



*Virtuelle Realität und Displays im Vergleich:*  
Inwiefern entstehen Immersion und Präsenz in  
PKW-Simulatoren?

25.03.2024

Vorgelegt bei:

**Prof. Dr. Monika Taddicken  
und Jasmin Kathöfer**

Bachelorarbeit

WiSe 2023/24

Vorgelegt von: **Gina Bonita Ebers**

Medienwissenschaften (HF),

Visuelle Kommunikation (NF)

Fachsemester: 11

Matrikel-Nr.: 72448

E-Mail: [g.ebers@hbk-bs.de](mailto:g.ebers@hbk-bs.de)

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung meiner Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Großen Dank für die Betreuung dieser Arbeit möchte ich an Dr. Esther Greussing seitens der Technischen Universität Braunschweig und an Michaela Rehm seitens des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt richten. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank geht zudem an das Institut für Verkehrssystemtechnik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig. Durch interessante Gespräche zur Anregung des Forschungsthemas möchte ich allen Beteiligten danken. Darüber hinaus möchte ich großen Dank für die Möglichkeit, die Simulatoren und die Technik des MoSAIC Labors für meine Bachelorarbeit verwenden zu können, aussprechen.

Vielen Dank an all die Versuchspersonen, welche die Erhebung der Daten möglich gemacht haben.

Abschließend möchte ich mich bei meinem sozialen Umfeld, meinem Partner und meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung möglich gemacht haben und immer für mich da waren.

Gina Bonita Ebers

Braunschweig, 25.03.2024

## Abstract

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Verständnis der Konzepte Immersion und Präsenz, sowie der Ausgabegeräte Desktop Display und Head-Mounted-Display zur Verwendung in PKW-Simulatoren zu erweitern. Diesbezüglich wurde untersucht, inwiefern Immersion und Präsenz im PKW-Simulator entstehen und unter der Verwendung welches Ausgabegerätes diese stärker empfunden werden. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen Simulatorkrankheit, der Verwendung der Ausgabegeräte und der Entstehung von Immersion und Präsenz untersucht. Die grundlegenden Konzepte wurden erläutert und anschließend die Forschungsfragen anhand eines quantitativen Laborexperimentes ( $n = 33$ ) mittels eines Within-Subject Designs überprüft. Es wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen immersiven Tendenzen, der Vorerfahrung oder der Wahl des Ausgabegerätes und dem Empfinden von Immersion und Präsenz festgestellt. Auch die Wahl des Ausgabegeräts hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Simulatorkrankheit. Allerdings wurde eine statistisch signifikante negative Korrelation zwischen den Symptomen der Simulatorkrankheit und dem Empfinden von Immersion und Präsenz nachgewiesen, was darauf hindeutet, dass stärkere Symptome das Empfinden von Immersion und Präsenz mindern.

The aim of this study is to expand the understanding of the concepts of immersion and presence as well as the output devices desktop display and head-mounted-display for use in driving simulators. In this regard, it was investigated to what extent immersion and presence arise in the driving simulator and which output device is used to increase their perception. The connection between simulator sickness, the use of output devices and the development of immersion and presence was then analysed. The basic concepts were explained and then the research questions were tested in a quantitative laboratory experiment ( $n = 33$ ) using a within-subject design. No significant correlation was found between immersive tendencies, previous experience or the choice of output device and the perception of immersion and presence. The choice of output device also had no significant influence on simulator sickness. However, a statistically significant negative correlation was found between the symptoms of simulator sickness and the perception of immersion and presence, suggesting that stronger symptoms reduce the perception of immersion and presence.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	
Abkürzungsverzeichnis .....	
1 Thematische Einführung .....	1
2 Virtuelle Realität.....	5
2.1 Technologien der Virtuellen Realität .....	5
2.1.1 Head-Mounted-Displays .....	7
2.2 Verständnis von Virtual Reality: Konzepte und Definitionen.....	8
2.3 Immersion.....	10
2.4 Präsenz .....	13
3 Simulatorkrankheit .....	17
4 Zusammenfassung und Ableitung der Hypothesen.....	20
5 Methodische Umsetzung .....	25
5.1 Erhebungsinstrument und Untersuchungsdesign.....	25
5.2 Operationalisierung der unabhängigen Variablen .....	26
5.2.1 Beschreibung des technischen Equipments .....	27
5.2.2 Beschreibung des Stimulus-Materials.....	29
5.3 Operationalisierung der abhängigen Variablen und Fragebogenkonstruktion	30
5.4 Stichprobe .....	32
5.5 Durchführung.....	33
6 Ergebnisse.....	35
7 Diskussion der Ergebnisse .....	41
7.1 Methodische Schwächen .....	42
8 Fazit.....	44
9 Literaturverzeichnis.....	46
10 Anhang .....	56
11 Eidesstattliche Erklärung .....	77

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Tabelle 1: Randomisierung der Reihenfolge der Simulatorfahrt mit Desktop Displays und HMD .....	26
Abbildung 2: Versuchsaufbau – PKW-Simulator .....	27
Abbildung 3: Simulationsumgebung.....	29
Abbildung 4: Beschreibung der Variablen .....	35

## Abkürzungsverzeichnis

AV	abhängige Variable
CAVE	Cave Automatic Virtual Environments
ebd.	Ebenda
et al.	„et alii“, und andere
F	Forschungsfrage
H	Hypothese
HMD	Head-Mounted-Display
MoSAIC	modular and scalable application platform for ITS components
n	Umfang der Stichprobe
p	p-Wert, Signifikanzniveau
PKW	Personenkraftwagen
s.	siehe
S.	Seite
SPoRe	Speed Perception of Road Users
t	T-Wert
UV	Unabhängige Variable
vgl.	vergleiche
VR	Virtuelle Realität

# 1 Thematische Einführung

Von der Realität abgeschottet sein, in eine virtuelle Umgebung eintauchen und an einen anderen Ort transportiert werden. Dieses Erlebnis wird durch die Technik der Virtuellen Realität (VR) ermöglicht. Wurden vor einigen Jahren im Privatgebrauch und in der Forschung noch Desktop Displays als primäres Ausgabemedium für digitale Inhalte verwendet (Ardito et al. 2015; Belz, Robinson & Casali 1999; Brouwer et al. 1991; Mollu et al. 2018), sind mittlerweile Technologien der Virtuellen Realität wie beispielsweise Head-Mounted-Displays (HMD) im Einsatz (Jensen & Konradsen 2018; Jeschke 2014; Knoll & Stieglitz 2022; Xu, Mangina & Campbell 2021). Die Vorstellung des HMDs von Oculus Rift im Jahr 2013, gefolgt von seiner Version für KonsumentInnen im Jahr 2016, hat die Weiterentwicklung zahlreicher anderer HMDs vorangetrieben (Dörner et al. 2019: 28). Durch den technologischen Fortschritt sind die Geräte jetzt für die breite Anwendung verfügbar und die Produktionskosten sind gesunken (Grassini, Laumann & Luzi 2021). Auch die Covid-19 Pandemie und die daraus entstandenen Regelungen zum ‚Social Distancing‘ haben die Erkundung von VR als Alternative für Face-to-Face-Kommunikation vorangetrieben (Dzardanova et al. 2022: 737). Jedoch auch über die Face-to-Face-Kommunikation hinaus wird moderne Kommunikation häufig durch Technik vermittelt (Smith & Neff: 1). Dabei zählt die Virtuelle Realität zur Computer-vermittelten Kommunikation (Dzardanova et al. 2022: 754). Sie ist vielversprechend für ein besseres Verständnis der Kommunikation und insbesondere für die Bewertung der relativen Bedeutung der verschiedenen Informationskanäle (Dodds, Mohler & Bühlhoff 2011: 7). Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten umfassen unter anderem Bereiche wie Bildung, Medizin und Unterhaltung (Cai, van Joolingen & Walker 2019: 47; Chen & Fragomeni 2022: 212; Concannon, Esmail & Roduta Roberts 2019: 2; Heesen 2016: 274; Jeschke 2014: 8; Srivastava et al. 2019: 11). Darüber hinaus gibt es Anwendungen am Arbeitsplatz, für das Gesundheitswesen und Wohlbefinden (Voinescu, Petrini & Stanton Fraser 2023: 1967).

Jedoch werden Technologien der Virtuellen Realität darüber hinaus zunehmend als Werkzeug in der Wissenschaft verwendet (Grassini, Laumann & Luzi 2021). VR bietet durch die Simulation unterschiedlichster Szenarien einzigartige Möglichkeiten für die Forschung. Hierbei kommen verschiedene Arten von Simulatoren zum Einsatz. Die Verwendung von Simulatoren ermöglicht es Forschungsfragen zu untersuchen, in denen es zu teuer, gefährlich oder ethisch nicht vertretbar ist Realversuche durchzuführen (ebd.; Malone & Brünken 2021: 2). Simulatoren bieten eine sichere Umgebung, in der Risikosituationen und menschliches Verhalten unter kontrollierten und replizierbaren

Bedingungen erforscht werden können (Keshavarz et al. 2018: 48; Malone & Brünken 2021). Eine spezielle Art der Simulatoren, die in verschiedensten Forschungsbereichen verwendet wird, sind Fahrsimulatoren (Grasso & Tagliabue 2022; Parker et al. 2022; Srinivasan et al. 2023; Wang et al. 2023). Diese ermöglichen es, das Verhalten von Fahrenden unter verschiedenen Bedingungen und in unterschiedlichen Szenarien zu untersuchen. Hierbei können Faktoren wie Müdigkeit, Alkoholkonsum, Interaktion mit autonomen Fahrzeugen und weiteres erforscht werden (Almallah et al. 2021: 180; Lucas et al. 2020: 15). Eine Voraussetzung für die Durchführung von Forschungsarbeiten mit Fahrsimulatoren ist die Fahrsimulatorvalidität: Das Ausmaß, in dem ein Fahrsimulator in der Lage ist, die reale Welt widerzuspiegeln (Himmels et al., 2022: 53). Um die Ergebnisse der Simulatorforschung richtig interpretieren zu können und die Simulation so effektiv wie möglich einzusetzen, werden auch ihre technischen Bestandteile (Cyriel Diels & Andrew M Parkes 2009; Kemeny & Panerai 2003; Merat & Jamson, 2011) und ihre Auswirkungen auf den Menschen untersucht (Cummings & Bailenson 2016; Dzardanova et al. 2022; Klimmt, Hartmann & Vorderer 2005; Pallavicini & Pepe, 2019; Schweiger & Fahr 2013; Slater & Wilbur 1997; Steuer, Biocca & Levy 1995; Witmer & Singer 1998). Bei der Verwendung der einzelnen Ausgabegeräte in der Simulatorforschung kommen die Konzepte Immersion und Präsenz ins Spiel, die gemeinsam physische und psychische Prozesse bei der Medienrezeption erklären und einen Beitrag zu dem natürlichen Verhalten im Simulator leisten (Cyriel Diels & Andrew M Parkes 2009: 55; Malone & Brünken 2021: 2; Slater et al., 1996: 166).

Diese Konzepte sind eng mit dem Verständnis von Virtueller Realität verbunden. Die Definition von VR umfasst häufig eine Reihe von technischen Hilfsmitteln wie Computer, Head-Mounted-Displays und Sensoren, die tatsächliche Körperbewegungen erfassen und in die virtuelle Welt übertragen (Steuer, Biocca & Levy 1995: 4). Ein wichtiger Aspekt um Virtuelle Realität über den technischen Blickwinkel hinaus zu betrachten ist das Konzept von Präsenz (ebd.: 5). Präsenz ist ein Bewusstseinszustand und beschreibt das (psychologische) Gefühl, in einer virtuellen Umgebung anwesend zu sein (Slater & Wilbur 1997: 4). „Ein wesentliches Potential von VR als Mensch-Maschine-Schnittstelle liegt in der Möglichkeit, dem Nutzer die Illusion der Anwesenheit in der dargestellten Virtuellen Welt zu suggerieren“ (Dörner & Steinicke 2019: 43). Das subjektive Erlebnis im Fahrsimulator kann durch einen hohen Grad an Präsenz verbessert werden (Himmels et al., 2022: 56). Präsenzepfinden ist zudem wichtig für die Forschung an Simulatoren, da sich durch einen hohen Grad von Präsenz das Verhalten der RezipientInnen in der Simulation eher dem Verhalten in der Realität entspricht (Slater et al., 1996: 166). Neben dem Präsenzepfinden verfolgt auch die Immersion in eine virtuelle Umgebung das Ziel,

realistischere psychologische Reaktionen hervorzurufen (Srivastava et al. 2019: 3). Die Virtuelle Realität ist eine immersive Erfahrung, welche die RezipientInnen in eine künstliche Welt eintauchen lässt. Hierbei beschreibt Immersion zum einen eine Art von Technologie und das Ausmaß, in dem die Computerbildschirme in der Lage sind, den Sinnen menschlicher TeilnehmerInnen eine umfassende, weitreichende und lebhaft Illusion der Realität zu vermitteln (Slater & Wilbur 1997: 3). Immersion wird zum anderen als psychologischer Zustand bezeichnet, der beschreibt, dass eine Person sich von einer Umgebung umgeben und einbezogen fühlt und mit ihr interagieren kann (Witmer & Singer 1998: 227). Srivastava et al. (2019: 2) bezeichnen Immersion als eine der wichtigsten Technologie- und Designfaktoren für VR.

