um zu prüfen, wie ein Bewusstsein für den Bereich des Fahrers geschaffen werden kann, wurde der rote Button, der das Schutzschild aktiviert, auf der linken Seite des Spielers platziert. In der realen Fahrzeugumgebung beginnt dort der Bereich des Fahrers. Für die Probandenstudie wurde dort ein Gegenstand platziert, gegen den der Spieler stößt, wenn er über den Button hinaus greift. Im expliziten Design erscheint dann an der Hand des Nutzers ein Pop-Up, das ihn daran erinnert, auf den Fahrer zu achten (siehe Abbildung 4.3a). Durch die Platzierung an der Hand soll der Spieler zuordnen können, auf welche Richtung sich der Hinweis bezieht. Für das implizite Design wird der Bereich des Spielers durch ein virtuelles Glasgeländer im Spiel begrenzt (siehe Abbildung 4.3b). Li et al. schlagen vor reale Grenzen durch virtuelle Objekte darzustellen, um das Gefühl der Präsenz zu erhalten (2021).

### Eingehender Anruf

Der Anruf wird im expliziten Design als Interface zentral im Sichtfeld des Spielers eingebunden (siehe Abbildung 4.4a). Der Spieler hat die Option den Anruf anzunehmen oder abzulehnen, während das Spiel bereits pausiert ist. Im impliziten Design wird das Spiel zunächst nicht unterbrochen und zwei Kugeln erscheinen im Spiel wie Aliens, die abgeschossen werden können,



(a) Explizit: Anruf als zweidimensionales Interface. (b) Implizit: Anruf als dreidimensionale Objekte im Spiel.

**Abbildung 4.4:** AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die einen eingehenden Anruf in VR integrieren.

um den Anruf anzunehmen oder abzulehnen (siehe Abbildung 4.4b). Die Anruflizenzen erscheinen auf dem Head-up-Display (HUD) des Raumschiffs. Sobald der Spieler die Kugel zum Annehmen abschießt, wird das Spiel gestoppt.

### Gewünschte Ankunftszeit

In den Szenarien fragt sich ein Passagier nach einer gewissen Zeit, ob sie wohl noch pünktlich am Zielort ankommen. In beiden AV-Designs gibt es eine konstante Anzeige mit Navigationsdetails, auf der der Zielort, die aktuelle Zeit und die aktuelle Ankunftszeit angezeigt werden. Im expliziten Design ist diese in der linken oberen Ecke des Sichtfelds integriert (siehe Abbildung 4.5a). Die Anzeige unterscheidet sich vom restlichen Spieldesign. Im impliziten Design zeigt das linke HUD im Raumschiff die Informationen (siehe Abbildung 4.5b). Schrift und Design der Anzeige fügen sich in die Optik des Spiels ein.

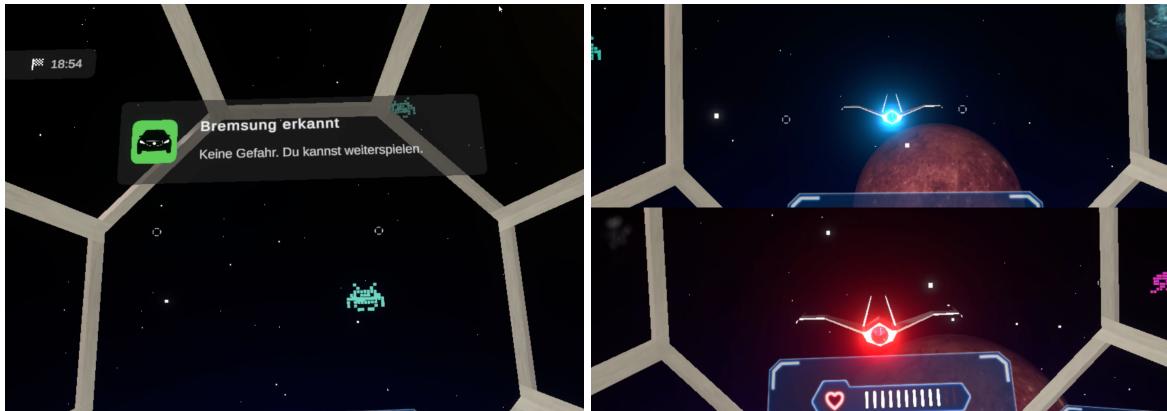
### Bremsgeräusch

Um die Bremsung möglichst effektvoll darzustellen, fängt das Raumschiff einige Zeit vor der Bremsung an sich zu bewegen und stoppt wieder synchron zum Bremsgeräusch. In den Szenarien soll die Bewegung in der VR-Welt die synchronisierte Bewegung des realen Fahrzeugs vermitteln. Die beginnende Bewegung zeigt, dass sich der Stau in der Realität auflöst. Der Fahrer bremst, als das Fahrzeug erneut auf ein unerwartetes Stauende trifft. Im expliziten Design wird bei der Bremsung ein Pop-Up ausgelöst, mit dem mitgeteilt wird, dass die Bremsung erkannt wurde, aber keine Gefahr besteht (siehe Abbildung 4.6a). Im impliziten Design wird



(a) Explizit: Navigationsinformationen getrennt vom Spiel.  
 (b) Implizit: Navigationsinformationen in das Spiel integriert.

**Abbildung 4.5:** AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die die Navigationsinformationen in VR anzeigen.



(a) Explizit: Ein Pop-Up zeigt, dass die Bremsung erkannt wurde und gibt Entwarnung.  
 (b) Implizit: Ein weiteres Raumschiff stellt das vorausfahrende Fahrzeug metaphorisch dar.

**Abbildung 4.6:** AV-Designs aus dem VR-Prototypen, die die Bremsung des realen Fahrzeugs in VR übertragen.

ein vorausfahrendes Raumschiff dargestellt, dass bei der Bremsung Abstand zum Raumschiff des Spielers verliert und ein rotes Bremslicht aktiviert (siehe Abbildung 4.6b).

## 4.3 Implementierung

Die Baseline, das explizites Design und das implizites Design sind jeweils in einer Unity Szene implementiert. Über ein zentrales User Interface (UI) kann zwischen den Szenen navigiert

## 4 Unity Prototyp

---

werden. Alle Szenen beinhalten ein Skript, das an die Spielzeit gekoppelt ist. Wird eine vordefinierte Zeit erreicht, bei der ein Einfluss auftritt, ruft das Skript verschiedene Manager oder Controller auf, die die Einflüsse der Szene steuern.

In allen drei Szenarien verwaltet ein AudioManager den Klingelton, die Anruferstimme, die Stimme des anderen Passagiers, der auf die Ankunftszeit aufmerksam macht und das Bremsgeräusch. Das Zeit Skript ruft verschiedene Methoden im AudioManager auf, der die Audios zu definieren Zeiten startet und stoppt.

Auch die Bewegung die das Bremsgeräusch einleitet, wird in allen Szenarien dargestellt. Die Bewegung wird allerdings nicht durch das Raumschiff erzeugt, sondern durch die umgebenden Sterne und Planeten. Bei den Sternen handelt es sich um ein Particles System, das randomisiert Punkte um das Raumschiff herum erzeugt, die wie Sterne aussehen. Ein MovementController wird vom Zeit Skript aufgerufen, das die Sterne und Planeten Richtung Raumschiff bis zur maximalen Geschwindigkeit beschleunigt. Synchron zum Bremsgeräusch wird die Bewegung beendet.

Für das explizite Design steuert ein PopUpManager die Pop-Ups und Interfaces. Das Interface des Anrufs wird aufgrund der Interaktionen zum Annehmen oder Ablehnen des Anrufs von einem CallManager gesteuert. Die grafische Ausgestaltung der Interfaces, Formen und Icons wurde mit dem Prototyping Tool Figma (Figma, 2021) umgesetzt und in Unity importiert.

Im impliziten Design wurden Informationen des HUD umstrukturiert und Informationen der Einflüsse ergänzt. Der HudController passt beispielweise den Inhalt des mittleren HUD an, wenn der Anruf eingeht und dort die Anrufinformationen eingeblendet werden. Das vorausfliegende Raumschiff, das in Blender 2.8 modelliert wurde, wird passend zur Bewegung der Sterne und Planeten durch den SpaceshipController vorwärts bewegt. Ein weiterer Controller passt das Licht an, das in der Raumschifffläche den optischen Beschleunigungs- und Bremseffekt (siehe Abbildung 4.6b) erzeugt. Die Anrufkugeln sind ähnlich wie im expliziten Design an einen CallManager gebunden, der aber zusätzlich die Bewegung der Kugeln im Spiel steuert. Die Kugeln verfügen über einen Mesh Collider, der erkennt, wenn ein Schuss der Kanone mit einer Kugel kollidiert.

Nachdem das Zeit Skript abgelaufen ist, ist der Spieler nicht mehr unbesiegbar. In einer entsprechenden Methode wird dann, dass Leben nicht mehr aufgefüllt. Der Nutzer kann dann solange spielen, bis sein Leben aufgebraucht ist und wird danach wieder zum UI geleitet, in dem die verschiedenen Szenen ausgewählt werden können.

# 5 Qualitative Benutzerstudie

## 5.1 Methodik

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Benutzerstudie durchgeführt, um die AV-Designs hinsichtlich ihrer Darstellung der Einflüsse aus der Realität zu vergleichen. Außerdem wird beobachtet, welche resultierende Auswirkungen die Designs auf die UX, das Gefühl der Präsenz und das subjektive Kontrollgefühl haben. In diesem Kapitel wird der Ablauf, die Stichprobe und die erhobenen Daten der qualitativen Benutzerstudie beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse erläutert, die zur Überprüfung der Hypothesen dienen.

### 5.1.1 Ablauf

Da es sich um einen statischen VR-Prototypen handelt, der nicht für das Einsatz in Fahrzeugen ausgelegt ist, wurde die Studie in einem leeren Büro bzw. in privaten Räumlichkeiten durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, dass jeweils ähnliche Bedingungen gegeben sind. Abbildung 5.1 zeigt eine Übersicht über den Studienablauf. Nach dem Unterschreiben einer Einverständniserklärung, gaben die Probanden demografischen Daten, wie Alter, Geschlecht und Tätigkeit und ihre Erfahrung in VR und in *Games* an. Zur Einstimmung in die Situation diente das in Kapitel 3.2.2 beschriebene Szenario, in dem die Probanden die Rolle der Persona einnahmen. Ein dreiminütiges Video, gezeigt auf einem 27 Zoll großem Monitor, visualisierte die im Szenario beschriebene Fahrt nach Stuttgart aus der Perspektive des Beifahrers (siehe Abbildung 5.2a). Unterstützend simulierte ein Apple iPad das Infotainmentsystem des Fahrzeugs. Dabei wurde eine in Figma (Figma, 2021) erstellte Navigationsansicht mit einer Karte und einem Navigationsinterface mithilfe einer App auf das iPad gespiegelt (siehe Abbildung 5.2b).