Immersion und Präsenz sind jedoch nicht nur beim Einsatz von VR-Technologien relevant. Auch bei der Verwendung von Desktop Displays, die ebenfalls in Fahrsimulatoren eingesetzt werden (Akerstedt et al. 2005), können Immersion und Präsenz entstehen (Agréval et al. 2019: 5; Steuer, Biocca & Levy 1995: 8). Nach Srivastava et al. (2019: 3) ermöglicht die Nutzung von HMDs einen höheren Grad an Immersion als die Nutzung von Desktop Displays. Dies wird damit begründet, dass mehr Sinne in die Rezeption der virtuellen Umgebung involviert sind, aber auch, weil ein HMD-System potenziell stärker von Außenreizen abschottet, z. B. dadurch, dass die reale Umgebung durch ein HMD nicht gesehen werden kann (ebd.). Die Tatsache, dass eine virtuelle Umgebung die RezipientInnen durch die Verwendung eines HMDs tatsächlich umgibt, erweist sich als wichtiger Faktor für die Entstehung von Präsenzgefühl (Steuer, Biocca & Levy 1995: 6). Auch wenn HMDs theoretisch das Potential haben, Immersion und Präsenzgefühl stärker als Displays zu erzeugen, muss geprüft werden, ob dies in der Praxis auch zutrifft. Denn bestimmte Störfaktoren und Eigenschaften der jeweiligen Geräte wie Bildwiederholrate, Field of View (FOV) und andere Faktoren können Einfluss nehmen (Barfield & Hendrix 1995: 4; Rebelo et al. 2012: 969).

Obwohl die Verwendung von VR-Technologien einige Vorteile bieten, gibt es auch Schwachstellen (Parsons 2015: 7). Besonders hervorgehoben wird hierbei die Simulatorkrankheit (Keshavarz et al. 2018: 48). Diese bezeichnet das Empfinden von körperlichen Symptomen wie beispielsweise Übelkeit und Schwindel und kann bei der Verwendung von immersiven VR-Technologien entstehen (Duzmańska, Strojny & Strojny 2018: 11; LaViola Jr 2000: 47). Nach Witmer und Singer (1998: 226) beeinflusst, wie stark die NutzerInnen ihre Aufmerksamkeit auf die virtuelle Umgebung richten, inwieweit sie sich auf diese Umgebung einlassen und wie viel Präsenz sie verspüren. Die bei der Simulatorkrankheit empfundenen Symptome lenken die Aufmerksamkeit der

RezipientInnen auf ihren eigenen Körper (Witmer & Singer 1998: 237). Nach Roe, Brown und Watson (2007) besteht ein Bedarf an einem Verständnis der Simulatorkrankheit, um die Wirksamkeit des Simulators zu maximieren. Es wurde verdeutlicht, dass die Verbesserung der VR-Technologien, wie beispielsweise geringere Latenz oder Gewicht der HMDs, die Relevanz von Simulatorkrankheit und Präsenzepfinden in Bezug auf HMD-Systeme erhöht (Kim, Lee & Bovik 2020: 569).

Somit ist es wichtig, den Effekt der Simulatorkrankheit im Kontext von Immersion und Präsenz ebenfalls zu untersuchen. Im Kontext der Fahrsimulation ist das Konzept Präsenz besonders relevant, da es dazu beiträgt, dass die TeilnehmerInnen so natürlich wie möglich im Simulator fahren (Cyriel Diels & Andrew M Parkes 2009: 55). Studien haben sich mit den Unterschieden zwischen HMDs und Desktop Displays in Bezug auf Präsenzepfinden und der Immersion in virtuellen Umgebungen befasst (Shu et al. 2018: 438). Viele der veröffentlichten Artikel, welche die Themen wie Präsenz und Immersion thematisieren, haben jedoch veraltete VR-Technologien verwendet, welche sich von den heute weit verbreiteten HMDs unterscheiden. Aus diesem Grund müssen deren Ergebnisse und Theorien überprüft werden (Grassini, Laumann & Luzi 2021). Steuer, Biocca und Levy (1995: 21) betonen, dass KommunikationsforscherInnen die Verantwortung haben, proaktiv zu reagieren, indem sie ihr Wissen über Menschen und Medien nutzen, um die mit diesen Entwicklungen verbundenen Konzepte zu untersuchen, Vorhersagen über ihre möglichen Auswirkungen zu treffen und sich an der Gestaltung und Implementierung neuer Mediensysteme zu beteiligen. Es wurde zudem angemerkt, dass die Unterschiede im Präsenzerleben und der Immersion, welche durch verschiedene VR-Technologien hervorgerufen werden, weitere Forschung erfordern (Shu et al. 2018: 438). Auch laut Himmels et al. (2022: 53) wurden die Faktoren, welche die Wahrnehmung der Präsenz in Fahrsimulatoren beeinflussen, bisher nicht ausreichend untersucht.

Für die vorliegende Arbeit ergeben sich daraus drei Forschungsfragen.

*F1: Inwiefern entstehen Immersion und Präsenz bei der Nutzung von der VR Technologie HMD im Vergleich zu Desktop Displays?*

*F2: Bei welchem der beiden Ausgabegeräte wird ein höherer Grad an Immersion und Präsenz empfunden?*

*F3: Wie beeinflusst die Simulatorkrankheit das Entstehen von Immersion und Präsenz?*

Zur Beantwortung dieser Fragen werden zunächst der theoretische Hintergrund und der Forschungsstand zu den relevanten Themen und Technologien aufgearbeitet. Dabei wird näher auf die Definition von Virtueller Realität eingegangen sowie die Begriffe Immersion und Präsenz beschrieben. Die Hintergründe der Simulatorkrankheit werden ebenfalls thematisiert. Darauf basierend werden die Hypothesen in Bezug auf Desktop Displays und HMDs abgeleitet.

Im Anschluss wird in einem quantitativen Laborexperiment die Entstehung von Immersion und Präsenzepfinden im direkten Vergleich eines mit Desktop Displays ausgestatteten Fahrsimulators und eines mit HMD ausgestatteten Fahrsimulators untersucht. Die Arbeit schließt mit der Einordnung in den aktuellen Forschungskontext, einer kritischen Auseinandersetzung der Limitationen und einem Ausblick für weiterführende Forschung ab.

## **2 Virtuelle Realität**

Virtuelle Realität zu verstehen ist grundlegend für die Erklärung der damit verbundenen Konzepte wie Immersion und Präsenz. Um ein Verständnis für die Virtuelle Realität aufzubauen, wird der Begriff zunächst über eine technologiebasierte Sichtweise angenähert. Anschließend werden weitere Definitionen und Konzepte erklärt, welche sich auf die menschliche Wahrnehmung und Wirkungsweisen von VR beziehen. Hierbei werden insbesondere die eben genannten Konzepte näher betrachtet.

### **2.1 Technologien der Virtuellen Realität**

Virtuelle Realität wird mittels verschiedener technologischer Mittel umgesetzt. Systeme der VR ermöglichen es sichere, jedoch realistische Forschungsumgebungen zu schaffen (Savickaite, McDonnell & Simmons 2022: 3). Ein Verständnis von VR ist ohne Kenntnisse der Technologien, die in den Bereich der immersiven Technologie fallen, nicht möglich (Abbas et al. 2023: 2). Die technologiebasierte Sichtweise beschreibt, dass das wichtigste Merkmal zur Erkennung eines VR-Systems das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der erforderlichen Hardware ist (Steuer, Biocca & Levy 1995: 4).

Grundlegend für die Erzeugung einer virtuellen Umgebung ist der Computer, welcher die Inhalte in Echtzeit generiert (Abbas et al. 2023: 4). Jedoch ist die Verwendung eines Computers nicht die einzige Technik, welche mit der Virtuellen Realität in Verbindung gebracht wird. Brooks (1999: 16) stellt vier Technologien heraus, welche definierend für die Virtuelle Realität betrachtet werden: Diese sind zum einen visuelle Displays, welche

die NutzerInnen in die virtuelle Umgebung eintauchen lassen, indem sie widersprüchliche Sinneseindrücke aus der echten Welt ausblenden. Zum anderen nennt Brooks (1999: 16) das Grafik-Rendering-System, welches sich verändernde Bilder erzeugt und das Tracking-System, das kontinuierlich die Position und die Orientierung des Kopfes und potentiell anderer Gliedmaßen erfasst. Schließlich wird noch auf das System zur Erstellung und Pflege von Daten, das detaillierte und realistische Modelle der virtuellen Welt erschafft, eingegangen. Beispiele für Systeme, über welche die virtuelle Welt vermittelt werden kann, sind Head-Mounted-Displays, Cave Automatic Virtual Environments (CAVE), passive und aktive Stereosysteme mit magnetischer oder infraroter Abtastung und horizontal gekrümmte Bildschirme (manchmal auch als "Reality Theatre" bezeichnet) (Sharples et al. 2008: 59). Ein CAVE besteht aus einem Raum, in dem die virtuelle Umgebung auf die Wände und bei Bedarf auch auf den Boden und die Decke projiziert werden kann (Rebelo et al. 2012: 969). Optional kann eine CAVE auch stereoskopisch dargestellt werden (Dużmańska, Strojny & Strojny 2018: 2). Die hauptsächlichen Argumente, die gegen eine CAVE sprechen, sind die hohen Kosten für die Ausrüstung und der limitierte Platz, der für das Begehen des Raums zur Verfügung steht. Manche AutorInnen nutzen jedoch auch die Verwendung eines HMDs, um die Virtuelle Realität zu definieren. Nach Gutierrez, Vexo und Thalmann (2008: 1) sind dessen Eigenschaften in Echtzeit generierte Inhalte, ein stereoskopisches Display, um die Illusion von 3D zu erzeugen und ein Tracking-System, um die Kopf- und Handbewegung zu erfassen. Tracking-Systeme sind mit Sensoren ausgestattete Komponenten, welche reale Bewegungen aufzeichnen und auf die Virtuelle Realität übertragen (Barfield & Hendrix 1995: 14). Das Tracking kann beispielsweise durch ein HMD, Controller in den Händen der NutzerInnen oder auch Ganzkörperanzüge stattfinden (Rebelo et al. 2012: 969). Diese Geräte verfügen zum Teil über Elemente, welche durch Vibration den haptischen Sinn ansprechen, indem sie Berührungen oder Kollisionen in der virtuellen Umgebung nachstellen (ebd.). Langer (2020: 21) fasst zusammen, dass für eine Simulation in der Virtuellen Realität Systeme eingesetzt werden, welche aus einer Kombination von Computerhardware, Software, Sensoren und Displays bestehen. Head-Mounted-Displays sind ein häufig verwendetes VR-System (Dörner et al. 2019: 13). Aufgrund der im Vergleich mit anderen der aufgeführten Technologien geringen Kosten und der vielfachen Verwendung in der Forschung, wurde für die vorliegende Untersuchung ebenfalls ein HMD ausgewählt.

### 2.1.1 Head-Mounted-Displays

Ursprünglich wurden Head-Mounted-Displays als Helmed-Mounted-Displays bezeichnet, denn HMDs sind elektronische Geräte, welche am Kopf der NutzerInnen angebracht werden (Barfield & Hendrix 1995: 4). Umgangssprachlich werden HMDs auch als VR-Brillen bezeichnet. Das erste Modell wurde 1968 konzipiert, woraufhin sich die Entwicklung dieser Systeme bis in die Gegenwart erstreckt (Robinett & Rolland 1992). Bei den ersten Systemen handelte es sich um sperrige HMD-Helme, die den gesamten Kopf und das Gesicht der NutzerInnen umschlossen und mehrere Pfunde wogen (Parsons 2015: 7). Hierbei traten unter anderem technische Probleme auf, was zu ungenauen und mangelhaften Darstellungen der virtuellen Umgebung führte (Robinett & Rolland 1992). 2012 startete Palmer Luckey eine Kampagne auf der Crowdfunding Plattform "Kickstarter", um die „Oculus Rift“ zu finanzieren. Das Ziel war ein bezahlbares HMD, mit dem Anspruch, Virtuelle Realität angemessen abbilden zu können (Concannon, Esmail & Roduta Roberts 2019). Das Aufkommen kostengünstiger Head-Mounted-Displays begünstigte das Entstehen einer neuen Branche und in den darauf folgenden Jahren hat sich die VR zu einem Gebiet entwickelt, das derzeit die relevanten Märkte dominiert (Dzardanova et al. 2022: 737). Durch verringertes Gewicht neuer Modelle wurden HMDs mobiler, denn es wurden alleinstehende Modelle entwickelt, welche nicht an einen externen Computer angeschlossen werden müssen. (Grassini, Laumann & Luzi 2021).

Manetta und Blade (1995: 37) definieren HMDs in einem Glossar als eine Brille oder einen Helm mit winzigen Monitoren vor jedem Auge. Diese erzeugen Bilder, welche die NutzerInnen als dreidimensional wahrnehmen und die Kombination mit einem Head-Tracker gestattet, dass die angezeigten Bilder sich ändern, wenn sich der Kopf bewegt. Über dieses Head-Tracking ermöglichen es HMDs, die Kopfbewegung der RezipientInnen zu erfassen und in die Virtuelle Realität zu übertragen (Barfield & Hendrix 1995: 14). Somit lässt sich das Sichtfeld durch den Input des Körpers verändern und simuliert das Umsehen und Bewegen in der realen Welt (Robinett & Rolland 1992: 46; Takashi Shibata 2002). Den richtigen Blickwinkel auf die Welt zu zeigen, ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Wahrnehmung in realen und virtuellen Umgebungen (Barfield & Hendrix 1995: 14). Das HMD verdeckt die Augen der RezipientInnen und fokussiert somit die Sicht auf die virtuelle Umgebung (M. S. Elbamby et al. 2018). Ist das HMD ordnungsgemäß auf dem Kopf angebracht, werden jegliche visuellen Reize aus der Realität abgeschottet (Zocco et al. 2022: 452). Für interaktive virtuelle Erfahrungen kommen vermehrt HMDs zum Einsatz, welche über zwei Bildschirme den Inhalt

ausgeben und somit eine stereoskopische Sicht ermöglichen (Robinett & Rolland 1992: 48). Die Darstellung der Virtuellen Realität wird hierbei auf zwei Bilder aus leicht versetzten Perspektiven (entsprechend dem Augenabstand) dargestellt werden (Takashi Shibata 2002). Die Erzeugung korrekter stereoskopischer Bilder wird jedoch als schwierige Aufgabe bezeichnet, da bei der Berechnung viele Fehlerquellen auftreten können, die kompensiert werden müssen (Robinett & Rolland 1992: 47).

Die hauptsächlichen Nachteile dieser Geräte sind das begrenzte Sichtfeld, die geringe Bildauflösung und das Gewicht einiger HMDs, das für die RezipientInnen unangenehm und aufdringlich sein kann (Rebelo et al. 2012: 969). Da sich HMDs jedoch von Modell zu Modell in diesen Merkmalen unterscheiden, kann diese Aussage nicht generalisiert werden.

## 2.2 Verständnis von Virtual Reality: Konzepte und Definitionen

Eine hardwarebasierte Definition liefert ein Verständnis über die technische Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, bietet jedoch keine klare konzeptionelle Analyseeinheit für die Virtuelle Realität und ein Mangel an theoretischen Definitionen (Steuer, Biocca & Levy 1995: 4). Virtuelle Realität wird im wissenschaftlichen Kontext nicht nur aus Sicht der Technik, sondern aus verschiedenen Richtungen betrachtet. Techniken und Geräte der Mensch-Computer-Interaktion sind Mittel eines Kommunikationsprozesses, denn sie stellen den bidirektionalen Kanal von einer Informationsquelle zu einem Informationsziel dar. Dies kann eine andere Person oder ein Computerprogramm sein (Barricelli et al. 2016: 879; Marini et al. 2012: 236). Marini et al. (2012: 233) definieren immersive Virtuelle Realität als einen Kommunikationsprozess zwischen Menschen, der über Computersysteme stattfindet. Hierbei werden Interaktion, Visualisierung und andere sensorische Stimuli verwendet, um verschiedene Informationen zu vermitteln. Über die Virtuelle Realität lässt sich der Face-To-Face-Kontakt nachstellen, indem verbale Kommunikation, Gestik und Mimik einbezogen werden. Diese werden auf einen virtuellen Avatar übertragen und finden beispielsweise in einer Anwendung mit mehreren Personen statt (ebd.: 239). Doch auch außerhalb der Darstellung von Face-to-Face-Kommunikation ist VR ein kommunikatives Medium.

Das Ziel von Virtueller Realität kann als Werkzeug für die Erschaffung von Mensch-Maschine-Schnittstellen verstanden werden (Dörner et al. 2019: 16). Diese ermöglichen „[...] im Vergleich zu traditionellen Benutzungsschnittstellen ein besonders natürliches oder intuitives Interagieren mit der dreidimensional simulierten Umgebung [...]“ (ebd.). VR beschäftigt sich demnach damit, die Realität zu simulieren (vgl. Gutierrez, Vexo &

Thalmann 2008: 2). Denn mit Virtueller Realität wird eine simulierte Erfahrung beschrieben, die zu 100 % virtuell ist (M. S. Elbamy et al. 2018: 78). Es gibt keine realen Objekte, sondern nur Repräsentationen, die ein virtuelles Objekt darstellen (Barricelli et al. 2016: 881). Bülthoff und van Veen (2001: 234) stellen heraus, dass die Virtuelle Realität die Illusion erzeugt, eine physische Umgebung wahrzunehmen, ohne tatsächlich da zu sein. Diese Wahrnehmung kann in der VR durch eine Kombination verschiedener Sinneseindrücke stattfinden. Hierbei ist besonders der visuelle Sinn von Relevanz (Barrett et al. 2022: 3; Barricelli et al. 2016: 882, 2016: 879; Marini et al. 2012: 235). Zusätzlich können in eine Erfahrung in der Virtuellen Realität auch weitere Sinne, wie der Hörsinn (Zhang 2014: 2427) und der haptische Sinn (Gutierrez, Vexo & Thalmann 2008: 2) mit einbezogen werden. Aufgrund der Komplexität der Einbindung von Geschmack und Geruch in virtuelle Welten werden diese nur selten gezielt einbezogen (ebd.).

Die Möglichkeit zu interagieren, erlaubt Kommunikation (Marini et al. 2012: 238). Steuer, Biocca und Levy (1995) nutzen Interaktivität als eine Klassifizierung von Kommunikationsmedien:

*“Interactivity is defined as the extent to which users can participate in modifying the form and content of a mediated environment in real time” (ebd.: 14)*

Interaktion wird ebenfalls als zentraler Aspekt der Virtuellen Realität herausgestellt (Barricelli et al. 2016: 880; Zhang 2014: 2428). Das Interagieren in VR basiert darauf, dass künstliche Stimuli akzeptiert werden (Zhang 2014: 2427). Abbas et al. (2023: 7) beschreiben Virtuelle Realität als eine dreidimensionale, computergenerierte und simulierte Umgebung, welche versucht, reale oder imaginäre Welten und Interaktionen zu replizieren. Diese Welten sind als dreidimensionale Umgebungen umgesetzt, welche reale Erfahrungen nachbilden und in denen RezipientInnen mit ihrem Körper zu großen Teilen so interagieren können, als wären sie in der realen Welt (Alcañiz Raya et al. 2020: 4–5). Die Virtuelle Realität ist dynamisch, denn sie verändert sich durch interne Modelle und BenutzerInneninteraktionen (Marini et al. 2012: 238). Diese Interaktion findet in Echtzeit statt (Zhang 2014: 2428). Aufgrund von Interaktion werden die NutzerInnen von Virtueller Realität zu Akteuren der Simulation, die eine Rolle spielen, die ihnen von der Person zugewiesen wird, welche die virtuelle Umgebung entwickelt hat (Barricelli et al. 2016: 889). Bei der Interaktion sind der eigene Körper, die Umgebung und das Gehirn eng miteinander verbunden (Alcañiz Raya et al. 2020: 4). Für die Orientierung und das Verhalten in einer virtuellen Umgebung sind verschiedene Prozesse notwendig. Die für die Wahrnehmung und das Verhalten relevante Umwelt erschließt sich den

RezipientInnen durch künstlich hergestellte Reiz-Reaktions-Beziehungen (Bülthoff, Foese-Mallot & Mallot 1997: 243). Die Interaktion in der virtuellen Umgebung spiegelt hierbei erlernte Interaktionen aus der Realität wider, denn Menschen wissen aus alltäglichen Erfahrungen, wie sie den eigenen Körper verwenden können, um Objekte zu manipulieren und haben daraus entstandene Erwartungen, wie sich Objekte verhalten (Dörner et al. 2019: 16).

Unter Virtueller Realität kann jede Erfahrung verstanden werden, in der die NutzerInnen in eine reaktionsfähige virtuelle Welt eintauchen (Brooks 1999: 16). Spezifische Merkmale der Virtuellen Realität sind die Immersion und Präsenz und die damit verbundene Wahrnehmung der RezipientInnen (Langer 2020: 43). Die Personen, welche in die virtuelle Umgebung eintauchen, beginnen an eine andere Wahrnehmung und eine andere Realität zu glauben, welche nicht zwangsläufig der realen Welt ähnelt (Marini et al. 2012: 238). Dieses Eintauchen wird als Immersion bezeichnet.

Unter Betrachtung der technischen und wahrnehmungsbezogenen Einordnungen der Virtuellen Realität wird diese im Rahmen der vorliegenden Arbeit wie durch Langer (2020: 20) definiert:

*„Zusammengefasst ist VR ein immersives, multisensorisches und nutzerzentriertes Erlebnis in einer dreidimensionalen computergenerierten Umgebung, die sich aus einer Kombination mehrerer Technologien zusammensetzt und in der der Nutzer in Echtzeit interagiert.“* (ebd.)

## 2.3 Immersion

Simulatorbasierte Erfahrungen haben die Fähigkeit gemeinsam, Immersion zu erzeugen. Hierbei ist das Eintauchen in Wasser als eine Metapher für die Immersion anzusehen:

*“We seek the same feeling from a psychologically immersive experience that we do from a plunge in the ocean or swimming pool: the sensation of being surrounded by a completely other reality, as different as water is from air, that takes over all of our attention, our whole perceptual apparatus.”* (Murray 1998: 99)

Nach Szabo und Gilanyi (2020: 371) ist Immersion jedoch kein neues Konstrukt, sondern tief in der menschlichen Natur verwurzelt. Hierbei beschreiben sie Immersion als transmedial, demnach als nicht verbunden mit einem bestimmten Medium. Immersion

kann beispielsweise auch im Zusammenhang mit Bildern oder Literatur auftreten (Szabo & Gilanyi, 2020: 372). Ryan (2001) untersuchte Immersion im Kontext von Literatur, Filmen und Spielen und unterteilte diese dabei in verschiedene Dimensionen: Hierbei geht die Autorin auf die Überwindung von Raum und Zeit durch die Immersion ein und diskutiert dessen emotionale Komponente.

Immersion im Kontext von VR wird im allgemeinen Diskurs auf zwei unterschiedliche Weisen beschrieben und dabei in die physikalische Immersion und die mentale Immersion aufgeteilt (vgl. Sherman & Craig 2002). Immersion wird zum einen von der Technologie, ihrer nahtlosen Nutzung und technischen Qualität und zum anderen von den interaktiven Funktionen und der Möglichkeit der Interaktion beeinflusst (Kalving et al., 2022: 284). Slater und Wilbur (1997: 3) ordnen Immersion als eine Beschreibung einer Technologie, also der physikalischen Immersion, zu. Nach ihnen ist Immersion das Ausmaß, in dem Computerbildschirme in der Lage sind, den Sinnen der RezipientInnen eine umfassende Illusion der Realität zu vermitteln. Immersion ist demnach eine objektive Beschreibung dessen, was ein bestimmtes System bietet (Slater et al., 1996: 165). Nach dieser Definition gehören psychologische Faktoren wie Erfahrungen und Empfindungen der RezipientInnen sowie kognitive Prozesse wie Navigation oder Strategien nicht zur Immersion (Srivastava et al. 2019: 2). Hierbei ersetzt immersive VR die Empfindungen der physischen Welt mit denen der virtuellen (Heeter 1992: 269). Diese Definition von Immersion beschreibt auch Dörner et al. (2019: 14). Demnach wird durch Immersion verlangt, „[...] dass die Sinneseindrücke des VR-Teilnehmers möglichst umfassend durch ein oder mehrere Ausgabegeräte angesprochen werden“ (ebd.). Hierbei ist auch der Grad relevant, in dem ein Gerät das sensorische System ohne Einwirkung der äußeren Umgebung stimuliert (Marini et al. 2012: 234). Für die Entstehung von Immersion ist es nicht nur förderlich, wenn so viele Sinne wie möglich von den RezipientInnen durch die virtuelle Umgebung angesprochen werden, sondern auch, wenn so wenig unterschiedliche Sinne wie möglich der realen Welt erkenntlich sind (Rebelo et al. 2012: 969). Zusammenfassend stellt Dörner et al. (2019: 14) dar, dass Immersion ein Merkmal ist, welches durch die verschiedenen Eigenschaften von Technologien, wie beispielsweise Displays, in unterschiedlicher Stärke umgesetzt werden kann.