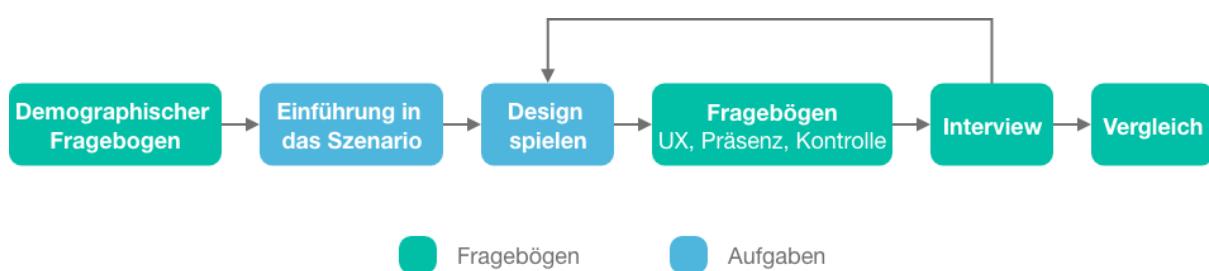
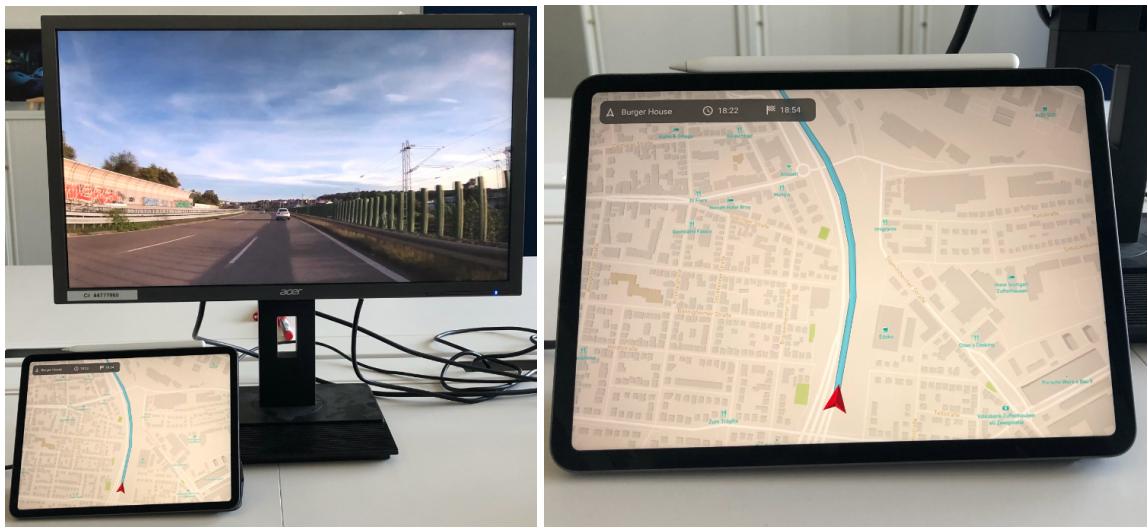


Abbildung 5.1: Studienablauf (eigene Darstellung).



(a) Ein Videoclip zeigt die Fahrt aus dem Szenario.

(b) iPad als Infotainmentsystem.

**Abbildung 5.2:** Einführung in das Szenario

Auf dem Navigationsinterface konnte der Zielort, die aktuelle Uhrzeit und die Ankunftszeit abgelesen werden. Die gleiche Darstellung des Navigationsinterface wurde auch im expliziten Design des Prototypen verwendet (siehe Abbildung 4.5a). Am Ende des Videos gelangte das Fahrzeug, wie im Szenario beschreiben, in einen Stau. In Zuge dessen setzten die Probanden das HMD auf. Alle Probanden bekamen die Baseline als erstes Design zum Testen. Das explizite und implizite Design testen die Probanden an zweiter oder dritten Stelle. Die Reihenfolge der zwei AV-Designs variierte (Counterbalancing), um Auswirkungen auf die Ergebnisse zu neutralisieren, verursacht durch mögliche Lerneffekte (Tullis und Albert, 2008). Nach jedem Design folgte ein Fragebogen, in dem die Probanden die UX, das Gefühl der Präsenz, das subjektive Kontrollgefühl und die Angemessenheit der eingebundenen Informationen aus der Realität subjektiv bewerteten. Anschließend stellte der Studienleiter einige Interviewfragen, um detailliertes Feedback über die Einbindung der verschiedenen Einflüsse aus der Realität zu ermitteln. Zuletzt gaben die Probanden ihr favorisiertes Design an und begründeten ihre Entscheidung.

### 5.1.2 Stichprobe

Die Teilnehmer der Studie waren Studenten und Mitarbeiter aus einem großen deutschen Automobilunternehmen, die über direkte Ansprache rekrutiert worden sind. Insgesamt haben neuen Personen an der Studie teilgenommen, wovon sechs männlich und drei weiblich waren. Das durchschnittliche Alter lag bei 27,6 ( $SD = 6,5$ ) Jahren, mit einer Altersspanne von 20 bis 41 Jahren. Für die Studie wurden bewusst, Teilnehmer gewählt, die sich ungefähr im Alter

der Persona aus dem Forschungsprojekt befinden. Fast alle Teilnehmer sind im informations-technischen Bereich tätig. Vier der Probanden arbeiten oder studieren im Bereich Informatik, zwei im Bereich Informationstechnik. Zwei weitere Probanden arbeiten in der Forschung im IT Bereich.

Die Mehrheit der Probanden hatte vor der Studie schon mindestens einmal VR ausprobiert, fünf von ihnen bereits mehrmals, zwei nutzen VR sogar regelmäßig. Nur ein Proband hatte bisher keine Erfahrung mit VR gemacht. Fünf der neun Probanden gaben an, selten oder gelegentlich Computer-, Handy- oder Onlinespiele zu spielen. Die restlichen vier Teilnehmer spielen häufig bis täglich.

### 5.1.3 Daten

Im folgenden Abschnitt sollen die Fragebögen zur Erfassung der UX, des Gefühls der Präsenz und dem subjektiven Kontrollgefühl genauer thematisiert werden. Außerdem sollen die Inhalte des anschließenden Interviews kurz skizziert werden.

#### UEQ-S

Im direkten Anschluss an ein Design sollten die Probanden den User Experience Questionnaire - Short (UEQ-S) (Schrepp et al., 2017) ausfüllen. Der UEQ-S ist die Kurzform des standardisierten UEQ Fragebogens und besteht aus acht Gegensatzpaaren von Eigenschaften, die ein Produkt haben kann. Alle Paare sind von -3 bis +3 skaliert. So wird beispielsweise für das Paar „kompliziert - einfach“ mit -3 der negativen Eigenschaft „kompliziert“ komplett zugestimmt, mit 0 eine neutrale Antwort gegeben und mit +3 der positiven Eigenschaft „einfach“ komplett zu gestimmt. Die ersten vier Gegensatzpaare messen die pragmatische Qualität und damit die Usability des Produkts. Mit den letzten Vier wird die hedonische Qualität beziehungsweise die User Experience, die Emotionen und Gefühle umfasst, gemessen (Schrepp et al., 2017). Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass sie ihre spontane Einschätzung angeben sollen und es keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten gibt.

#### IPQ (Involviertheit)

Der Igroup Presence Questionnaire (IPQ) (igroup, 2021) ist ein standardisierter Fragebogen zur Messung des Präsenzgefühls in virtuellen Umgebungen. Der Fragebogen besteht aus 14 Items, die die drei Faktoren „Räumliche Präsenz“, „Involviertheit“ und „Erlebter Realismus“ bilden. Die Faktoren können unabhängig voneinander betrachtet werden (igroup, 2021). Für die Studie wurde der Faktor „Involviertheit“ herangezogen, der zeigt, wie viel Aufmerksamkeit der virtuellen Umgebung gewidmet wird. In Tabelle 5.1 werden die vier Items des Faktors abgebildet. Die Skalen sind siebenstufig von 0 bis 6 angelegt. Dabei steht 0 für die negativste Antwort und 6 für die positivste Antwort, wobei das dritte Item (INV3) invertiert ist. Die Items

## 5 Qualitative Benutzerstudie

---

IPQ Item	Aussage	Extreme
INV1	Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?	extrem bewusst / unbewusst
INV2	Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.	trifft gar nicht zu / trifft völlig zu
INV3*	Ich achtete noch auf die reale Umgebung.	trifft gar nicht zu / trifft völlig zu
INV4	Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.	trifft gar nicht zu / trifft völlig zu

**Tabelle 5.1:** Items des Faktor „Involviertheit“ aus dem IPQ (\*invertierteres Item) (igroup, 2021).

wurden gewählt, da mit diesen das Ausmaß des Bewusstseins für die Realität bewertet werden kann.

### **Subjektives Kontrollgefühl und gewünschte Informationen aus der Realität**

Nach den Fragebögen sollten die Probanden ein zusätzliches Item bezüglich ihrem wahrnommenen Gefühl der Kontrolle bewerten. Dafür sollte die Aussage „Während des Spiels hatte ich das Gefühl die Kontrolle zu behalten.“ auf einer siebenstufigen Likert-Skala von -3 („stimme gar nicht zu“) bis 3 („stimme komplett zu“) bewertet werden. Ergänzend wurden die Probanden gefragt, in welchen Situationen das Gefühl stärker beziehungsweise niedriger ausgeprägt war. Um zu prüfen, ob die Einbindung realer Information erwünscht ist, sollten die Teilnehmer auf einer weiteren siebenstufigen Likert-Skala von -3 („zu wenig“) bis +3 („zu viel“) angeben, wie angemessen die Menge der eingebundenen Informationen im jeweiligen Design war. Anders als bei den bisherigen Skalen sind die Werte -3 und +3 die negativste Antwort und 0 die Positivste. Ergänzend wurden die Probanden gefragt, in welchen Situationen sie sich weniger beziehungsweise mehr Informationen gewünscht hätten.

### **Interview**

Im anschließenden Interview befragte der Studienleiter die Probanden zu den vier Einflüssen aus der Realität. Dabei sollten die Probanden aus ihrer Sicht bewerten, ob die Einbindung der Information hilfreich oder störend war und ob durch das Informationsdesign klar wurde, was in der Realität passiert ist. Zudem sollte die Relevanz der in VR eingebundenen Information beurteilt und Verbesserungsvorschläge gemacht werden.

## 5.2 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse, die in der Benutzerstudie erfasst wurden, präsentiert. Zunächst wird das Feedback aus dem Interview, in dem die vier Einflüsse aus der Realität bewertet wurden, zusammengefasst. Anschließend werden die Ergebnisse aus den Fragebögen dargestellt. Es wird angemerkt, dass die qualitative Untersuchung aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl nur begrenzt zahlenmäßige Aussagen treffen kann. Aussagen und Ergebnisse können nicht auf die Gesamtheit verallgemeinert werden. Allerdings geben die Daten erste Hinweise, wie sich die Gestaltung der AV-Designs auf die UX, das Gefühl der Präsenz und das Kontrollgefühl auswirkt.