Die zweite Einordnung von Immersion bezieht sich auf die Charakterisierung als psychologisches Konstrukt. Witmer und Singer (1998: 227) stimmen Slater et al. (1996) zwar zu, dass die verwendete Hardware entscheidend dazu beiträgt, Immersion zu ermöglichen, stimmen jedoch nicht mit dessen Ansicht überein, dass Immersion eine

objektive Beschreibung der Technologie ist. Nach Witmer und Singer (1998: 227) beschreibt Immersion einen psychologischen Zustand, in dem man sich von einer Umgebung umgeben fühlt, die einen kontinuierlichen Strom von Reizen und Erfahrungen bietet, und mit ihr interagiert. Immersion wird demnach erlebt. Die Erfahrung, in einer simulierten Umgebung zu sein oder direkt mit anderen Entitäten in dieser Umgebung zu interagieren, verstärkt ebenfalls das Gefühl der Immersion (ebd.). Agreval et al. (2019: 5) schließen sich der Einordnung von Immersion als psychologisches Konstrukt an und definieren sie als ein Phänomen, das eine Person erfährt, wenn sie tief in einen kognitiven Prozess verwickelt ist. Diese mentale Beteiligung bewirkt eine Veränderung ihres Aufmerksamkeitszustands, was letztendlich zu einer Ablösung vom Bewusstsein der physischen Realität führt (ebd.). Diese tiefe Verwicklung oder auch geistige Beteiligung wird in der Literatur auch als *Involvement* bezeichnet (Wirth et al. 2007: 513). Witmer und Singer (1998) definieren *Involvement* wie folgt:

*“Involvement is a psychological state experienced as a consequence of focusing one’s energy and attention on a coherent set of stimuli or meaningfully related activities and events.”* Witmer und Singer (1998: 227)

Mit der aufgeführten Definition von Immersion kritisieren Agreval et al. (2019) die Einordnung von Slater et al. (1996), indem sie herausstellen, dass ein Mangel deren technischer Auffassung ist, dass die Grenzen der Wahrnehmung, der Inhalt, der Kontext und individuelle Faktoren, wie Vorlieben und Stimmung nicht berücksichtigt werden (Agreval et al. 2019: 4).

Nach diesem Verständnis hängt die Wahrnehmung der Immersion sowohl von der Technologie ab, insbesondere von ihrer nahtlosen Nutzung und technischen Qualität, als auch von den interaktiven Funktionen und der Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Interaktion (Kalving et al., 2022: 284). Es wird betont, dass die Qualität der Technologie und die Interaktionsmöglichkeiten einen großen Einfluss auf das Erlebnis nehmen (Grassini, Laumann & Luzi 2021; Kalving et al., 2022: 284). Das Ziel der Virtuellen Realität ist es, Menschen in eine simulierte Umgebung eintauchen zu lassen, also immersiv zu sein. Ryan Bengtsson und van Couvering (2023: 434) stellen anhand einer Analyse der Literatur zur Immersion heraus, dass Präsenz häufig in immersiven Situationen auftritt. Dadurch haben virtuelle Umgebungen das Potenzial, Präsenz zu erzeugen (Witmer & Singer 1998: 227).

## 2.4 Präsenz

Immersion und Präsenz sind sich ähnlich, da beide eine Rolle beim Eintauchen in ein Medium und den damit verbundenen erlebten Ortswechsel einnehmen (Langer 2020: 60; Rebelo et al. 2012: 969). Immersion wird in der Literatur als Bestandteil oder Voraussetzung von Präsenz bezeichnet (Almallah et al. 2021: 181; Lombard & Ditton 1997; Witmer & Singer 1998: 227). Diesem anschließend wird Präsenz als Ergebnis oder direkte Funktion von Immersion gesehen (Schubert, Friedmann & Regenbrecht 2001: 267; Yuan 2023: 121). Präsenz ist die Beschreibung des Gefühls der Anwesenheit in einer virtuellen Umgebung (Dörner et al. 2019: 19). Das Präsenzerleben wird als psychologisches Konstrukt und Teil der Medienwirkung eingeordnet (Langer 2020: 60). Ursprünglich wurde das Konzept jedoch im Kontext der Telerobotik entwickelt und erstmals von Minsky (1980) formuliert. Seit der Einführung der Virtuellen Realität im späten 20. Jahrhundert hat das Konzept der Präsenz große Beachtung gefunden und ist bis heute ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von VR-Systemen und -Anwendungen (Himmels et al., 2022: 53). Es zählt zu den definierenden Eigenschaften eines VR-Systems (Manetta & Blade 1995: 37).

Der Begriff Präsenz stammt vom ursprünglichen Konzept Telepräsenz ab und wird im Englischen und teilweise im Deutschen auch als Presence bezeichnet. Mit Telepräsenz beschrieb Minsky (1980) ursprünglich in Bezug auf Teleoperationssysteme die Fernmanipulation physischer Objekte. Auch wenn der Kontext hierbei weniger der psychologische war, sondern eher eine ingenieurwissenschaftliche Perspektive einnahm, ist der Grundgedanke übertragbar. Minsky (1980) beschreibt die Nutzung eines Datenhandschuhs, um einen Roboterarm aus der Distanz zu steuern. Hierbei ist es zentral, normale menschliche Funktionen ausführen zu können, indem sensorische Rückmeldungen in ausreichender Qualität und Quantität erhalten werden. Daraus entsteht das Gefühl der tatsächlichen Anwesenheit (ebd.). Die Telepräsenz beschreibt die Fernsteuerung mit angemessenen sensorischen Daten, um die Illusion zu vermitteln, sich an einem entfernten Ort zu befinden (Manetta & Blade 1995: 38; Slater & Wilbur 1997: 3). Held und Durlach (1992: 109) kritisieren jedoch verschiedene Aspekte dieser Definition. Es wird argumentiert, dass die Formulierung ‚normale menschliche Funktionen auszuführen‘ die Frage der Telepräsenz bei Systemen, die nicht nur für den Transport, sondern auch für die Umwandlung und Ausführung abnormaler menschlicher Funktionen bestimmt sind, nicht behandelt (ebd.).

An das Gefühl, an einem anderen Ort zu sein, knüpfen Lombard und Ditton (1997) mit einer theoretischen Arbeit an, in der sie sechs Ausprägungen des Präsenzerlebens identifizieren. Die erste Ausprägung bezeichnen sie als *soziale Reichhaltigkeit* („Social Richness“). Diese beschreibt Präsenz als das Ausmaß, in dem ein Medium als gesellig, warm, sensibel, persönlich oder intim wahrgenommen wird, wenn es zur Interaktion mit anderen Menschen genutzt wird. Anschließend beschreiben sie *Präsenz als Realismus* („Presence as realism“). Dieser Begriff von Präsenz bezieht sich auf den Grad, in dem ein Medium in der Lage ist, scheinbar präzise Darstellungen von Entitäten, Ereignissen und Individuen zu erzeugen — Darstellungen, die den authentischen Entitäten visuell, hörbar und/oder haptisch ähneln. Als dritte Eigenschaft von Präsenz stellen sie *Präsenz als Transportation* („Presence as transportation“) heraus. Hierbei wird beschrieben, dass die Transportation auf drei Wegen ablaufen kann: Entweder die Person wird an einen Ort transportiert, ein Ort wird zu der Person transportiert oder, dass zwei oder mehr KommunikatorInnen gemeinsam an einen Ort transportiert werden. Als vierte Ausprägung von Präsenz nennen die Autoren *Präsenz als Immersion* („Presence as immersion“). Diese Konzeptualisierung von Präsenz unterstreicht die Idee der wahrnehmungsbezogenen und psychologischen Immersion. Anschließend bezeichnen sie *Präsenz als sozialen Akteur im Medium* („Presence as social actor within medium“) als weitere Ausprägung. Die Autoren beschreiben, dass Menschen dazu neigen, Medienpersönlichkeiten und digitale Entitäten als soziale Akteure zu betrachten und mit ihnen in Kontakt zu treten, obwohl es an einer tatsächlichen sozialen Verbindung mangelt. Als letzte Kategorie wird *Präsenz als Medium als sozialer Akteur* („Presence as medium as social actor“) beschrieben: Die sozialen Reaktionen von MediennutzerInnen basieren nicht auf Entitäten (Menschen oder Computerfiguren) innerhalb eines Mediums, sondern auf Hinweisen, die das Medium selbst liefert. Lombard und Ditton (1997) fassen zusammen, dass alle Ausprägungen die Wahrnehmungssillusion gemeinsam haben, dass die Verwendung eines Mediums in den Hintergrund tritt.

Um die von Lombard und Ditton (1997) genannten Dimensionen zu vereinfachen, lässt sich Präsenz in zwei übergeordnete Kategorien einteilen: die physische und die soziale. Diese Kategorien werden von IJsselsteijn et al. (2000: 521) zusammenfassend als das Gefühl sich an einem Ort zu befinden (physisch) und das Gefühl, mit jemandem zusammen zu sein und optional zu kommunizieren (sozial) beschrieben. Die physische Präsenz wird von Wirth et al. (2007: 495) als *räumliche Präsenz* bezeichnet („spacial Presence“). In dieser Arbeit wird unter der Bezeichnung Präsenz die physische, räumliche Präsenz verstanden. An die räumliche Präsenz anknüpfend wurde von Wirth

und Hofer (2008) das *Zwei-Ebenen-Modell zur Entstehung räumlichen Präsenzerlebens* entwickelt. Das Modell sieht Präsenzerleben als räumliches Wahrnehmungsphänomen an. Hiermit wird beschrieben, dass sich die RezipientInnen statt in der realen Umgebung in der medial vermittelten Umgebung anwesend fühlen und dabei die reale Umgebung zeitweise vergessen. Sowohl die Wahrnehmung, als auch die physiologischen Reaktionen und Handlungen sind auf die medienvermittelte Umgebung bezogen (ebd.: 162). Das beschriebene Modell zeichnet sich dadurch aus, dass es Präsenzerleben in zwei Dimensionen aufteilt: Die erste Dimension bezieht sich auf den mentalen Aspekt, darunter Fühlen und Denken, und beschreibt das Gefühl der Anwesenheit in der medienvermittelten Welt. Die zweite Dimension stellt die Reaktionen auf die mediale Umgebung dar (ebd.). Als zentrale Voraussetzung für die Entstehung von räumlicher Präsenz wird in Einklang mit der Beschreibung von (Witmer & Singer 1998: 226) die Aufmerksamkeit bezeichnet (Wirth & Hofer 2008: 163). Die Aufmerksamkeitsprozesse werden hierbei jedoch nicht nur durch externe Informationsquellen beeinflusst, die Aufmerksamkeit kann auch freiwillig gelenkt werden (Wirth et al. 2007: 500). Sobald die Aufmerksamkeit weg von der realen Umgebung auf das Medium geführt wird, kann sich die räumliche Präsenz bilden (ebd.: 501). Auf den Einfluss von Aufmerksamkeit auf das Entstehen von Präsenz gehen auch Schubert, Friedmann und Regenbrecht (2001: 269) ein. Nach ihnen ist der kognitive Prozess der Aufmerksamkeit an der Entstehung von Präsenz beteiligt. Das Zwei-Ebenen-Modell zur Entstehung räumlichen Präsenzerlebens erklärt jedoch nicht nur die psychologischen Prozesse, sondern verweist auch auf die Eigenschaften der RezipientInnen (Wirth & Hofer 2008: 163). Persönliche Interessen können beispielsweise die situationsbedingten Motivationen einem Medienprodukt oder Medieninhalt gegenüber beeinflussen und zu einer kontrollierten Aufmerksamkeitsverteilung führen (Wirth et al. 2007: 500). Wirth und Hofer (2008: 163) kategorisieren die Aufmerksamkeit in kontrollierte und automatische Aufmerksamkeit und legen dar, dass diese meistens als Mischform auftreten. Somit stellt die Aufmerksamkeit die erste Ebene bei der Entstehung von Präsenz dar. Im zweiten Schritt beschreibt das Modell, dass der mediale Raum als primärer Referenzrahmen gesetzt wird, damit ist jener Raum gemeint, „[...] der dominante Gültigkeit für die aktuellen Wahrnehmungsprozesse besitzt“ (ebd.: 164). Zudem wird verdeutlicht, dass verschiedene Räume in Konkurrenz zueinanderstehen und Personen sich daher zugleich im medial vermittelten Raum, als auch in der Realität anwesend fühlen können. Präsenz entsteht dann, wenn der medial vermittelte Raum als *primärerer ich-bezogener Bezugsrahmen* („primary egocentric reference frame“) angenommen wird (ebd.). Anders als die vorangestellten Beschreibungen von Präsenzerleben verdeutlicht dieses

Modell, dass räumliche Präsenz binär auftritt: Entweder sie wird empfunden oder nicht. Dass einige ProbandInnen dennoch ihr Präsenzepfinden feinschrittiger einstufen würden, wird damit erklärt, dass sie bei der Rezeption zwischen der Realität und der medial vermittelten Welt hin und her wechseln und ihre Erfahrung im Nachhinein aggregieren (Wirth & Hofer 2008: 164).

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Entstehung des Präsenzgefühls. Präsenz und Immersion können durch einen hohen Grad an visuellem Realismus gesteigert werden, der durch spezielle Computergrafiklösungen erreicht werden kann (Marini et al. 2012: 234). Die Präsenz ist mit den psychologischen Merkmalen verbunden und wird durch die Empfindungen auf visueller, auditiver und haptischer Ebene bestätigt, die in der Beziehung des Teilnehmers zur virtuellen Umgebung aktiviert werden (Parsons 2015: 7). Inwiefern die RezipientInnen in der virtuellen Umgebung agieren können, spielt auch eine Rolle beim Entstehen von Präsenz. Die Verhaltensweisen in der virtuellen Umgebung sollten mit den Verhaltensweisen übereinstimmen, die in der alltäglichen Realität unter ähnlichen Umständen auftreten würden (Slater & Wilbur 1997: 4–5). Das Phänomen der Wahrnehmung der eigenen Existenz in einer Umgebung der virtuellen Realität, sowie der kognitive Prozess der Anerkennung und Überprüfung der eigenen Identität, ähneln der angeborenen menschlichen Beschäftigung mit der echten Realität, der die jeweilige Person seit Geburt ausgesetzt ist (Heeter 1992: 263). Shu et al. (2018: 438) fassen zusammen, dass das Präsenzgefühl mit der Methode der Interaktion, der Darstellungsqualität und der kognitiven Struktur der RezipientInnen zusammenhängt.