### 5.2.1 Einflüsse aus der Realität

Sieben Probanden favorisieren das explizite Design. Sie begründen ihre Entscheidung dadurch, dass Informationen explizit verständlicher dargestellt werden und Interaktionen besser kontrollierbar sind. Zwei Probanden gefällt das implizite Design besser, da sie die metaphorischen Informationen gegenüber den Informationen in Textform bevorzugen. Kein Proband hat sich für die Baseline entschieden.

#### Bewusstsein für den Fahrer

Der erste Einfluss wurde durch den roten Button im Spiel getriggert, der das Schutzschild des Raumschiffs aktiviert. An der platzierten Stelle des virtuellen Buttons wurde in der Realität ein Gegenstand platziert, den die Probanden berührten, wenn sie über die Platzierung des Buttons hinaus nach links griffen. Während des Spiels berührten vier der neuen Probanden den Gegenstand in der Baseline, fünf Probanden im expliziten Design und drei im Impliziten. Die Spieler gaben an, dass unabhängig vom Design das Bewusstsein für den Fahrer gering ist, besonders in hektischen Situationen im Spiel. Das Pop-Up im expliziten Design, dass den Nutzer zum Abstand ermahnt, wurde von sieben der neun Probanden gesehen. Ihnen wurde klar, dass sie zu nah am Fahrer waren und achteten dementsprechend auf den Abstand. Allgemein konnte beobachtet werden, dass die Probanden vorsichtiger mit ihren Bewegungen waren, nachdem sie das Pop-Up sahen oder den Gegenstand berührten. Das Feedback der Probanden bestätigt diese Beobachtung. Das Geländer im impliziten Design ist nur einem Probanden aufgefallen. Die Probanden halten das Geländer für nicht ausreichend, um Überschreitungen des Spielbereichs zu vermeiden. Für beide AV-Designs wird angemerkt, dass der Button mit der Zeit blind gesteuert wird und nicht speziell auf den Abstand geachtet wird. So entsteht die Gefahr, die Information zu übersehen. Die Teilnehmer schlagen vor, Button so zu platzieren, dass dieser näher am Spieler ist, um einen großen Bewegungsradius zu vermeiden. Zwei Probanden, die bereits Erfahrung in VR hatten, schlugen vor, ein virtuelles Gitter in VR anzuzeigen oder das explizite Pop-Up mit haptischen Feedback zu ergänzen.

### Eingehender Anruf

Nach 30 Sekunden wurde in jedem Design der Anruf getriggert. Während der Baseline machten sechs Probanden die Bemerkung, dass ein Smartphone klingelt. Im späteren Feedback gaben alle Probanden an, dass der Anruf ablenkend oder störend war. Sieben Nutzer erwähnten verunsichert oder verwirrt gewesen zu sein, als der Klingelton zu hören war, da sie nicht wussten, ob sie das Spiel unterbrechen beziehungsweise die Brille abnehmen sollten. Laut den Teilnehmern war es unangenehm, nicht zu wissen, wer anruft. Drei Probanden hätten bereits in der Baseline mit einer Einbindung des Anrufs gerechnet. Die Einbindung im expliziten Design durch das Interface war für acht Teilnehmer hilfreich und klar verständlich. Die Pause, die sofort beim Eingehen des Anrufs gestartet wurde, merkten die Probanden als nützlich an, da einerseits das Spiel nicht beeinflusst wurde und andererseits genügend Zeit vorhanden war, um sich zu entscheiden, ob der Anruf angenommen werden soll. Der Anruf im impliziten Design wurde von sechs Probanden schlechter bewertet, da die Interaktionen schwerer kontrollierbar waren, die Anruferinformation auf dem HUD übersehen wurden und eine Pause erwünscht gewesen wäre. Zwei Probanden, die kurz vor dem Anruf viele Schüsse in die Richtung abgaben, in der die Anruferitems erschienen, schossen die Items aus Versehen ab, wodurch die Betroffenen frustriert reagierten. Fünf Probanden hoben positiv hervor, dass ihnen die spielerische Einbindung des impliziten Anrufs gefallen hat.

### Gewünschte Ankunftszeit

Die Information über die Ankunftszeit hatte für sechs Probanden eine geringe Priorität. Sie begründeten dies damit, dass der Beifahrer den Verkehr nicht beeinflussen kann und man sich auf das Spiel konzentriert. Für die restlichen drei Probanden war die Information wichtig, besonders nachdem ein anderer Passagier das Thema erwähnte. Sie begründeten, dass das VR-Erlebnis nur eine Nebenbeschäftigung ist und die Priorität auf der Fahrt und der Pünktlichkeit liegt. Außerdem hilft die Information zur Orientierung in der isolierten Umgebung. Acht von neuen Probanden bewerteten im expliziten Design die klare Trennung zwischen Navigationsdesign und Spieldesign positiv. Die Informationen waren laut der Teilnehmer hilfreich, störten nicht und konnten in ruhigen Phasen des Spiels abgerufen werden. Vier Probanden gaben an, dass die Platzierung verbessert werden könnte. Fünf der neun Teilnehmer bemerkten die impliziten Navigationsinformationen nicht oder erst spät. Sie hätten auf dem HUD nur mit Spielinformationen gerechnet. Allerdings bewerten die Probanden die Integration der Informationen als positiv. Zwei Probanden merkten an, dass man nach mehreren Runden eine bessere Übersicht über die Informationen haben könnte. Wie beim expliziten Design sei es angenehm, die Informationen nach Bedarf abzurufen, wenn das Spiel ruhiger ist.

### Bremsgeräusch

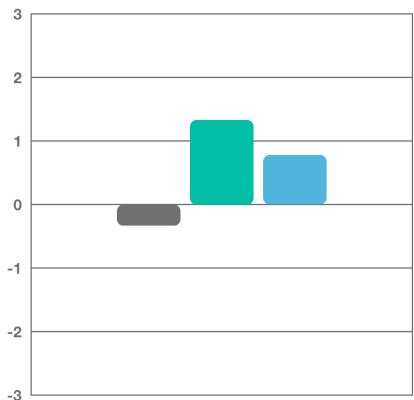
Fünf Probanden hat das Bremsgeräusch in der Baseline nicht oder nur sehr kurz gestört. Die Teilnehmer sind der Meinung, dass solche Geräusche im Straßenverkehr häufig vorkommen und keine Besonderheit darstellen. Drei Probanden wiesen darauf hin, dass es eventuell eine andere Wirkung haben könnte, wenn man sich tatsächlich in einem Fahrzeug befindet und eine starke Bremsung erfährt. Den Grund für das Bremsgeräusch hätten sechs Probanden gerne erfahren. Das Pop-Up im expliziten Design wurde aufgrund der Entwarnung von sechs Probanden positiv bewertet. Den drei anderen Probanden war die Information, dass eine Bremsung erkannt wurde, nicht ausreichend, um sich ein Bild von der Realität machen zu können. Die Darstellung des Raumschiffs im impliziten Design hatte allen Teilnehmern gefallen. Auch wenn vier Probanden die Verbindung zwischen dem vorausfahrenden Fahrzeug in der Realität und dem virtuellen Raumschiff nicht klar wurde. Sie gaben den Vorschlag, mehrere Raumschiffe in VR zu integrieren, damit eine Verkehrsdynamik ersichtlich wird. Außerdem könnten Linien helfen, die die Spuren der Straße widerspiegeln. Drei Probanden fehlte im impliziten Design die Information über die Sicherheit, wobei einer der Meinung war, dass die potenzielle Gefahr der Bremsung verharmlost wird.

### 5.2.2 Gewünschte Informationen aus der Realität

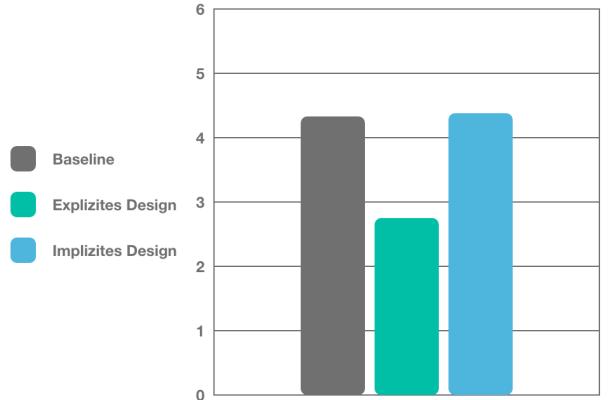
Die folgenden Mittelwerte beziehen sich auf die siebenstufige Likert-Skala zur Bewertung der Menge der eingebundenen Informationen aus der Realität, wobei -3 („zu wenig“) und 3 („zu viel“) negativ sind und 0 („angemessen“) positiv ist. Im Mittel wurde die Menge der eingebundenen Informationen in der Baseline am unangemessensten bewertet ( $M = -2,22$ ;  $SD = 1,09$ ). Für das implizite Design ergab sich ein Mittelwert von  $-0,78$  ( $SD = 0,67$ ). Das Mittel für das explizite Design ( $M = 0,22$ ;  $SD = 0,83$ ) hatte die angemessenste Bewertung. Da die Mittelwerte der AV-Designs geringer von 0 abweichen, als die Baseline, die eine starke Tendenz zu zu wenig Informationen ausweist, kann H1 (Die Einbindung von Informationen aus der Realität in die Virtualität ist von Passagieren erwünscht.) bestätigt werden. Die Probanden begründen ihre Bewertung für die Baseline damit, dass sie gerne Informationen zum Anruf und zum



**Abbildung 5.3:** Mittelwerte der Bewertungen für die Menge der eingebundenen Informationen aus der Realität in den Designs (eigene Darstellung).



**Abbildung 5.4:** Mittelwerte des subjektiven Kontrollgefühls von -3 (negativ) bis 3 (positiv) (eigene Darstellung).

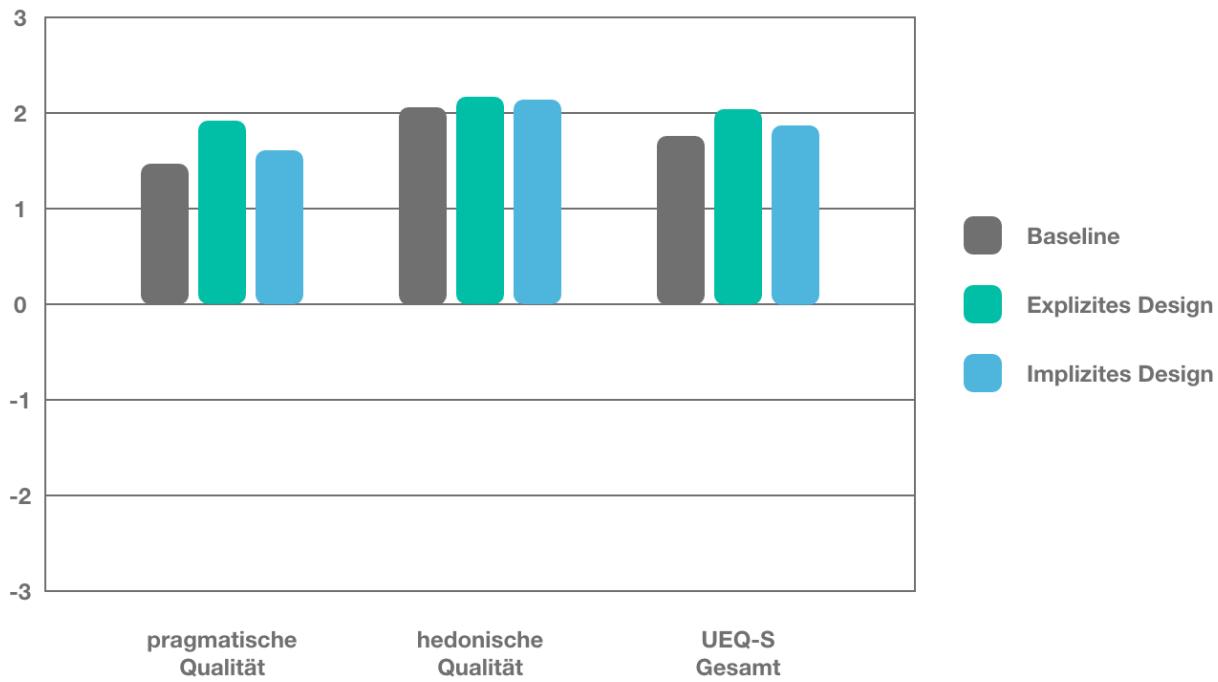


**Abbildung 5.5:** Mittelwerte des Gefühl der Präsenz gemessen durch den Faktor Involviertheit des IPQ von 0 (negativ) bis 6 (positiv) (eigene Darstellung).

Bremsgeräusch, sowie eine Möglichkeit zur Orientierung in VR gehabt hätten. Das explizite Design zeigt eine sehr geringe Tendenz zu zu vielen Informationen, während das Mittel des impliziten Designs eine leichte Tendenz zu zu wenig Informationen zeigt. Die Probanden begründen dies damit, dass im impliziten Design Informationen verloren gehen. Beispielsweise müsste die Bedeutung des Raumschiffs eindeutiger und die Anrufinformation besser sichtbar sein. Da die Informationen für die Probanden im expliziten Design verständlicher bewertet wurde, wird auch H4 (Explizite Informationen sind für Passagiere in VR transparenter und verständlicher als implizite Informationen.) durch das qualitative Feedback erfüllt. In Abbildung 5.3 wird die Skala mit den Mittelwerten der Designs dargestellt.

### 5.2.3 Subjektives Kontrollgefühl

Die wahrgenommene Kontrolle war in der Baseline mit einem leicht negativen Mittelwert am geringsten ( $M = -0.33 ; SD = 1.5$ ). Im impliziten Design war das Gefühl der Kontrolle bei den Probanden im positiven Bereich ( $M = 0.78; SD = 1.86$ ), wobei für das explizite Design im Mittel das stärkste Kontrollgefühl angegeben wurde ( $M = 1.33; SD = 1.22$ ) (siehe Abbildung 5.4). Grund für die höhere Bewertung im expliziten Design war, dass bei allen äußeren Einflüssen Feedback bereitgestellt wurde. Da die AV-Designs im Mittel höher bewertet wurden, als die Baseline, bewahrheitet sich auch H2 (Die Einbindung von Informationen aus der Realität in das VR-Erlebnis führt zu einem stärkeren subjektiven Kontrollgefühl.). Laut den Probanden gaben Informationen und Interaktionen Kontrolle über das Geschehen. Neben den Interaktionen, die im impliziten Design von den Teilnehmern als weniger kontrollierbar bewertet wurden, sorgte die fehlende Pause beim Anruf und das Übersehen der Anruf- und Navigationsinformation für eine niedrigere Bewertung des subjektiven Kontrollgefühls.



**Abbildung 5.6:** Mittelwerte des pragmatischen, hedonischen und gesamten Qualität des UEQ-S aller Designs (eigene Darstellung).

### 5.2.4 Gefühl der Präsenz

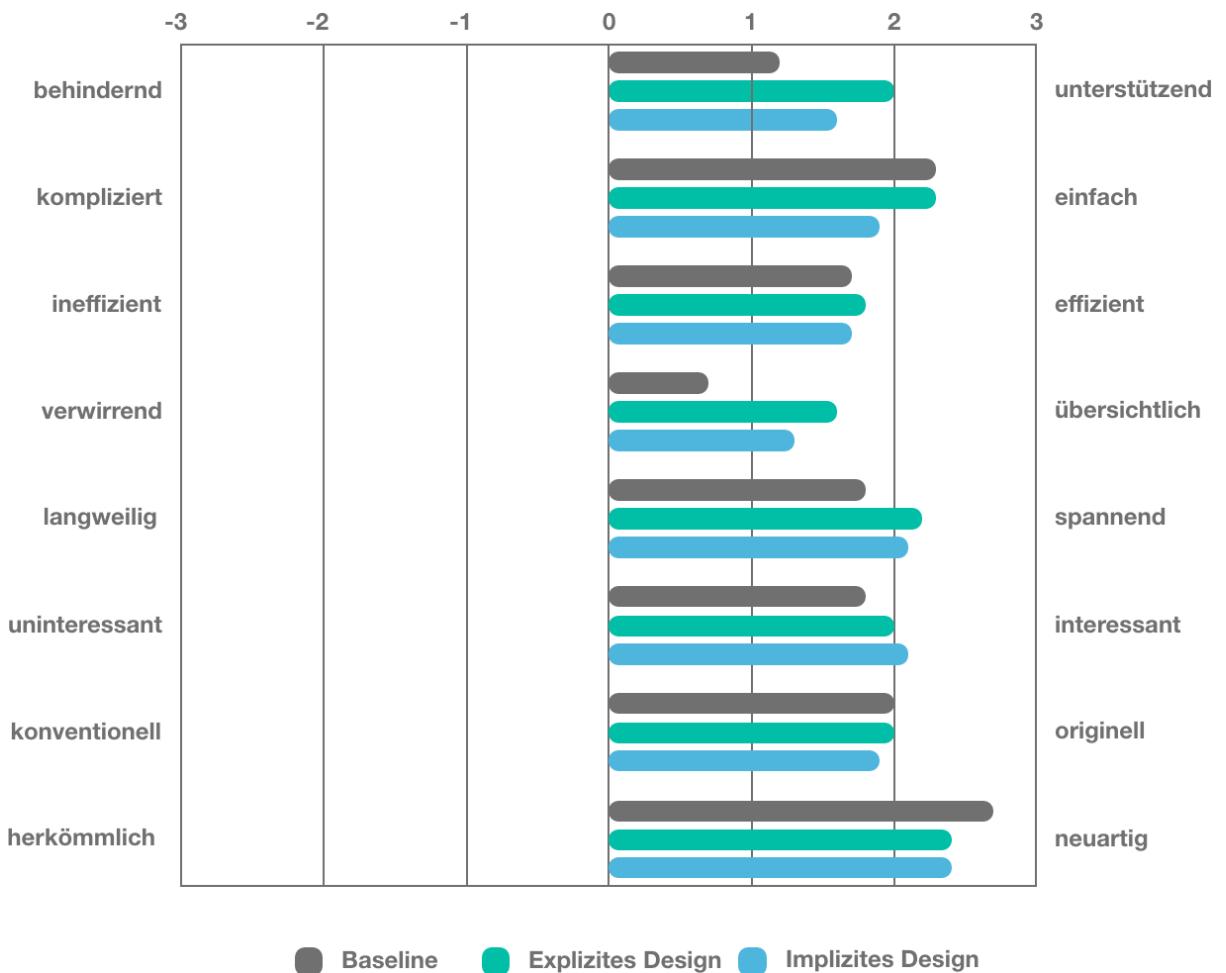
Die folgenden Mittelwerte basieren auf der Skala des IPQ, wobei 0 ein schwaches und 6 ein starkes Gefühl der Präsenz darstellt. Das schwächste Gefühl der Präsenz beziehungsweise das größte Bewusstsein für die reale Umgebung ergab sich für das explizite Design ( $M = 2.75$ ;  $SD = 1.30$ ). Im impliziten Design ( $M = 4.39$ ;  $SD = 1.33$ ) und in der Baseline ( $M = 4.33$ ;  $SD = 1.21$ ) war das Gefühl deutlich ausgeprägter (siehe Abbildung 5.5). Daher wird H5 (Implizite Informationen führen bei Passagieren in VR zu einem stärkeren Gefühl der Präsenz als explizite Informationen.) erfüllt.

### 5.2.5 User Experience

Für die Bewertung der UX wurde der UEQ-S verwendet, mit dem die Probanden das VR-Erlebnis mithilfe der gegensätzlichen Items von -3 (negativ) bis 3 (positiv) bewerten konnten. Im Mittel wurden die ersten vier Items, die die pragmatische Qualität erfassen, für das explizite ( $M = 1.92$ ;  $SD = 0.72$ ) und implizite Design ( $M = 1.61$ ;  $SD = 0.88$ ) höher bewertet, als die Baseline ( $M = 1.47$ ;  $SD = 0.59$ ). Die Mittelwerte der letzten vier Items, die die hedonische Qualität erfassen, liegen im expliziten Design bei  $2.17$  ( $SD = 0.66$ ), im impliziten Design bei  $M = 2.14$  ( $SD = 0.76$ ) und in der Baseline bei  $M = 2.06$  ( $SD = 0.87$ ). Für den gesamten UEQ-S ergibt sich der höchste Mittelwert für das explizite Design ( $M = 2.04$ ;  $SD = 0.52$ ), gefolgt vom impliziten Design ( $M =$

## 5 Qualitative Benutzerstudie

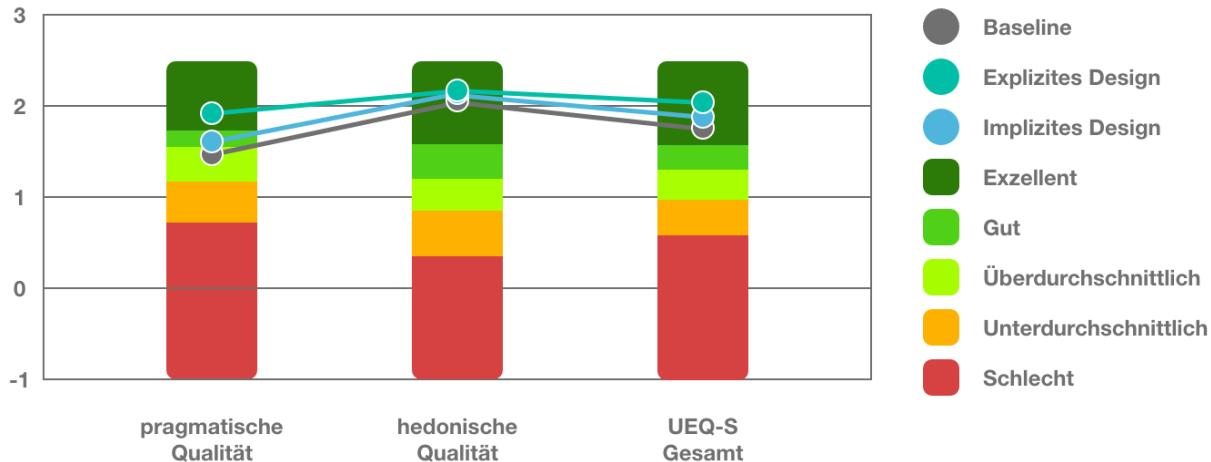
---



**Abbildung 5.7:** Mittelwerte der Items des UEQ-S aller Designs (eigene Darstellung).

1.88; SD = 0.68). Die geringste mittlere Bewertung erhält die Baseline ( $M = 1.76$ ; SD = 0.64). Alle Mittelwerte sind in Abbildung 5.6 dargestellt.