Für die vorliegende Arbeit wird die Definition der Präsenz an den Arbeiten von Witmer und Singer (1998: 239) angeknüpft. Demnach existiert über das Ausgabemedium und die Struktur der Simulation eine Kontrolle über das Geschehen. Diese Kontrolle beeinflusst die Immersion und wird als essenziell für das Entstehen von Präsenz angesehen. Die selektive Aufmerksamkeit beeinflusst, gemeinsam mit der Wahrnehmungsgenauigkeit und sensorischen Faktoren, wie stark Präsenz empfunden wird. Die Interaktion mit der virtuellen Umgebung ist ebenfalls ein Einflussfaktor.

Präsenzepfinden wurde in den Zusammenhang mit der Aufmerksamkeit gebracht. Ein Phänomen, welches die Aufmerksamkeit der RezipientInnen beeinflusst und eine Hürde bei der Rezeption in virtuellen Umgebungen darstellt, ist die Simulatorkrankheit (ebd.: 237).

### 3 Simulatorkrankheit

Nur NutzerInnen, welche der virtuellen Umgebung ihre Aufmerksamkeit schenken, können räumliche Präsenz erleben (Wirth et al. 2007: 499). Denn beim Empfinden von Präsenz verlagert sich die Aufmerksamkeit von der physischen Umgebung auf die virtuelle Umgebung (Witmer & Singer 1998: 226). Die Simulatorkrankheit ist ein Phänomen, das körperliche Symptome während und nach dem Aufenthalt in verschiedenen virtuellen Umgebungen hervorrufen kann (Duźmańska, Strojny & Strojny 2018: 2). Um die Verbindung zu den Konzepten Immersion und Präsenz zu untersuchen, wird zunächst die Simulatorkrankheit genauer erklärt.

Technologien der virtuellen Realität und die darauf basierenden Simulatoren bieten das Potential, bei den Rezipientinnen unangenehme Symptome hervorzurufen. Diese treten sowohl bei der Verwendung von Desktop Displays als auch bei der Verwendung von HMDs auf (Kolasinski 1995). Trotz des technischen Fortschrittes bestehen die Symptome weiterhin und stellen ein Hindernis bei der Rezeption dar (Duźmańska, Strojny & Strojny 2018: 11). Um die Benutzerfreundlichkeit einer virtuellen Erfahrung zu erhöhen, sollten die Symptome der Simulatorkrankheit reduziert und das Präsenzerleben gesteigert werden (Voinescu, Petrini & Stanton Fraser 2023: 1977). Die Simulatorkrankheit (Simulation Sickness), in der Literatur auch häufig als Cybersickness (Weech, Kenny & Barnett-Cowan 2019) bezeichnet, ist eine spezifische Form der Motion Sickness, welche durch eine Reihe von körperlichen Symptomen gekennzeichnet ist (Biocca 1992; Keshavarz et al. 2018; Lucas et al. 2020). Zu diesen Symptomen gehören unter anderem Augenbeschwerden, Kopfschmerzen, Schweiß, Mundtrockenheit, Benommenheit, Übelkeit, Orientierungslosigkeit und Erbrechen (LaViola Jr 2000: 47). Die Simulatorkrankheit kann auftreten, während sich die RezipientInnen in einer virtuellen Umgebung befinden und noch Stunden anhalten, sobald diese beendet ist. Es ist zudem möglich, dass die Symptome erst nach der Erfahrung auftreten (ebd.).

Obwohl die Simulatorkrankheit und die Motion Sickness ähnliche Symptome aufweisen, wird zwischen ihnen unterschieden (Kolasinski 1995: 5; LaViola Jr 2000: 47). Im Gegensatz zur Motion Sickness erfordert die Simulatorkrankheit keine tatsächliche körperliche Bewegung (Biocca 1992: 335). Viele Simulatoren versetzen die RezipientInnen nicht in Bewegung und verursachen dennoch die benannten Symptome, da auch lediglich visuelle Reize bereits ein Auslöser sein können (Kolasinski 1995: 5). Obgleich der unterschiedlichen Definitionen, werden beide Begriffe von Forschenden verwendet, um die Symptome zu beschreiben (Bruck & Watters 2011; Duźmańska,

Strojny & Strojny 2018: 1; Lee, Kim & Kim 2017; Sharples et al. 2008). Folglich können sich die Symptome der Motion Sickness und Simulatorkrankheit ähnlich manifestieren, auch wenn die auslösenden Faktoren mitunter verschieden sind. Für die Erklärung dieser Symptome wurden unterschiedliche Theorien entwickelt. Die am stärksten in der Literatur diskutierte Theorie ist die *Sensory Conflict Theorie*. Diese deutet darauf hin, dass die Symptome auftreten, wenn von den vestibulären, visuellen und somatosensorischen Sinnen gelieferten Informationen nicht im Einklang miteinander sind oder von dem abweichen, was aufgrund von gesammelten Erfahrungen erwartet wird (Reason 1978). Auch Robinett und Rolland (1992: 46) beschreiben, dass das vestibuläre System sehr sensibel auf Widersprüche reagiert. Denn das menschliche Auge ist sensibel gegenüber unkorrekter Information (vgl. M. S. Elbamy et al. 2018: 78). Riccio und Stoffregen (1991) kritisieren diese Theorie und bezeichnen das Vorhandensein eines sensorischen Konfliktes als hypothetisch, somit eine Interpretation von Tatsachen und nicht als eine Tatsache selbst. Sie sehen das Verhalten der RezipientInnen bedeutend für die Entstehung der mit der Simulatorkrankheit verbundenen Symptome (ebd.: 196). Daher haben sie als alternativen Ansatz die *Postural Stability Theory* vorgestellt. Nach dieser Theorie treten die Symptome auf, wenn Menschen einer Umgebung ausgesetzt sind, in der sie nicht über wirksame Strategien zur Aufrechterhaltung ihrer stabilen Körperhaltung verfügen (Riccio, Martin & Stoffregen 1992; Riccio & Stoffregen 1991). Ein weiterer Ansatz, um die Symptome zu beschreiben, ist die *Sensory Rearrangement Theory* (Reason & Brand 1975), welche in zwei Grundannahmen aufgeteilt wird. Zum einen sind alle Situationen in denen die Symptome entstehen dadurch charakterisiert, dass eine sensorische Umstellung besteht. Zum anderen muss das vestibuläre System entweder direkt oder indirekt involviert sein und zwar unabhängig davon, welche anderen räumlichen Sinne beteiligt sind (Reason 1978: 820). Eine andere Theorie stellt Treisman (1977) vor. Seine *Evolutionary Theorie* beschreibt, dass sich der menschliche Körper noch nicht an die Motion Sickness angepasst hat. Der Körper bringt Sinneskonflikte mit Gefahren in Verbindung, beispielsweise die Einnahme von Gift und reagiert demnach mit Übelkeit. Dużmańska, Strojny und Strojny (2018: 3) kritisieren an der Theorie, dass diese nicht auf physiologische Mechanismen eingeht, welche für das Auftreten verantwortlich sein könnten, stellen jedoch ebenfalls heraus, dass die Theorie einen wertvollen Einblick in das Auftreten der Beschwerden liefern könnte. Nach ihnen lasse sich die ursprünglich für Motion Sickness entwickelte Theorie auch auf die Simulatorkrankheit beziehen (ebd.).

Ergänzend zu diesen Theorien gibt es verschiedene Faktoren, welche in der Forschung in Zusammenhang mit der Häufigkeit des Auftretens der Symptome und dessen Andauern in Verbindung gebracht werden. Hierbei besteht eine Verbindung zu der Simulationsaufgabe, den Eigenschaften des Simulators und auch den Merkmalen der einzelnen NutzerInnen (Kolasinski 1995: 2; Roe, Brown & Watson 2007). Cao et al. (2020: 509) und Biocca (1992: 336) bezeichnen beispielsweise den Umfang der dargestellten virtuellen Bewegung als wichtigen Faktor. Positionsbestimmungsfehler können dafür sorgen, dass die virtuelle Welt zittert und schwankt. Dies stellt Biocca (1992: 338) als weiteren Faktor heraus. Inakkurate Übertragungen der Körperbewegung auf das angezeigte Bild und auch Fehler in der Software, welche die Bildgeneration steuert, können ebenso die Symptome der Simulatorkrankheit verursachen (Robinett & Rolland 1992: 48). Eine detaillierte Aufzählung der Faktoren, welche deren Auftreten begünstigen, können darüber hinaus unter Kolasinski (1995) nachgelesen werden.

Das Auftreten der Simulatorkrankheit stellt somit potenziell eine Hürde bei der Benutzung von HMDs dar. Dużmańska, Strojny und Strojny (2018: 11) verweisen darauf, dass ForscherInnen und EntwicklerInnen, welche mit Technologien im Zusammenhang mit virtueller Realität arbeiten, immer die Simulatorkrankheit und dessen Einfluss auf die erhobenen Daten berücksichtigen sollten. Es ist möglich, dass die RezipientInnen ihr Verhalten in einer virtuellen Umgebung anpassen, da sie ihre Symptome verringern wollen. Wird beispielsweise Schwindel beim Umsehen in der virtuellen Umgebung empfunden, so könnte dies dazu führen, dass die Person versucht, den Kopf weniger zu drehen und somit ihr Verhalten anpasst. Diese Verhaltensweise kann im Rahmen einer wissenschaftlichen Erhebung die erfassten Daten beeinflussen und muss somit beachtet werden (Zocco et al. 2022: 449). Die Symptome der Simulatorkrankheit stehen im Zusammenhang mit dem empfundenen Präsenzgefühl. Das Verspüren der Symptome kann störend für das Empfinden von Präsenz sein, da die Aufmerksamkeit von der medial vermittelten Umgebung weg auf die Realität und das eigene körperliche Befinden gelenkt wird. Die Simulatorkrankheit sollte daher im Zusammenhang mit Präsenz untersucht werden (Jerome & Witmer 2002: 2197; Wirth et al. 2007: 499).

## 4 Zusammenfassung und Ableitung der Hypothesen

In den vorangehenden Kapiteln wurde die thematisch relevante Forschung aufgearbeitet. Diese wird im Folgenden auf Desktop Displays und HMDs bezogen, indem deren Zusammenhang mit Immersion und Präsenz dargelegt wird. Ebenso wird der Bezug der Simulatorkrankheit auf Immersion und Präsenz hergestellt. Aus den folgenden Erläuterungen werden die Forschungshypothesen abgeleitet.

### Der Einfluss der Vorerfahrung

Um zu untersuchen, inwiefern Immersion und Präsenz im PKW-Simulator im Vergleich von Desktop Displays und HMDs entstehen, muss zunächst betrachtet werden, welche Rolle die Vorerfahrung der RezipientInnen bei deren Entstehung einnimmt. Das Vorwissen über das Verhalten in der virtuellen Umgebung, wurde in Verbindung mit dem Verhalten und der Wahrnehmung in dieser gebracht. Eine korrekte Wahrnehmung setzt ein umfangreiches Vorwissen voraus (Ellis 1995: 232). So fanden beispielsweise Salimi und Ferguson-Pell (2021) bei einer Untersuchung der Auswirkung von Training auf Motion Sickness heraus, dass sich durch Trainingseinheiten die Motion Sickness signifikant reduziert. Auch in Bezug auf die Immersion und Präsenz wurde zu diesem Thema Bezug genommen. Held und Durlach (1992: 112) führen in ihrem Modell zu Präsenz auf, dass das Modell der Welt auf erlerntem Wissen und Erfahrungen basiert. Wissen aus der Realität wird verwendet, um in virtuellen Welten zu interagieren und beeinflusst dessen Wahrnehmung. Jerome und Witmer (2002: 2197) stellten heraus, dass Personen, welche eine geringere Tendenz aufweisen Immersion zu verspüren, potentiell nicht die gleiche Tiefe an Aufmerksamkeit aufbringen können, wie Personen, die starke immersive Tendenzen aufweisen. Da auf die virtuelle Welt gerichtete Aufmerksamkeit und Konzentration grundlegend ist, um Präsenz zu verspüren, ist es notwendig, die Tendenz Immersion zu verspüren, in Bezug auf die Präsenz zu untersuchen (Schubert, Friedmann & Regenbrecht 2001: 269; Wirth et al. 2007: 499; Witmer & Singer 1998: 226). IJsselsteijn et al. (2000: 522) vermuten ebenfalls, dass wahrnehmungsbezogene, kognitive und motorische Fähigkeiten der RezipientInnen, sowie die Vorerfahrung mit medial vermittelten Inhalten relevant bei der Entstehung von Präsenz sind. Dörner et al. (2019: 16) beschreibt anschließend, dass der Mensch aufgrund seiner alltäglichen Erfahrungen Informationen sammelt, wie sich Objekte typischerweise verhalten. Dieses erlernte Wissen wird in den Zusammenhang mit natürlicher Interaktion in der virtuellen Welt und der daraus entstehenden Präsenz gebracht (Himmels et al., 2022: 54; Schubert, Friedmann & Regenbrecht 2001: 279; Shu

et al. 2018: 438; Witmer & Singer 1998: 239). Daraus leiten sich die ersten zwei Hypothesen der Arbeit ab:

*H1: Je stärker die immersiven Tendenzen von Personen sind, desto eher erleben sie im PKW-Simulator Immersion und Präsenz.*

*H2: Je häufiger Personen Vorerfahrung mit den Bestandteilen der Simulation (Erfahrung mit HMDs, Computerspielen und Rennspielen) haben, desto eher verspüren sie Immersion und Präsenz im PKW-Simulator.*

### Desktop Displays und Head-Mounted-Displays im Vergleich

Head-Mounted-Displays unterscheiden sich vor allem durch folgende Merkmale von Desktop Displays (s. Kapitel 2.2): Durch die Positionierung von jeweils einem Display vor jedem Auge wird bei der Nutzung von HMDs das stereoskopische Sehen ermöglicht. Somit ist es für die RezipientInnen möglich, die virtuelle Umgebung dreidimensional zu betrachten, weil so Tiefeninformationen generiert werden können. Zocco et al. (2022: 449) führen als Merkmal, welches zu einem hohen Maß an Immersion beiträgt, die stereoskopische, dreidimensionale Ansicht von HMDs auf. Zudem wurde von Barfield und Hendrix (1995: 4) der positive Einfluss von stereoskopischem Sehen mit dem Entstehen von Präsenz in Verbindung gebracht. Die Verwendung von HMDs bezieht neben dem visuellen Sinn, welcher auch bei Desktop Displays angesprochen wird, auch den haptischen Sinn und die Bewegungssteuerung an. Hierdurch werden die RezipientInnen stärker in die virtuelle Welt einbezogen (Slater et al., 1996: 165). Somit kann über das Ansprechen verschiedener Sinne eine höhere sensorische Breite von HMDs und durch die stereoskopische Darstellung und die Tiefeninformationen eine höhere sensorische Tiefe als bei der Verwendung von Desktop Displays erzeugt werden (Steuer, Biocca & Levy 1995: 13). Steuer, Biocca und Levy (1995: 11) beschreiben, dass diese Eigenschaften eine höhere *Lebendigkeit* („Vividness“) erzeugen. Zudem formulieren Wirth et al. (2007: 500) die Annahme, dass eine höhere Breite an sensorischen Informationen eines Mediums dazu führt, dass die Aufmerksamkeit der NutzerInnen bestehen bleibt, da das Medium mehr und/oder größere Teile des Wahrnehmungsproduktes abdeckt. Wie bereits erläutert, ist die auf die virtuelle Umgebung gerichtete Aufmerksamkeit relevant für die Entstehung von Präsenz. Darüber hinaus verdeckt ein HMD, anders als ein Desktop Display, die Sicht auf die reale Umgebung und schließt somit die visuelle Wahrnehmung der realen Welt aus. Wenn die RezipientInnen das Gefühl haben, sich außerhalb der simulierten Umgebung zu befinden, geht der immersive Aspekt verloren (Witmer & Singer 1998: 227). Bei einem

Desktop Display ist es der Entscheidung der NutzerInnen überlassen, ob sie über den Bildschirmrand hinaus die reale Umgebung betrachten wollen. Zudem werden visuelle Reize außerhalb des Displays nicht abgeschottet. Dies führt zu einer automatischen Verlagerung der Aufmerksamkeit auf die reale Umgebung (Wickens 2021: 407). Concannon, Esmail und Roduta Roberts (2019: 2) fassen zusammen, dass die Immersion verringert wird, wenn die RezipientInnen Aspekte der realen Welt wahrnehmen können, während die virtuelle Welt erlebt wird. Schließlich ermöglicht ein HMD die Aufnahme der realen Kopfbewegung der NutzerInnen und dessen Übertragung in die virtuelle Welt. Somit ist es für die Personen möglich, mit ihrem eigenen Körper in der virtuellen Realität zu interagieren, wie in der realen Welt. Bei der Verwendung von Desktop Displays hingegen müssen die NutzerInnen an einer bestimmten Stelle in der virtuellen Umgebung anhalten, um den gewünschten Bezugspunkt zu betrachten (Srivastava et al. 2019: 12). Witmer und Singer (1998: 238) argumentieren, dass das natürliche Interagieren mit der virtuellen Welt Immersion und folglich auch das Präsenzepfinden erhöhen sollte. Zudem können durch die Erfassung des realen Körpers weitere Bewegungen auf die virtuelle Repräsentation der RezipientInnen übertragen werden, was zusätzlich das natürliche Handeln mit beispielsweise Händen oder Füßen in der virtuellen Umgebung ermöglicht. Wenn sich die NutzerInnen von der virtuellen Welt umgeben fühlen, erfahren sie diese auf direktem Wege (ebd.: 239). Diese Interaktion mit der virtuellen Welt über ein HMD ermöglicht demnach mehr Kontrolle als bei der Verwendung von Desktop Displays (Sharples et al. 2008: 61; Yuan 2023: 126). Kontrolle ist ein Faktor, welcher die Entstehung von Immersion und Präsenz begünstigt (Witmer & Singer 1998: 239). Durch das unterschiedliche Maß an ichbezogenen visuellen Rückmeldungen unterscheiden sich die Ausgabegeräte zudem im Grad des visuellen Realismus (Srivastava et al. 2019: 3). Diese Faktoren erhöhen somit die Interaktivität, was sich positiv auf das Präsenzepfinden auswirkt (Held & Durlach 1992: 110; Himmels et al., 2022: 54; Witmer & Singer 1998: 237). Langer (2020: 23) behauptet, dass die Wahrnehmung der realen Umgebung abnimmt, wenn NutzerInnen vollständig in eine virtuelle Umgebung eintauchen. Es wird beschrieben, dass durch die Tatsache, dass sämtliche Sinneserfahrungen und Wahrnehmungen auf den Darstellungen der virtuellen Umgebung basieren, das Gefühl vermittelt wird, physisch in diesem Raum anwesend zu sein (ebd.). Aus diesen Gründen lässt sich die dritte Hypothese ableiten.

*H3: Bei der Verwendung von HMDs wird durchschnittlich mehr Immersion und Präsenz empfunden als bei der Verwendung von Desktop Displays.*

## Simulatorkrankheit und Präsenzempfinden

Die Simulatorkrankheit und das Präsenzempfinden sind Gegenstand verschiedener Forschungsarbeiten. Hierbei wurde der Zusammenhang zwischen der Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit und dem Präsenzempfinden meist vernachlässigt. Weech, Kenny und Barnett-Cowan (2019) betonen, dass zwar über einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Präsenzgefühl der RezipientInnen und dem Verspüren der Simulatorkrankheit Symptome berichtet wird, die Menge der Untersuchungen, die sich mit dieser Beziehung befasst, jedoch begrenzt ist. Auch Kim, Lee und Bovik (2020: 559) verdeutlichen, dass präzise Forschungsergebnisse in diesem Bereich fehlen. Folglich ist bei der Untersuchung der Entstehung von Immersion und Präsenz in der vorliegenden Arbeit eine nähere Betrachtung der Simulatorkrankheit notwendig.

Ein Ausgabegerät, welches mehr Sinne der NutzerInnen einbindet, verstärkt die Symptome der Simulatorkrankheit (Cao et al. 2020: 504). Da ein HMD mehr Sinne in die virtuelle Erfahrung einbezieht, als ein Desktop Display, besteht nach der *Sensory Rearrangement Theory* und der *Sensory Conflict Theory* (s. Kapitel 3) ein höheres Potential, dass die übertragenen Signale nicht mit dem übereinstimmen, was bereits aus realen Erfahrungen erlernt wurde. Illusorische Gefühle der Selbstbewegung gehen der Simulatorkrankheit meist voraus. Dieses Gefühl kann durch Bewegungen im Gesichtsfeld hervorgerufen werden (Biocca 1992: 336). HMDs erzeugen durch ihr kleineres Sichtfeld einen höheren Bedarf sich umzusehen, wodurch ein höherer Grad an visueller Bewegung entsteht. Dieses Phänomen wurde als ein Grund für die Entstehung der Simulatorkrankheit hervorgehoben (Cao et al. 2020: 509). HMDs bieten durch die Übertragung der Kopfbewegung in die virtuelle Umgebung, anders als Desktop Displays, die Möglichkeit, dass eine Verzögerung zwischen den tatsächlichen Kopfbewegungen und dem erzeugten Bild auftritt. Diese Verzögerung steht ebenfalls im Einklang mit den angeführten Theorien und trägt zu der Entstehung von Symptomen der Simulatorkrankheit bei (Dużmańska, Strojny & Strojny 2018: 2). Diese Annahmen gehen mit der Forschung von Sharples et al. (2008: 66) einher. Diese stellten fest, dass bei der Verwendung von HMDs stärkere Symptome der Simulatorkrankheit auftreten als bei der Verwendung von Desktop Displays. Daraus folgend ergibt sich die vierte Hypothese.

*H4: Während der Verwendung eines HMDs empfinden durchschnittlich mehr Personen Symptome der Simulatorkrankheit als bei der Verwendung von Desktop Displays.*

Die Aufmerksamkeit ist die Fähigkeit, Informationen über einen längeren Zeitraum hinweg aktiv zu verarbeiten und dabei andere Details außer Acht zu lassen (Voinescu, Petrini & Stanton Fraser 2023: 1967). Durch das Empfinden der Simulatorkrankheit wird die Aufmerksamkeit der RezipientInnen von der virtuellen Umgebung auf den eigenen Körper und die empfundenen Symptome gelenkt. Diese Tatsache verringert nach Witmer und Singer (1998: 237) das Präsenzepfinden in einer virtuellen Umgebung. Ebenso kann die Konzentrationsfähigkeit auf die virtuelle Umgebung verringert werden (Biocca 1992: 336). Denn „Technik wird in ihrer Wirkung erfahrbar, wenn sie fehlt oder wenn sie nicht funktioniert“ (Rammert 2016: 8). Bei besonders starken Fällen der Simulatorkrankheit kann es auch zum Abbruch der virtuellen Erfahrung führen. Dużmańska, Strojny und Strojny (2018: 6) stellen heraus, dass unterschiedliche Ausgabegeräte und Szenarien Einfluss auf die Simulatorkrankheit und dessen Tragweite haben. Daraus wird verdeutlicht, dass es für jede individuelle Erhebung notwendig ist, mögliche Effekte in Bereiche wie die Durchführung und Auswertung einer Erhebung mit einzubeziehen. Aus diesen Grundlagen lässt sich die fünfte Hypothese formulieren.

*H5: Je stärker die Symptome der Simulatorkrankheit sind, desto weniger Immersion und Präsenz werden im PKW-Simulator empfunden.*

## 5 Methodische Umsetzung

Aufbauend auf den vorangegangenen Kapiteln, in denen die grundlegenden theoretischen Konzepte behandelt wurden, werden im folgenden Abschnitt die Methodik und die Umsetzung erläutert.

### 5.1 Erhebungsinstrument und Untersuchungsdesign

Für die Untersuchung wurde sich für eine quantitative Forschungsmethode entschieden, welche durch eine experimentelle Untersuchungsanordnung umgesetzt wird. Hierdurch lassen sich die kausalen Zusammenhänge von unabhängigen Variablen (UV) und abhängigen Variablen (AV) untersuchen (Koch, Peter & Müller 2019: 4). Laborexperimente zeichnen sich durch die Manipulation einer oder mehrerer UV aus und ermöglichen eine starke Kontrolle der Versuchssituation (Brosius, Haas & Koschel 2016: 239). Die kontrollierten Bedingungen sind eine Voraussetzung dafür, dass die Veränderungen der AV auch durch die Manipulation der UV hervorgerufen werden (Koch, Peter & Müller 2019: 5). Für gewöhnlich besitzen Laborexperimente eine hohe interne Validität, jedoch eine geringe externe Validität (ebd.: 54). Dadurch leidet die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Realität (Brosius, Haas & Koschel 2016: 239). Auf das vorliegende Experiment bezogen ist die Übertragbarkeit auf Situationen, welche sich von den Laborbedingungen unterscheiden, wie beispielsweise das Verwenden von HMDs im eigenen Wohnzimmer, gegebenenfalls eingeschränkt. Jedoch ist das Ziel der Erhebung, die erläuterten Konzepte in Bezug auf Fahrsimulatoren zu untersuchen, welche unter kontrollierten Bedingungen verwendet werden. Aus diesem Grund wurde ein Laborexperiment ausgewählt. Folglich sind die Ergebnisse des Experimentes für die Verwendung der genutzten Technik außerhalb der Laborbedingungen nur eingeschränkt generalisierbar (Klimmt & Weber 2013: 137). Als Forschungsdesign wurde das Within-Subject Design zur Untersuchung der Immersion und Präsenz im PKW-Simulator gewählt. Hierbei wird der Einfluss von immersiven Tendenzen, der Vorerfahrung der Testperson, der Displayart und der Simulatorkrankheit untersucht. Bei einem Within-Subject Design erfolgt die Manipulation innerhalb derselben Gruppe von Versuchspersonen (Koch, Peter & Müller 2019: 67). Im vorliegenden Experiment durchfahren alle ProbandInnen den Simulator mit Desktop Displays und HMD. Um Reiheneffekten entgegenzuwirken, wurde die Reihenfolge, in der die Versuchspersonen das HMD und die Desktop Displays nutzen, nach dem lateinischen Quadrat randomisiert.