Alle mittleren Bewertungen der Items haben eine Tendenz zur positiven Eigenschaft der Skala, unabhängig vom Design. Für das Gegensatzpaar „herkömmlich - neuartig“ der hedonischen Qualität gab es den stärksten Trend zur positiven Eigenschaft [Baseline ( $M = 2.67$ ; SD = 0.50); Explizit ( $M = 2.44$ ; SD = 0.88); Implizit ( $M = 2.44$ ; SD = 0.73)]. Das Gegensatzpaar „verwirrend - übersichtlich“ der pragmatischen Qualität hatte den schwächsten Trend zur positiven Eigenschaft, während die Bewertung für das explizite ( $M = 1.56$ ; SD = 1.13) und implizite Design ( $M = 1.33$ ; SD = 1.32), höher als die der Baseline war ( $M = 0.67$ ; SD = 1.41). Auch beim Item „be hindernd - unterstützend“ wichen die Mittelwerte zwischen den Design stärker voneinander ab [Baseline ( $M = 1.22$ ; SD = 1.09); Explizit ( $M = 2.00$ ; SD = 0.87); Implizit ( $M = 1.56$ ; SD = 1.24)]. Das Item „kompliziert - einfache“ erhielt die Bewertung mit der größten Tendenz zur postiven Eigenschaft innerhalb der pragmatischen Qualität, wobei die Baseline ( $M = 2.33$ ; SD = 0.71) und das explizite Design ( $M = 2.33$ ; SD = 0.87) besser als das implizite Design ( $M = 1.89$ ; SD = 0.71).



**Abbildung 5.8:** Vergleich der Qualität der getesteten Designs mit anderen Produkten, die mit dem UEQ-S getestet wurden. (eigene Darstellung).

0.60) bewertet wurden. Die Mittelwerte aller Items sind in Abbildung 5.7 dargestellt.

Bei der Untersuchung der Werte konnte trotz der geringen Anzahl der Probanden eine signifikante Korrelation zwischen der pragmatischen Qualität des UEQ-S und dem subjektiven Kontrollgefühl festgestellt werden ( $r = 0.49; p < 0.05$ ). Zwischen der hedonischen Qualität und dem subjektiven Kontrollgefühl konnte kein Zusammenhang festgestellt werden ( $r = -0.20; p > 0.05$ ). H3 (Mehr Kontrolle in VR- Erlebnissen führt zu einer besseren User Experience bei Passagieren.) kann deshalb nur für den pragmatischen Teil der UX anerkannt werden. Zwischen der UX und dem Gefühl der Präsenz, sowie zwischen der UX und Menge der gewünschten Informationen konnte kein ebenfalls kein Zusammenhang festgestellt werden.

Im Vergleich mit anderen Produkten, die mit dem UEQ-S bewertet wurden, repräsentieren die Ergebnisse aller Designs im UEQ-S (siehe Abbildung 5.6) eine positive Evaluation (Schrepp et al., 2017). Wie in Abbildung 5.8 dargestellt, liegt die hedonische Qualität aller Designs im exzellenten Bereich. Deutliche Unterschiede gibt es bei der pragmatischen Qualität, die in der Baseline überdurchschnittlich, im impliziten Design gut und im expliziten Design exzellent ist.



# 6 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, welche Einflüsse aus der Realität Passagiere in VR wahrnehmen möchten und wie diese in der Virtualität dargestellt werden können. Dazu wurden zwei Designs auf Grundlage von AV entwickelt, um Auswirkungen der auf die UX, das Gefühl der Präsenz und auf das subjektive Kontrollgefühl zu analysieren.

## Relevanz realer Information in Virtual Reality Erlebnissen für Passagiere

Bereits in den in Kapitel 2.2.3 vorgestellten Konzepten gab es Hinweise, dass Informationen in VR benötigt werden, beispielsweise um Erklärungen für Ereignisse wie Fahrzeugbewegungen oder unerwartete Stopps aus der Realität zu finden (holoride, 2021). In der Baseline der Studie wirkten nur die vier äußeren Einflüsse auf das Erlebnis ein, ohne Informationen in VR bereitzustellen. Durch die Bewertungen wird ersichtlich, dass sich die Probanden dort mehr Informationen in VR gewünscht hätten. Viele Probanden empfanden es als unangenehm, den Anruf nicht annehmen zu können und nicht zu wissen, wer der Anrufer ist. Außerdem hätten sich die Probanden mehr Möglichkeiten zur Orientierung gewünscht, da man vom Verkehr isoliert ist. Das entstehende unangenehme Gefühl, das beim Anruf entsteht, passt zu den negativen Effekten, die Pilot und Rello beim Verpassen digitaler Nachrichten feststellen. Die Angst, etwas zu verpassen oder nicht erreichbar zu sein führt bei einigen Personen zu einem unangenehmen Gefühl (2017). Auch die Probanden in der Studie von Li et al. gaben an, sich über einen eingehenden Anruf während VR bewusst sein zu wollen (2020). Eine weitere Erklärung wäre der Wunsch nach Konnektivität, der bei Passagieren festgestellt wurde, um das Smartphone im Auto komfortabel nutzen zu können (Lee et al., 2020). Den Verlust der Orientierung konnten auch Hock et al. bei ihrer „CarVR“ Studie feststellen. Sie empfehlen eine Möglichkeit zur Orientierung in VR für Passagiere zu schaffen (2017).

Für das explizite Design wurde die Menge realer Informationen als angemessen bewertet. Die Mehrheit der Probanden wünschten sich dort weder mehr noch weniger Informationen. Im impliziten Design wurden laut den Probanden etwas zu wenig Informationen bereitgestellt, was durch fehlende Erklärungen und weniger Transparenz realer Informationen begründet wurde. Vergleicht man die Angemessenheit der Einbindung realer Informationen der Designs, wurde das explizite und implizite Design deutlich angemessener bewertet als die Baseline. Deshalb kann die Annahme, dass die Einbindung von Informationen aus der Realität von

Passagieren erwünscht ist, bestätigt werden. Die Teilnehmer der Studie bevorzugten es, sich über Informationen aus ihrer realen Umgebung bewusst zu sein und mit Objekten aus der Realität wie dem Smartphone interagieren zu können. Das Ergebnis von McGill et al., die ein signifikantes Bedürfnis nach Interaktionen mit realen Objekten und nach einem Bewusstsein für die reale Umgebung in einer Umfrage feststellten (2015), konnte damit auch im Kontext von VR-Erlebnissen in Fahrzeugen bestätigt werden.

## Auswirkungen auf das subjektive Kontrollgefühl

Bei der Betrachtung der Bedürfnisse der Nutzer in VR stellen Guo et al. und die Experten aus dem Interview fest, dass das Bedürfnis nach Sicherheit durch den Wunsch nach Kontrolle entsteht. Der Benutzer möchte, obwohl er in VR eintaucht, die Kontrolle über Aspekte der Realität behalten (2019). Die Aussagen werden von der Bewertung der Teilnehmer unterstützt, deren wahrgenommenes Gefühl der Kontrolle in den AV-Designs höher als in der Baseline war. Im expliziten Design gaben die Probanden an, die meiste Kontrolle zu haben. Sie waren der Meinung, deutlich weniger verwirrt zu sein und durch verschiedene Informationen und Interaktionen die Kontrolle behalten zu können. Dies lässt sich dadurch erklären, dass das subjektive Kontrollgefühl von der Bestimmung über Interaktionen (Jokinen, 2015) und durch die Darstellung von Informationen und Erklärungen (Schneider et al., 2021) abhängig ist. Besonders die Möglichkeit, selbst zu entscheiden, ob der Anruf angenommen werden soll oder die Navigationsinformation gelesen werden soll, stärkt nach dem Empfinden der Probanden das Gefühl der Kontrolle. Betrachtet man die Human Developer Guidelines von iOS ist die Aussage der Probanden ähnlich zu der Designempfehlung von Apple, die Entscheidungsfindung über Interaktionen dem Nutzer zu überlassen (2021). Im impliziten Design, in dem Informationen weniger transparent und Interaktionen weniger kontrollierbar bewertet wurden, war das subjektive Kontrollgefühl entsprechend niedriger als im expliziten Design. Beispielsweise führte die fehlende Pause beim Anruf dazu, dass die Probanden zwischen dem Spiel und dem Anruf zwiegespalten waren. Auch das Übersehen von Informationen wie der Anruferinformation sorgte laut den Probanden dafür, dass die Situation weniger kontrollierbar war. Das unterstützt die Aussage von Jokinen, dass das subjektive Kontrollgefühl abhängig von der wahrgenommenen Bestimmung über Interaktionen ist (2015), aber auch die Aussage von Schneider et al., dass Informationen und Erklärungen das subjektive Kontrollgefühl stärken (2021). Da das wahrgenommene Gefühl der Kontrolle in den AV-Designs höher als in der Baseline bewertet wurde, trifft die Annahme, dass durch die Einbindung von Informationen aus der Realität in das VR-Erlebnis zu einem stärkeren subjektiven Kontrollgefühl führt, ebenfalls zu.