**Tabelle 1:** Randomisierung der Reihenfolge der Simulatorfahrt mit Desktop Displays und HMD

Randomisierung	PKW-Simulatorfahrt 1	PKW-Simulatorfahrt 2
Gruppe A	Ausgabe über Desktop Displays	Ausgabe über HMD
Gruppe B	Ausgabe über HMD	Ausgabe über Desktop Displays

*Abbildung 1: Tabelle 1: Randomisierung der Reihenfolge der Simulatorfahrt mit Desktop Displays und HMD*

Für die Datenerhebung wurde ein Online-Fragebogen verwendet, der zu den entsprechenden Zeitpunkten, wie nachfolgend in Kapitel 5.5 bei der Erläuterung des Ablaufes erklärt, im Labor ausgefüllt wurde. Diese Art des Fragebogens wurde gewählt, damit die Antworten digitalisiert und auf einem Server gespeichert werden (Brosius, Haas & Koschel 2016: 125). Diese Handhabung ermöglicht eine direkte Weiterverarbeitung der erhobenen Daten. Zudem wirkt die Nutzung eines Online-Fragebogens Interviewerfehlern entgegen (ebd.). Die Besonderheit, dass der Fragebogen direkt im Labor ausgefüllt wird, ermöglicht es den ProbandInnen bei Unklarheiten Rückfragen zu stellen.

Das vorliegende Experiment bezieht sich auf die Unterschiede zwischen der Nutzung von Desktop Displays und HMDs im PKW-Simulator. Die Untersuchung ist ein Teil einer übergeordneten Studienreihe namens „SPoRe – Speed Perception of Road Users“, welche am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt durchgeführt wird. Für diese Studienreihe wurden über den PKW-Simulator hinaus Daten im Fahrrad-Simulator und im Fußgänger-Simulator erhoben. Im Rahmen von SPoRe wurden zudem beispielsweise Daten bezüglich der Geschwindigkeitseinschätzung und Risikowahrnehmung während des Versuchsdurchlaufes der vorliegenden Untersuchung erhoben.

## 5.2 Operationalisierung der unabhängigen Variablen

Zunächst wird in der vorliegenden Arbeit untersucht, wie sich die Tendenz, Immersion zu verspüren, auf das Empfinden von Immersion und Präsenz in der Verkehrssimulation auswirkt. Um die zugehörige Forschungshypothese H1 zu untersuchen, ergibt sich die UV1: immersive Tendenz. Die immersive Tendenz wird mittels einer Sieben-Punkte-Skala erfasst. Des Weiteren wird überprüft, wie sich die Vorerfahrung mit Videospielen, Rennspielen und der Nutzung von HMDs auf das Empfinden von Immersion und Präsenz auswirkt. Daher besteht die UV2: Vorerfahrung, dessen Werte auf einer Sieben-Punkte-Skala erhoben wurden. Diese Arbeit beschäftigt sich zudem damit, inwiefern

Immersion und Präsenz bei der Nutzung von der VR Technologie HMD im Vergleich zu Desktop Displays entstehen. Zudem wird untersucht, bei welchem Ausgabegerät die Ausprägungen der Symptome der Simulatorekrankheit höher sind und ob der Schweregrad dieser Symptome Einfluss auf das Empfinden von Immersion und Präsenz nimmt. Hierbei ergibt sich die UV3: Ausgabegerät, welche beschreibt, ob Desktop Displays oder ein HMD zur Ausgabe des Stimulus-Materials im PKW-Simulator verwendet wurden. Somit sind die beiden Ausprägungen der UV3: UV3a = Desktop Displays und UV3b = HMD. Das Stimulus-Material, welches auf Softwareebene besteht, und die restliche Hardware des Simulators bleiben bei der Variierung der UV3 jedoch unverändert, damit der Unterschied der Ausgabemethode isoliert untersucht werden kann. Das verwendete Equipment wird im Kapitel 5.2.1 genauer beschrieben. Weitere Informationen zum Stimulus Material werden in Kapitel 5.2.2 aufgeführt. Somit ergeben sich die folgenden UV für das Experiment:

*UV1: Immersive Tendenzen von Personen*

*UV2: Vorerfahrung mit den Bestandteilen der Simulation*

*UV3: Ausgabegerät*

### 5.2.1 Beschreibung des technischen Equipments

Die Ausprägungen der UV3 sind die Simulatorfahrt mit Nutzung der Desktop Displays (UV3a) und der Nutzung eines HMDs (UV3b). Im Folgenden wird das technische Equipment beschrieben, welches grundlegend für den Simulator und für die Ausprägungen der UV3 zum Einsatz kam.



Abbildung 2: Versuchsaufbau – PKW-Simulator

Unabhängig vom Ausgabegerät fanden die Versuchsfahrten in einem PKW-Simulator am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt im „MoSAIC“ Labor (modular and scalable application plattform for ITS components) statt. Der Fahrsimulator verfügt über ein aktives Lenkrad und aktive Pedale. Das Lenkrad ermöglicht haptisches Feedback mit einer Drehmomentkapazität von bis zu 38 Nm und die Pedale ermöglichen ein haptisches Feedback mit einem Drehmoment von bis zu 28 Nm. Ebenso ist ein Autositz verbaut, welcher vor dem Lenkrad angebracht ist. Das Lenkrad ist mit zusätzlichen Eingabegeräten zur Interaktion mit dem Fahrzeug ausgestattet, beispielsweise einem Lenkstockhebel für die Verwendung des Blinkers. Da es sich bei dem PKW-Simulator um ein Automatikfahrzeug handelt, sind nur ein Gas- und ein Bremspedal verbaut. Zudem ist keine Gangschaltung vorhanden. Alle genannten Aufbauteile entsprechen möglichst genau denen eines realen PKWs. Anstelle der tatsächlichen Frontscheibe und der vorderen Fenster sind drei Bildschirme angebracht, welche im 90° Winkel zueinander positioniert sind. Bei der Verwendung des HMDs sind diese Bildschirme nicht mehr für die Versuchsperson sichtbar, da das HMD den Sichtbereich der Person vollständig bedeckt.

### UV3a: Desktop Displays

Für die Simulatorfahrt mittels Desktop Displays wurden drei Monitore verwendet. Diese sind identische 65 Zoll Breitbild 4K Displays, welche auf einem mobilen, winkelverstellbaren Grundrahmen montiert sind. Alle drei Displays zusammen ergeben eine 160°-Frontalansicht der virtuellen Umgebung. Hinter dem Lenkrad befindet sich ein originales automobiles Kombiinstrument-Display mit einer Auflösung von 1280x480 Pixeln. Auf diesem Display kann die Geschwindigkeit angezeigt werden.

### UV3b: HMD

Für die Simulatorfahrt mittels HMD wurde als Ausgabegerät die Vive Pro Eye des Herstellers HTC verwendet. Die Vive Pro Eye verfügt über eine Auflösung von 2880x1600 Pixeln. Diese teilen sich auf die zwei vor den Augen platzierten Bildschirme auf und entsprechen jeweils 1440x1600 Pixeln. Durch die stereoskopische Darstellung des HMDs kann die virtuelle Welt dreidimensional wahrgenommen werden. Die Bildwiederholrate des HMDs beträgt 90 Hz. Das Sichtfeld entspricht 110°. Durch die Nutzung eines HMDs können sich die Versuchspersonen in der virtuellen Umgebung umsehen. Dadurch ergibt sich ein mögliches Sichtfeld von 360° (HTC Corporation 2024). Da die Versuchspersonen in der Simulatorfahrt unter UVa die eigenen Hände sehen können, wurden diese in der Ausprägung UV3b mittels Manus Prime X Handschuhen in die virtuelle Welt übertragen. Diese Handschuhe erlauben das Übertragen der realen

Hände mittels ausgestatteter Sensorik und die Übermittlung dieser Bewegungen auf digitale Hand-Modelle in der simulierten Umgebung. Zusätzlich ermöglichen es an den Handschuhen befestigte Manus Tracker die allgemeine Position der realen Hände auf jene in der Simulation zu übertragen. Durch die Verwendung dieser Handschuhe ist es den ProbandInnen möglich, die Position der eigenen Hände in der virtuellen Welt zu erkennen und vereinfacht somit die Platzierung am Lenkrad. Darüber hinaus wird die Störvariable ausgeschlossen, dass die eigenen Hände in der UV3a sichtbar wären und in der UV3b nicht.

### 5.2.2 Beschreibung des Stimulus-Materials

Das Stimulus-Material ist eine Fahrsimulation, dessen Simulationsumgebung in der Unreal Engine 5 erstellt wurde. Unreal Engine ist eine Entwicklungsumgebung von Epic Games für Echtzeit Anwendungen, welche unter anderem für VR-Anwendungen, Spieleentwicklung und Echtzeit-Simulation verwendet wird (Epic Games 2024).



*Abbildung 3: Simulationsumgebung*

Die virtuelle Umgebung besteht aus einer Straße ohne Kurven, welche von einer Wiese umgeben ist. Am Rand der Straße befinden sich links und rechts, in leicht variierendem Abstand zueinander, Bäume. Hinter den Bäumen erhebt sich die Wiese auf beiden Seiten zu Lärmschutzwällen, welche die Sicht auf die umliegende Umgebung versperren. Die Gestaltung und Anordnung der Objekte in der Simulation sind an das Aussehen einer Landstraße angelehnt. Die Versuchsperson befindet sich im PKW auf der rechten Fahrbahn. Zu Beginn der Fahrt ist das Fahrzeug zunächst stehend. Über die Interaktion mit der Hardware lässt sich das Fahrzeug steuern. Durch die Bedienung der Pedale können die ProbandInnen das Fahrzeug beschleunigen oder abbremsen. Zudem lässt sich der PKW über das Lenkrad steuern. Auch wenn es für die Fahrt auf der

geraden Versuchsstrecke nicht notwendig ist, können die Versuchspersonen so auf der Fahrbahn die Bewegungsrichtung kontrollieren. Während der Fahrt gibt es keinen Gegenverkehr. Verschiedene Fahrzeuge überholen die Versuchsperson jedoch mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Dieses Überholen ist jedoch nicht für die vorliegende Untersuchung relevant und dient der Datenerhebung der übergeordneten Studienreihe SPoRe. Bei der Fahrt mit dem HMD ist die Versuchsperson im PKW lokalisiert und sieht das Fahrzeug von innen. Die virtuelle Welt wird somit aus dem ebenfalls virtuellen Fahrzeug heraus betrachtet.

### 5.3 Operationalisierung der abhängigen Variablen und Fragebogenkonstruktion

Durch die Durchführung des vorliegenden Experimentes werden die Zusammenhänge der UV und AV geprüft. Daraus ergeben sich die folgenden AV:

*AV1: Erleben von Immersion und Präsenz*

*AV2: Auftreten von Symptomen der Simulatorkrankheit*

Für die Erstellung der Fragebögen wurde das Online-Tool SoSci Survey (s. Kapitel 11) verwendet. Die Fragebögen erfassen die UV1: Immersive Tendenzen von Personen und UV2: Vorerfahrung mit Bestandteilen der Simulation, sowie die AV1: Erleben von Immersion und Präsenz und AV2: Auftreten von Symptomen der Simulatorkrankheit. Für die Erhebung der Daten für die UV1 wurde der Fragebogen *Immersive Tendencies Questionnaire* (Witmer & Singer 1998) verwendet. Dieser wurde den ProbandInnen nach der Begrüßung ausgehändigt. Nach jeder der beiden Simulatorfahrten wurden anhand eines Fragebogens zur Risikobewertung und des visuellen Komforts weitere Daten erhoben, welche für SPoRe weiterverwendet werden, jedoch nicht für die vorliegende Forschung relevant sind. Anschließend wurde, für die Erfassung der AV1, der Fragebogen *Presence Questionnaire* (Witmer, Jerome & Singer 2005) verwendet, um die empfundene Immersion und Präsenz abzufragen. Darauffolgend wurde mit dem Fragebogen *Simulation Sickness Questionnaire* (Kennedy et al. 1993) die empfundenen Symptome der Simulatorkrankheit aufgezeichnet. Nach der Fahrt in beiden Simulatoren wurde vor der Verabschiedung der Demografie Fragebogen ausgehändigt, um personenbezogene Daten aufzunehmen und die UV2 zu erfassen. Alle Fragebögen wurden für die Verständlichkeit der ProbandInnen ins Deutsche übersetzt.

Die Immersion und Präsenz sind zentraler Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Zur Erfassung der immersiven Tendenzen haben Witmer und Singer (1998) den Immersive

Tendencies Questionnaire (ITQ) entwickelt. Dieser Fragebogen dient dazu, die Fähigkeit oder Tendenz von Personen zu messen, involviert zu sein und Immersion zu verspüren. Er dient als Index für die Tendenz Präsenz zu empfinden (ebd.: 236). Der ITQ verwendet eine Sieben-Punkte-Skala und ist ein Selbstauskunftsbogen (ebd.: 231). Er basiert somit auf den Angaben und Einschätzungen der Versuchspersonen und nicht auf aktiven Messungen der Körperfunktionen oder Reaktionen. Der Fragebogen besteht aus 18 Items (s. Kapitel 11: ITQ). Die Reliabilität des ITQ ist akzeptabel (Cronbach's  $\alpha = 0,743$ ).