Dennoch gibt es eine Unstimmigkeit im Feedback der Probanden. In der Baseline führten die Einflüsse aus der Umgebung für Verwirrung und Verunsicherung, wodurch das subjektive Kontrollgefühl niedriger als in den AV-Designs mit Informationen war. Allerdings ist es für manche Probanden nicht störend, die Kontrolle über die Realität zu verlieren. Die Probanden begründen dies damit, dass der Beifahrer keinen Einfluss auf den Verkehr hat und an der

---

Situation nichts ändern kann. Dabei muss beachtet werden, dass nicht jeder diese Ansicht teilte. Erklärbar wird dies dadurch, dass Bedürfnisse bei jedem Menschen unterschiedlich ausgeprägt sind (Hassenzahl, 2008). Daraus wird abgeleitet, dass es auch unterschiedliche Bedürfnisse bei verschiedenen Beifahrertypen gibt. Während eine Person als Beifahrer das Bedürfnis nach Informationen über den Verkehr hat, muss dies nicht für eine andere Person gelten. Diese Folgerung wird beispielsweise durch die Bewertung der Navigationsanzeige unterstützt. Während für viele Probanden die Information über die aktuelle Ankunftszeit nebensächlich war, hatte für andere Probanden die Pünktlichkeit der Fahrt, die Teil der Anzeige war, eine hohe Priorität. Eine weitere Erklärung für die Aussage, dass Kontrolle für manche Probanden nicht wichtig ist, ist die unterschiedliche Relevanz äußerer Einflüsse. Li et al. stellten fest, dass nicht alle äußeren Einflüsse für Passagiere in VR die gleiche Relevanz haben (2020). Die Ergebnisse aus der Studie unterstützen beide Erklärungen. Einerseits bewerteten die Probanden die Einflüsse mit einer unterschiedlichen Relevanz, andererseits gab es individuelle Präferenzen der Nutzer, was ihnen in VR wichtig ist. So interessierten sich alle Probanden für den Anruf, während die Navigationsinformationen für die Probanden eine unterschiedliche Relevanz hatten. Für VR-Erlebnisse in Fahrzeugen konnte gezeigt werden, dass das subjektive Kontrollgefühl ein relevanter Faktor für Passagiere ist. Allerdings ruft nicht jede Information das Gefühl der Kontrolle hervor, da Passagiere unterschiedliche Bedürfnisse und Einflüsse aus der Realität eine unterschiedliche Relevanz haben.

## **Explizite und Implizite Einbindungen in Virtual Reality**

Für die Studie wurden zwei Designlösungen getestet, um festzustellen, wie Einflüsse aus der Realität in VR für Passagiere eingebunden werden können. Wie in den Beschreibungen der AV-Designs erläutert wurde, orientiert sich das implizite Design an virtuellen Repräsentationen, durch die Informationen aus der Außenwelt metaphorisch dargestellt werden. Informationen sollen Teil des Spiels werden und zum Kontext des VR-Erlebnisses passen. McGill et al. konnten bei der Einbindung realer Objekte in VR keine negativen Auswirkungen auf das Gefühl der Präsenz beobachten, wenn die Repräsentationen in den Kontext des VR-Erlebnis passen (2015). Aus dem Fragebogen des IPQs ergaben sich für das Gefühl der Präsenz im impliziten Design und in der Baseline nahezu die gleichen Werte. Somit hatte das implizite Design in der Studie den Vorteil, Informationen aus der Realität einzubinden, ohne dass das Gefühl der Präsenz negativ zu beeinflussen. Im expliziten Design war das Präsenzgefühl wiederum geringer, wodurch die Annahme erfüllt wird, dass implizite Informationen bei Passagieren zu einem stärkeren Gefühl der Präsenz als explizite Informationen führen. Die Probanden nahmen ihre reale Umgebung durch explizite Informationen bewusster wahr. Das explizite Design orientiert sich an Benachrichtigungen in VR, worin Hsieh et al. den Vorteil in der klaren Trennung zwischen realen und virtuellen Inhalten sehen (2020). Wie in den Ergebnissen beschrieben wurde, bevorzugen die Probanden aufgrund der verständlicheren Darstellung und einfacheren Interaktionen das explizite Design. Beispielsweise wurde die klare Trennung zwischen Realität und Virtualität bei der Navigationsinformation positiv hervorgehoben, da

die Information so einfacher zu erfassen und verständlicher war als die implizite Darstellung. In den AV-Designs werden verschiedene Vorteile ersichtlich. Während die Informationen im expliziten Design verständlicher sind und zu einem höheren subjektiven Kontrollgefühl führen, unterstützt das implizite Design die Einbindung von Informationen ohne das Gefühl der Präsenz negativ zu beeinflussen. Das Erkenntnis aus den Experteninterviews, dass die Darstellung klarer Informationen zur Erfüllung der Nutzerbedürfnisse im Konflikt mit dem wahrgenommenen Gefühl der Präsenz stehen, wird durch den qualitativen Benutzertest unterstützt.

Anhand der AV-Designs werden für VR-Anwendungen im Fahrzeug verschiedene Möglichkeiten gezeigt, wie Informationen in das Erlebnis integriert werden können. Abhängig davon, welches Ziel eine VR-Anwendung verfolgt und wie wichtig das Gefühl der Präsenz beziehungsweise das subjektive Kontrollgefühl für das Erlebnis ist, können die Vorteile der Designs genutzt werden.

## User Experience

Bei der Betrachtung der einzelnen Items des UEQ-S (siehe Abbildung 5.7) wird ersichtlich, dass die größten Unterschiede bei den Wortpaaren „behindernd - unterstützend“ und „verwirrend - verständlich“ auftreten, die der pragmatischen Qualität zugeordnet sind. Dort wird die Baseline jeweils niedriger als die AV-Designs bewertet. Auch das implizite Design wird ebenfalls etwas geringer als das Explizite bewertet. Ergänzt man dazu das qualitative Feedback der Probanden, das in der Baseline das Gefühl der Kontrolle durch Verunsicherung und Verwirrung niedriger empfunden wurde und im impliziten Design die Interaktionen weniger kontrollierbar waren, können dadurch die Unterschiede in der pragmatischen Qualität erklärt werden. Das subjektive Kontrollgefühl hat die pragmatische Qualität nachweislich beeinflusst. Bereits Schneider et al. konnten einen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Kontrollgefühl und der UX feststellen (2021), weshalb angenommen wurde, dass mehr Kontrolle im VR-Erlebnis zu einer besseren UX bei den Passagieren führt. In der Studie konnte zwar ein signifikanter Zusammenhang zwischen der pragmatischen Qualität und der UX gefunden werden, aber nicht zwischen der hedonischen Qualität und der UX. Deshalb kann die Annahme nur für den pragmatischen Teil der UX bestätigt werden.

Obwohl auch das Gefühl der Präsenz in VR eine weitere wichtige Variable für positive Nutzungserlebnisse ist (Schubert et al., 2001), konnte in der Studie kein Zusammenhang zwischen der Präsenz und der UX festgestellt werden. Durch die Favorisierung des expliziten Designs, in dem das subjektive Kontrollgefühl am höchsten war und durch den signifikanten Zusammenhang zwischen UX und wahrgenommener Kontrolle, kann bestätigt werden, dass die Probanden in der Studie die Kontrolle der Präsenz vorziehen. Dafür gibt es mehrere mögliche Erklärungen. Es muss berücksichtigt werden, dass es sich um ein neuartiges Produkt handelt, dass die Probanden zum ersten Mal genutzt haben. Das wird durch die Bewertung des Items „herkömmlich - neuartig“ deutlich, das mit einer sehr starken Tendenz zur positiven Eigenschaft „neuartig“ bewertet wurde. Die Probanden haben zu diesem Zeitpunkt noch wenig

## 6.1 Design- und Handlungsempfehlungen

---

Erfahrung mit dem VR-Spiel, weshalb die Kontrolle zunächst im Fokus steht. Eine andere Erklärung, wäre die Fahrzeugumgebung, die bei herkömmlichen VR-Erlebnissen statisch ist. Da Strukturen aus der realen Welt den Nutzer beeinflussen können (Auda et al., 2020), ist es denkbar, dass die Kontrolle zum wichtigeren Faktor für die UX wird, da durch die dynamische Fahrtumgebung neue Bedürfnisse entstehen.

Dennoch haben implizite Darstellungen Potenzial für das Erlebnis. George et al. stellte bei der Einbindung realer Objekte in VR fest, dass metaphorische Darstellungen oftmals beliebter bei den Nutzern sind (2020), was beispielsweise durch die implizite Darstellung des Bremsgeräusches gezeigt werden konnte. Allen Probanden hat besonders die Darstellung des Raumschiffs gefallen, dass stellvertretend für das vorausfahrende Fahrzeug in VR genutzt wird und sich gleichzeitig in die Spielwelt einfügt.

Für VR-Erlebnisse im Auto konnte gezeigt werden, dass das Gefühl der Kontrolle den pragmatischen Teil der UX beeinflusst. Die Aussage, dass für eine gute UX der Benutzer und die Umgebung beachtet werden sollte (Auda et al., 2020), kann bestätigt werden, wobei der Fokus auf der verständlichen Informationen und intuitiven Interaktionen liegen sollte.

## 6.1 Design- und Handlungsempfehlungen

Für VR-Erlebnisse in Fahrzeugen wird empfohlen, Informationen aus der Realität in das virtuelle Erlebnis einzubinden. Es konnte festgestellt werden, dass Informationen und Interaktionen in VR die pragmatische Qualität im Erlebnis steigert. Zurückzuführen ist die Steigerung auf das subjektive Kontrollgefühl. Die folgende Aussage eines Probanden verdeutlicht die Wirkung der eingebundenen Information auf das VR-Erlebnis: „Mit Informationen kann ich mich besser auf das Spiel einlassen, da ich weiß, dass ich informiert werde, wenn etwas passiert und ich verpasste nichts.“

Allerdings sollte die Menge der realen Informationen begrenzt werden. Durch Unterbrechungen, beispielsweise durch Benachrichtigungen, kann ein negativer Einfluss auf das Gefühl der Präsenz entstehen (George et al., 2018). Auch die Experten empfehlen einen Informationsfilter, da nicht alle Einflüsse für den Nutzer relevant sind und die Entscheidung beim Nutzer liegen sollte, was er wahrnehmen möchte.

Zeitkritische Informationen und Interaktionen, sowie relevante Informationen sollten explizit dargestellt werden. Die Probanden geben an, die Kontrolle in zeitkritischen Situationen wie dem Anruf zu bevorzugen, obwohl die Darstellungsweise zu einem niedrigeren Gefühl der Präsenz führte. Auch für das Bewusstsein des Fahrers sollte eine explizite Darstellungsweise bevorzugt werden, wenn ein großer Bewegungsradius in VR erforderlich ist, da die Information verständlicher und besser wahrnehmbar war. Nach Möglichkeit bevorzugten es die Probanden, wenn das Erlebnis so designt wird, dass erst gar keine Bewegungen erforderlich sind, die den Fahrer stören könnten. Die explizite Information dient als Notlösung und sollte nur erscheinen, wenn der Nutzer in VR den Bereich des Fahrers eindringt.

Zeitunabhängige Informationen und Informationen zur Orientierung sollten implizit dargestellt

werden. Da diese Informationen oft nur für einen Teil der Nutzer relevant sind, sollten diese entweder subtil in das Spiel eingebunden werden oder nur auf Abruf bereitgestellt werden. Beispielsweise wurden die Navigationsinformationen nur von manchen Probanden gewünscht, jedoch nicht als störend empfunden, wenn sie im Spiel integriert waren. Die Probanden nutzten Pausen beziehungsweise ruhige Situationen im Spiel, um die Informationen zu lesen. Daher könnten solche Informationen metaphorisch und unauffällig in das laufende Spiel integriert werden, aber auch in Menüs auf Abruf oder in Pausen verfügbar sein. Hsieh et al. stellen fest, dass Informationen in zeitunabhängigen Situationen wie Pausen als weniger störend empfunden werden (2020).

Ein Vorteil von VR ist die Möglichkeit Informationen dreidimensional darzustellen (Dörner et al., 2013). Wenn es reale Informationen zulassen, sollten diese auch auf diese Weise integriert werden. Die implizite Darstellung des Raumschiffs in der Studie hat allen Teilnehmern gefallen. Dabei sollte aber auch auf die Verständlichkeit der Darstellung geachtet werden. Die Experten empfehlen implizite Darstellungen zu Beginn durch Erklärungen zu ergänzen.

Unabhängig vom Design sollte die Entscheidung über Interaktionen und der Anzeige von Informationen beim Nutzer liegen, damit beim Nutzer das Gefühl der Kontrolle entsteht (Apple, 2021). Das subjektive Kontrollgefühl war in der Benutzerstudie der entschiedene Faktor, der die UX beziehungsweise die pragmatische Qualität beeinflusste.

## 6.2 Limitationen

Die Studie weist verschiedene Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Durch den statischen Prototyp können erste Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Einflüsse für Passagiere in VR relevant sind und wie diese dargestellt werden können. Allerdings ist es wichtig, den Prototyp direkt im Fahrzeug zu testen, um weitere Auswirkungen zu untersuchen, die durch die Bewegung entstehen. Besonders die Bremsung könnte laut der Probanden eine andere Wirkung auf das Erlebnis haben, wenn diese nicht nur visuell und auditiv, sondern auch haptisch erfahrbar ist. Die Intensität sei ein entscheidender Faktor, der im statischen Prototyp nicht getestet werden kann. Im Prototyp war für manche Probanden die Bremsung nebensächlich und wurde als ein typisches Geräusch aus dem Straßenverkehr betrachtet. Hinzu kommen weitere Bewegungen wie Beschleunigungen oder Rotationen, die der Nutzer in einem realen Fahrzeug wahrnehmen würde.

Eine weitere Einschränkung betrifft den dritten Einfluss über die gewünschte Information der Ankunftszeit. Im Erlebnis wurde durch eine Ansage eines anderen Passagiers, die an den Stau und an die Verabredung, zu der man pünktlich kommen möchte, aufmerksam gemacht. Es bestand zwar kein realer Zeitdruck, jedoch wurden die Passagiere durch das entwickelte Szenario, das Fahrtvideo und durch das iPad als Infotainmentsystem gut in die Situation hinein versetzt.

Wie bereits erwähnt ist die Benutzerstudie qualitativ angelegt, wodurch nur begrenzt zahlenmäßige Aussagen getroffen werden können, die sich nur auf die Probanden in der Studie beziehen. Um die Ergebnisse auf die Gesamtheit einer Benutzergruppe beziehen zu können und

mehr signifikante Ergebnisse zu bestimmen, müssen quantitative Tests durchgeführt werden mit einer höheren Anzahl an Probanden. Außerdem müssten verschiedene Nutzergruppen mit unterschiedlicher Erfahrung verglichen werden, um festzustellen, ob sich die Präferenzen zwischen Kontrolle und Präsenz mit zunehmender Erfahrung ändern. Für die Studie wurden zwar Probanden rekrutiert, die sich im Alter der Persona befanden, allerdings hatte die Stichprobe einen homogenen Hintergrund aus einem informationstechnischen Bereich und bereits Erfahrung in VR. Für die Ergebnisse dieser Studie war dies jedoch förderlich, um bei der vergleichsweise kleinen Stichprobe Faktoren auf die Ergebnisse zu reduzieren, die durch unterschiedliche Benutzergruppen entstehen.

Zuletzt muss noch der Use Case Gaming betrachtet werden, der in der vorliegenden Arbeit untersucht wurde. In anderen Anwendungen in VR können andere Bedürfnisse bei den Benutzern entstehen.

## 6.3 Ausblick

Die Studie zeigt erste Ansätze, wie AV für immersive Erlebnisse in Fahrzeugen eingesetzt werden kann. Allerdings sollten die Ergebnisse in einer quantitativen Studie mit mehr Probanden überprüft werden. Dabei sollten verschiedene Nutzergruppen mit unterschiedlichen Erfahrungen in VR eingeführt werden. Darüber hinaus könnte betrachtet werden, ob sich nach mehreren Sitzungen in VR Lerneffekte einstellen. Es wird vermutet, dass wenn sich Lerneffekte einstellen, das explizite und implizite Design anders bewertet werden könnte. Außerdem sollten die Wirkungen realer Einflüsse untersucht werden, wenn VR direkt im Auto eingesetzt wird, um die haptische Wahrnehmung des Nutzers zu berücksichtigen. Die Forschung über VR im Auto sollte zusätzlich über den Bereich *Gaming* hinaus untersucht werden. In anderen Szenarien, beispielsweise zur Produktivität oder zur Entspannung, müssen entstehende Wünsche berücksichtigt und die Relevanz realer Einflüsse getestet werden.



# 7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, welche Einflüsse aus der Realität Passagiere in VR wahrnehmen möchten und wie diese in der Virtualität dargestellt werden können. Dazu wurden zunächst mögliche Einflüsse identifiziert und in Informations- und Interaktionsbedürfnisse klassifiziert. Für die Adressierung der Bedürfnisse in VR sind zwei Designlösungen entwickelt worden, die durch AV die Virtualität um reale Informationen erweitern. Das erste AV-Design zeigt reale Informationen in einer expliziten Darstellungsweise durch zweidimensionale Pop-Ups und Interfaces, die die virtuelle Umgebung überlagern. Das zweite AV-Design versucht Information dreidimensional und metaphorisch direkt in das Spiel zu integrieren. Um die Relevanz der identifizierten äußeren Einflüsse zu validieren und die Designlösungen zu bewerten, wurden Experteninterviews durchgeführt. Die Experten stellten fest, dass nicht alle äußeren Einflüsse für Passagiere in VR relevant sind und dass die Entscheidung beim Nutzer liegen sollte, welche Einflüsse er wahrnehmen möchte. Außerdem vermuteten die Experten, dass explizite Informationen verständlicher und übersichtlicher sind, während implizite Informationen zu einer besseren Immersion führen. In einer qualitativen Benutzerstudie wurden die Designs verglichen und Auswirkungen auf die UX, das Gefühl der Präsenz und das subjektive Kontrollgefühl analysiert. Die Ergebnisse zeigten, dass die zwei AV-Designs der Baseline, in der keine Informationen über die Realität eingebunden wurde, vorgezogen wurden. In der Baseline stellten sich negative Emotionen wie Verwirrung und Verunsicherung ein. Im expliziten Design hatten die Probanden aufgrund klarer und verständlicher Informationen sowie durch hilfreiche Interaktionen das stärkste Gefühl der Kontrolle. Im impliziten Design gab es durch die metaphorische Einbindung von Informationen und Interaktionen, die zum Kontext des VR-Spiels passten, keine negativen Auswirkungen auf das Gefühl der Präsenz. Außerdem war die spielerische Einbindung bei den Nutzern beliebt. Dennoch zogen die Probanden das Gefühl der Kontrolle über das Erlebnis und die Realität dem Gefühl der Präsenz vor. Zwischen dem Gefühl der Kontrolle und der pragmatischen Qualität der UX konnte darüber hinaus ein Zusammenhang nachgewiesen werden.



# Literaturverzeichnis

- Alaee, G., Deasi, A., Peña-Castillo, L., Brown, E. & Meruvia-Pastor, O. (2018). A User Study on Augmented Virtuality Using Depth Sensing Cameras for Near-Range Awareness in Immersive VR. [https://www.cs.mun.ca/~omeruvia/research/publications/2018\\_0227\\_Ghassem-NRAV-WEVR.pdf](https://www.cs.mun.ca/~omeruvia/research/publications/2018_0227_Ghassem-NRAV-WEVR.pdf). (Zitiert auf S. 34)
- Apple. (2021). Human Interface Guidelines. <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/overview/themes/>. (Zitiert auf S. 19, 45, 66, 70)
- Auda, J., Gruenefeld, U. & Mayer, S. (2020). It Takes Two To Tango: Conflicts Between Users on the Reality-Virtuality Continuum and Their Bystanders, In *XR@ISS*. (Zitiert auf S. 15, 20, 29, 31–33, 36, 39, 69).
- Audi. (2019). holoride: Virtual Reality trifft auf die wahre Welt. <https://www.audi.com/de/experience-audi/mobility-and-trends/digitalization/holoride-virtual-reality-meets-the-real-world.html>. (Zitiert auf S. 15, 23, 24)
- Burmester, M., Laib, M. & Zeiner, K. (2017). Positive Erlebnisse und Wohlbefinden in Arbeitskontexten durch Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion. In M. Brohm-Badry, C. Peifer & J. M. Greve (Hrsg.), *Positiv-Psychologische Forschung im deutschsprachigen Raum - State of the Art*. Pabst Science Publishers, Lengerich. (Zitiert auf S. 18).
- Desmet, P. & Hassenzahl, M. (2012). Towards Happiness: Possibility-Driven Design. In M. Zaccarias & J. V. de Oliveira (Hrsg.), *Human-Computer Interaction: The Agency Perspective* (S. 3–27). Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-25691-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25691-2_1). (Zitiert auf S. 17)
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>. (Zitiert auf S. 19–21, 70)
- Figma. (2021). Figma: the collaborative interface design tool. <https://www.figma.com>. (Zitiert auf S. 52, 53)
- Ganser, K., Kojic, T. & Voigt-Antons, J.-N. (2021). User Experience of Connected Services in Cars. In C. Stephanidis, M. Antona & S. Ntoa (Hrsg.), *HCI International 2021 - Posters* (S. 233–240). Springer International Publishing. (Zitiert auf S. 21).
- George, C., Demmler, M. & Hussmann, H. (2018). Intelligent Interruptions for IVR: Investigating the Interplay between Presence, Workload and Attention. <https://doi.org/10.1145/3170427.3188686>. (Zitiert auf S. 36, 42, 69)
- George, C., Tien, A. & Hussmann, H. (2020). Seamless, Bi-directional Transitions along the Reality-Virtuality Continuum: A Conceptualization and Prototype Exploration. <https://doi.org/10.1109/ISMAR50242.2020.00067>. (Zitiert auf S. 33, 42, 69)

## Literaturverzeichnis

---

- Ghosh, S., Winston, L., Panchal, N., Kimura-Thollander, P., Hotnog, J., Cheong, D., Reyes, G. & Abowd, G. D. (2018). NotifVR: Exploring Interruptions and Notifications in Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(4), 1447–1456. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2793698> (zitiert auf S. 19, 29, 32, 36)
- Guo, J., Weng, D., Zhang, Z., Jiang, H., Liu, Y., Wang, Y. & Duh, H. (2019). Mixed Reality Office System Based on Maslow's Hierarchy of Needs: Towards the Long-Term Immersion in Virtual Environments. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2019.00019>. (Zitiert auf S. 30, 37, 66)
- Hassenzahl, M. & Diefenbach, S. (2012). Well-being, need fulfillment, and Experience Design, In *In Proceedings of the DIS 2012 Workshop on Designing Wellbeing*. (Zitiert auf S. 18, 44).
- Hassenzahl, M. (2008). User Experience (UX): Towards an Experiential Perspective on Product Quality, In *Proceedings of the 20th Conference on l'Interaction Homme-Machine*, Metz, France, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1512714.1512717>. (Zitiert auf S. 17, 67)
- Hassenzahl, M., Diefenbach, S. & Göritz, A. (2011). Needs, affect, and interactive products- Facets of user experience. *Interacting with Computers*, 22, 353–362. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.04.002> (zitiert auf S. 18, 31, 36)
- Hassenzahl, M., Koller, F. & Burmester, M. (2008). Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de, In *Usability Professionals*. (Zitiert auf S. 17, 18).
- Heimonen, T., Hakulinen, J., Turunen, M., Jokinen, J., Keskinen, T. & Raisamo, R. (2013). Designing Gesture-Based Control for Factory Automation. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40480-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40480-1_13). (Zitiert auf S. 45)
- Hock, P., Benedikter, S., Gugenheimer, J. & Rukzio, E. (2017). CarVR: Enabling In-Car Virtual Reality Entertainment, In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Denver, Colorado, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025665>. (Zitiert auf S. 15, 24, 25, 27, 28, 31, 35, 39, 65)
- holoride. (2021). Enter the world of holoride. <https://www.holoride.com/experience>. (Zitiert auf S. 15, 24, 27, 31, 34, 65)
- Hsieh, C.-Y., Chiang, Y.-S., Chiu, H.-Y. & Chang, Y.-J. (2020). Bridging the Virtual and Real Worlds: A Preliminary Study of Messaging Notifications in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 1–14). New York, NY, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376228>. (Zitiert auf S. 30, 36, 42, 45, 67, 70)
- igroup. (2021). igroup presence questionnaire (IPQ). <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>. (Zitiert auf S. 36, 45, 55, 56)
- ISO-9241-210. (2010). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion: Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010)*. DIN Deutsches Institut für Normung. (Zitiert auf S. 17, 39).
- Jokinen, J. (2015). Emotional user experience and feeling of control. <https://doi.org/10.1145/2818187.2818284>. (Zitiert auf S. 19, 37, 39, 66)
- Lee, S. C., Nadri, C., Sanghavi, H. & Jeon, M. (2020). Exploring User Needs and Design Requirements in Fully Automated Vehicles, In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on*

- Human Factors in Computing Systems*, Honolulu, HI, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3334480.3382881>. (Zitiert auf S. 31, 65)
- Li, J., George, C., Ngao, A., Holländer, K., Mayer, S. & Butz, A. (2020). An Exploration of Users' Thoughts on Rear-Seat Productivity in Virtual Reality, In *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, Virtual Event, DC, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3409251.3411732>. (Zitiert auf S. 15, 28, 30, 31, 65, 67)
- Li, J., George, C., Ngao, A., Holländer, K., Mayer, S. & Butz, A. (2021). Rear-Seat Productivity in Virtual Reality: Investigating VR Interaction in the Confined Space of a Car. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5, 15. <https://doi.org/10.3390/mti5040015> (zitiert auf S. 20, 29, 49)
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396. <https://doi.org/10.1037/h0054346> (zitiert auf S. 30)
- McGill, M., Boland, D., Murray-Smith, R. & Brewster, S. (2015). A Dose of Reality: Overcoming Usability Challenges in VR Head-Mounted Displays. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 2143–2152). New York, NY, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702382>. (Zitiert auf S. 15, 20, 28, 29, 32–36, 42, 66, 67)
- McGill, M., Ng, A. & Brewster, S. (2017). I Am The Passenger: How Visual Motion Cues Can Influence Sickness For In-Car VR. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 5655–5668). New York, NY, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026046>. (Zitiert auf S. 27, 28)
- McGill, M., Williamson, J., Ng, A., Pollick, F. & Brewster, S. (2019). Challenges in passenger use of mixed reality headsets in cars and other transportation. *Virtual Reality*, 1–21 (zitiert auf S. 15, 20, 27, 28).
- Mercedes-EQ. (2021a). Der EQS: Design für alle Sinne. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/ko/de/49404229> (zitiert auf S. 21, 23, 31)
- Mercedes-EQ. (2021b). Mercedes-EQ, EQS, Interieur, MBUX Hyperscreen. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/pic/de/49404917>. (Zitiert auf S. 22)
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*, vol. E77-D, no. 12, 1321–1329 (zitiert auf S. 32, 33).
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351. <https://doi.org/10.1117/12.197321> (zitiert auf S. 32)
- Oculus. (2020). Oculus Quest 2 Hand Tracking | Oculus. <https://www.youtube.com/watch?v=uztFcEA6Rf0>. (Zitiert auf S. 35)
- Oculus. (2021a). Oculus Guardian System. <https://developer.oculus.com/documentation/native/pc/dg-guardian-system/>. (Zitiert auf S. 29)
- Oculus. (2021b). What is Passthrough? <https://support.oculus.com/articles/headsets-and-accessories/oculus-rift-s/what-is-passthrough/>. (Zitiert auf S. 33)
- Pfleging, B., Rang, M. & Broy, N. (2016). Investigating User Needs for Non-Driving-Related Activities during Automated Driving, In *Proceedings of the 15th International Conference*

## Literaturverzeichnis

---

- on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, Rovaniemi, Finland, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3012709.3012735>. (Zitiert auf S. 15, 23)
- Pielot, M. & Rello, L. (2017). Productive, Anxious, Lonely: 24 Hours without Push Notifications, In *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, Vienna, Austria, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3098279.3098526>. (Zitiert auf S. 30, 65)
- Renault. (2017). Renault SYMBIOZ Demo car VR - UBISOFT | Groupe Renault. <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/renault-symbioz-demo-car-technologies-for-traveling-well-being/>. (Zitiert auf S. 26)
- Renault & Ubisoft. (2017). Ubisoft in SYMBIOZ Demo Car. <https://en.media.groupe.renault.com/assets/partner-ubisoft-21201349-989c5.html>. (Zitiert auf S. 15, 26)
- Rober, M. B., Cohen, S. I., Kurz, D., Holl, T., Lyon, B. B., Meier, P. G., Riepling, J. M. & Gerhard, H. (2018). Immersive Virtual Displays. *US Patent Application 2018/0089901* (zitiert auf S. 19, 25, 28).
- Rutledge, P. B. (2011). Social Networks: What Maslow Misses. <https://www.psychologytoday.com/intl/blog/positively-media/201111/social-networks-what-maslow-misses-0>. (Zitiert auf S. 30)
- Rzayev, R., Mayer, S., Krauter, C. & Henze, N. (2019). Notification in VR: The Effect of Notification Placement, Task and Environment. <https://doi.org/10.1145/3311350.3347190>. (Zitiert auf S. 29, 36)
- SAE. (2014). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems (J3016 Ground Vehicle Standard). [https://doi.org/10.4271/J3016\\_201401](https://doi.org/10.4271/J3016_201401) (zitiert auf S. 15, 31)
- Schneider, T., Hois, J., Rosenstein, A., Ghellal, S., Theofanou-Fülbier, D. & Gerlicher, A. (2021). ExplAIn Yourself! Transparency for Positive UX in Autonomous Driving. <https://doi.org/10.1145/3411764.3446647>. (Zitiert auf S. 19, 37, 39, 66, 68)
- Schrepp, M., Hinderks, A. & Thomaschewski, J. (2017). Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4, 40–44. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.445> (zitiert auf S. 55, 63)
- Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (2001). The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. *Presence*, 10, 266–281. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603> (zitiert auf S. 21, 29, 36, 68)
- Simeone, A. L., Velloso, E. & Gellersen, H. (2015). Substitutional Reality: Using the Physical Environment to Design Virtual Reality Experiences. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 3307–3316). New York, NY, USA, Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702389>. (Zitiert auf S. 35)
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6, 603–616 (zitiert auf S. 20, 21, 25).

- Steinicke, F., Bruder, G., Rothaus, K. & Hinrichs, K. (2009). Poster: A virtual body for augmented virtuality by chroma-keying of egocentric videos. <https://doi.org/10.1109/3DUI.2009.4811218>. (Zitiert auf S. 35)
- Support, V. C. (2021). Seeing real surroundings. <https://www.vive.com/us/support/cosmos/category/howto/seeing-real-surroundings.html>. (Zitiert auf S. 33)
- Tesla. (2021). Tesla Model S. [https://www.tesla.com/de\\_de/models](https://www.tesla.com/de_de/models). (Zitiert auf S. 22, 23)
- Tomschitz, D., Schwarzenberger, C., Arz, S. & Englert, D. (2020). VR Space Invaders 3D. [https://www.hdm-stuttgart.de/stage/projekt\\_detail/projekt\\_details?projekt\\_ID=3472](https://www.hdm-stuttgart.de/stage/projekt_detail/projekt_details?projekt_ID=3472). (Zitiert auf S. 47, 48)
- Tullis, T. & Albert, W. (2008). *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics: Second Edition*. (Zitiert auf S. 54).
- Viita, D. & Schreiner, C. (2018). Android Auto and CarPlay Reamin Popular Among Owners. *Automotive Consumer Insights (ACI)*, 21 (zitiert auf S. 31).
- Williamson, J., McGill, M. & Outram, K. (2019). PlaneVR: Social Acceptability of Virtual Reality for Aeroplane Passengers. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300310>. (Zitiert auf S. 33)
- Zimmermann, G. & Vanderheiden, G. (2008). Accessible design and testing in the application development process: Considerations for an integrated approach. *Universal Access in the Information Society*, 7, 117–128. <https://doi.org/10.1007/s10209-007-0108-6> (zitiert auf S. 40)

Alle URLs wurden zuletzt am 20.08.2021 geprüft.



## **Erklärung**

Hiermit versichere ich, Christof Schwarzenberger, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Transitioning - From Reality to Virtuality and Back Again“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden. Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 24 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester), § 23 Abs. 2 Master-SPO (3 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, 23.08.2021 C.Schwarzenberger

Ort, Datum, Unterschrift