Für die Erfassung von Immersion und Präsenz der Simulatorfahrt wurde der Presence Questionnaire (PQ) von Witmer, Jerome und Singer (2005) verwendet. Dieser Fragebogen erfasst den Grad, Präsenz in einer virtuellen Umgebung zu empfinden und berücksichtigt dabei einflussnehmende Faktoren. Hierbei werden die Bestandteile der Immersion als Einflussfaktor für Präsenz aufgefasst. Denn nach Witmer und Singer (1998: 228) erfasst eine valide Messung von Präsenz auch Faktoren, welche Involvement und Immersion beeinflussen. Der PQ berücksichtigt dabei Kontrollfaktoren, sensorische Faktoren, Immersion und Involvement, Ablenkungsfaktoren, Interface-Qualität und Realitätsfaktoren. Es wird angemerkt, dass die Faktoren in Wechselwirkung zueinander stehen und über die Kategorien hinweg miteinander interagieren (ebd.). Der PQ verwendet wie der ITQ eine Sieben-Punkte-Skala und ist ein Selbstauskunftsbogen (ebd.: 231). Der PQ wurde mit 25 Items verwendet, da sich durch Pretests gezeigt hat, dass die Items 32, 26, 27 und 28 die Versuchspersonen verwirren. Der Grund für die Verwirrung lag in den Fragen zur direkten Interaktion, welche die vorgegebenen Szenarien nur sehr bedingt unterstützen. Daher wurden auch die Items 2, 13, 17 und 29 entfernt. (s. Kapitel 11: PQ). Die Reliabilität des PQs liegt im exzellenten Bereich (Cronbach's  $\alpha = 0,924$ ).

Die Erfassung der AV2 wurde mittels des Fragebogens Simulation Sickness Questionnaire (SSQ) von Kennedy et al. (1993) umgesetzt. Der SSQ kann das Gesamtausmaß der Schwere der Symptome der Simulatorkrankheit widerspiegeln und bietet somit einen Index dafür, ob ein bestimmter Simulator die Simulatorkrankheit hervorruft (ebd.: 210). Für die Messung der Stärke, in der die Symptome auftreten, wird eine Vier-Punkte-Skala verwendet. Diese reicht von Gar nicht = 0, über Leicht = 1, Mittel = 2 und Schwer = 3. Hierbei werden die Symptome in die drei Kategorien Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung aufgeteilt. Der SSQ besteht aus 16 Items (s. Kapitel 11: SSQ). Die Reliabilität des SSQ bewegt sich im exzellenten Bereich (Cronbach's  $\alpha = 0,929$ ).

## 5.4 Stichprobe

Für die Rekrutierung der Versuchspersonen wurde der Probandenpool des Institutes für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt verwendet. Im Probandenpool kann sich jede Person eintragen, die Interesse an der Teilnahme einer Studie am Institut hat. Somit ist die Stichprobe nicht repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung, spiegelt jedoch die Gruppe an Menschen wider, welche potentiell auch an zukünftiger Forschung im verwendeten Simulator teilnehmen. Über den Probandenpool konnten sich die Versuchspersonen vor dem Start der Datenerhebung für eine beliebige Startzeit eintragen. Die Kriterien für die Teilnahme waren der Besitz eines Führerscheins Klasse B, eine normale Sehkraft oder eine auf normal korrigierte Sehkraft durch eine Brille oder Kontaktlinsen. Für das Experiment konnten 36 TeilnehmerInnen gewonnen werden. Da es zu drei Versuchsabbrüchen kam, beläuft sich die Stichprobe auf 33 ( $n = 33$ ) (s. Anhang SPSS: Stichprobe: 70). Diese setzt sich aus 7 Frauen und 26 Männern zusammen. Das durchschnittliche Alter der Versuchspersonen beträgt 33 Jahre. Die jüngste Versuchsperson war 19 Jahre und die älteste Versuchsperson war 70 Jahre alt. Die ProbandInnen waren durchschnittlich 15 Jahre im Besitz ihres ersten PKW-Führerscheins. Im Durchschnitt gaben sie an, dass sie seit der Ausstellung ihres Führerscheines 159312 km als FahrerIn Auto fahren und pro Woche seitdem durchschnittlich 4 Stunden einen PKW steuerten. Im letzten Jahr sind die Versuchspersonen durchschnittlich 9207 km als FahrerIn Auto gefahren. Es wurde zudem die Vorerfahrung mit Computerspielen, Rennspielen und VR-Brillen erfasst. Die Computerspielerfahrung variiert ebenfalls zwischen den TeilnehmerInnen. 5 Personen gaben an, nie Computerspiele zu spielen. 10 Personen gaben an, weniger als einmal im Monat Computerspiele zu spielen, während 15 Versuchspersonen monatlich oder häufiger spielen. Auch die Vorerfahrung mit Rennspielen unterscheidet sich zwischen den TeilnehmerInnen. 12 Personen gaben an, dass sie nie Rennspiele spielen. Weniger als ein Mal im Monat Rennspiele zu spielen gaben 13 ProbandInnen an und 9 der Versuchspersonen wählten aus, monatlich oder häufiger Rennspiele zu spielen. In Bezug auf die HMDs gaben 21 der TeilnehmerInnen an, dass sie nie ein VR-Headset nutzen. 8 Personen gaben jedoch an, VR-Headsets weniger als einmal im Monat zu verwenden. Insgesamt 5 Versuchspersonen gaben an, monatlich oder häufiger ein VR-Headset zu nutzen.

## 5.5 Durchführung

Die Forschung der vorliegenden Arbeit wurde im MoSAIC Labor am Institut für Verkehrssystemtechnik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig durchgeführt. Die Fragebögen in SoSci Survey eingebunden und ins Deutsche übersetzt. Nach dem folgenden Pretest fand eine Überarbeitung der Fragebögen statt. Anschließend wurde die virtuelle Simulationsumgebung erstellt. Am 08.06.2023 fand ein Testdurchlauf mit der VP0 statt. Ab dem 12.06.2023 wurde die Anmeldung zum Experiment im Probandenpool freigeschaltet. Am 15.06.2023 startete der offizielle Erhebungszeitraum, der drei Wochen andauerte.

Vor der Rekrutierung der Versuchspersonen wurde eine Liste mit IDs angefertigt, welche anschließend den Versuchspersonen zugeteilt wurden. Diese IDs ermöglichten eine anonyme Erfassung der Daten. Für die Vorbereitung des Versuches im Labor ergaben sich folgende Schritte: Zunächst wurden die notwendigen Akkus geladen und das technische Equipment bereitgelegt. Anschließend wurde der PKW-Simulator hochgefahren und auf die vorgesehene Funktionsweise getestet. Um bei jedem Versuch die gleichen Lichtverhältnisse zu schaffen und die Ausgangslage für jede Versuchsperson so identisch wie möglich zu halten, wurde der Raum verdunkelt und das Licht im Labor eingeschaltet. Anschließend wurde der Tisch für die Versuchsperson vorbereitet, an dem die Fragebögen ausgefüllt und Pausen verbracht wurden. Über einen auf dem Tisch platzierten Zettel wurde der Versuchsperson die ID mitgeteilt, welche bei der Beantwortung der Fragebögen angegeben werden musste.

Bei Versuchsbeginn wurden die ProbandInnen zunächst begrüßt und über die Ausschlusskriterien für den Versuch aufgeklärt. Zudem haben sie die Bögen der Sicherheitsunterweisung und des Datenschutzes ausgefüllt und unterschrieben. Anschließend wurde den ProbandInnen der Ablauf des Versuches erläutert und schließlich über die Symptome der Simulatorkrankheit aufgeklärt. Sie wurden darauf hingewiesen, dass sie den Versuch jederzeit pausieren oder abbrechen können. Anschließend wurde der ITQ Fragebogen ausgefüllt. Die TeilnehmerInnen starteten in randomisierter Reihenfolge, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, zunächst mit der Ausprägung UV3a oder UV3b. Vor jedem Durchlauf wurde eine kurze Einführung in die Bedienung des Simulators und des verwendeten Ausgabegerätes (Desktop Display oder HMD) gegeben, welche die relevanten Funktionen erläutert. Bei Verwendung des HMDs wurde der Augenabstand der Versuchsperson gemessen und anschließend eingestellt. Durch ein anschließendes Trainingsszenario übten die TeilnehmerInnen, mit dem

Simulator umzugehen, um Datenabweichungen, welche durch Probleme bei der Bedienung des Simulators zustande kommen können, entgegenzuwirken. Während des Trainings wurden die Versuchspersonen aufgefordert, auf der Straße Gas zu geben und abzubremesen. Die virtuelle Trainingsumgebung spiegelte hierbei die Versuchsumgebung wie in Kapitel 5.2.2. beschrieben wider. Sobald die Versuchsperson die für das Experiment notwendige Bedienung des Simulators beherrschte, wurde die eigentliche Versuchsfahrt gestartet. Während dieser Fahrt wurden die Versuchspersonen von anderen PKWs mehrmals überholt und wurden gebeten, die Geschwindigkeit des überholenden Verkehrs einzuschätzen. Die Geschwindigkeitseinschätzungen wurden für die übergeordnete Versuchsreihe SPoRe verwendet. Anschließend wurden, wie in Kapitel 5.3 beschrieben, die zusätzlich relevanten Daten für SPoRe erhoben und anschließend die Fragebögen PQ und SSQ ausgefüllt. Zwischen den Durchläufen hatten die Probanden die Möglichkeit, etwas zu trinken und eine Pause zu machen. Im zweiten Durchlauf war der Versuchsablauf, einschließlich Einweisung in den Simulator, Training, Versuchsfahrt und Beantwortung der Fragebögen, identisch. Die einzige Abweichung ist die Variation des Ausgabegerätes nach UV3. Im zweiten Durchlauf fuhren die Versuchspersonen mit dem jeweils anderen Ausgabegerät. Nach der Beendigung aller Simulatorfahrten füllten die Versuchspersonen den Demografie Fragebogen aus. Abschließend wurden die ProbandInnen über das Ziel des Experimentes und die untersuchten Fragestellungen aufgeklärt. Letztlich wurde bei gewünschter Vergütung ein entsprechender Bogen ausgefüllt. Die Teilnahme wurde mit 15 € pro angefangener Stunde vergütet. Für den Versuch, von Begrüßung bis zu der Verabschiedung der ProbandInnen, wurden im Durchschnitt ca. 2,5 Stunden benötigt. Die Kontrolle der Störvariablen betrifft die Detailplanung des Experiments (Brosius, Haas & Koschel 2016: 251). Daher wurde der gesamte Ablauf detailliert niedergeschrieben, um zu garantieren, dass bei jedem Durchlauf die gleichen Inhalte auf die gleiche Weise kommuniziert und kein Schritt des Ablaufes übersprungen wurde. An dieser Niederschrift wurde sich während der Durchführung orientiert.

## 6 Ergebnisse

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem statistischen Vorgehen der Datenauswertung und der Überprüfung der Hypothesen. Anschließend folgt eine Diskussion der Ergebnisse und der methodischen Schwächen der Erhebung. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mittels SoSci Survey. Dadurch lagen die Daten in digitaler Form vor. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Anwendung IBM SPSS Statistics. Der Datensatz wurde bereinigt, indem Eingaben, welche über diese Arbeit hinaus nur für SPoRe Verwendung relevant sind, entfernt wurden. Das entsprechende Skalenniveau wurde den Items zugewiesen. Zudem wurden die Items PQ16, PQ19 und PQ20 invertiert. Anschließend wurde die Reliabilität überprüft. Um mit den Daten der Fragebögen ITQ, PQ und SSQ weiterarbeiten zu können, wurde der jeweilige Mittelwert der Angaben errechnet und in jeweils einer Variable gespeichert (ITQ\_Scale\_mean, PQ\_Scale\_mean). Für den SSQ wurde zusätzlich, wie von Kennedy et al. (1993) vorgegeben, das Ergebnis für jede Versuchsperson berechnet und ebenfalls in einer eigenen Variable gespeichert (SSQ\_TotalScore). Dabei wurden die Werte der Items zur Übelkeit  $((1 + 6 + 7 + 8 + 9 + 15 + 16) * 9,54)$ , zur Okulomotorik  $((1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 9 + 11) * 7,58)$  und der Desorientierung  $((5 + 8 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14) * 13,92)$  berechnet und daraus das Endergebnis gebildet  $((\text{Summe aller Items}) * 3,74)$ . Für die Items DF\_11\_01, DF\_11\_02, DF\_11\_03, welche die Vorerfahrung mit Computerspielen, Rennspielen und VR-Brillen erfassen, wurde der Mittelwert ebenfalls in einer eigenen Variable erfasst (Vorerfahrung\_Mean).

	Mittelwert	Spannweite	Standardabweichung	Varianz
ITQ_Scale_mean	4,14	2,50	,62	,39
Vorerfahrung_Mean	2,34	3,33	1,00	1,01
PQ_Scale_mean	4,61	3,68	,86	,73
SSQ_Mean	1,11	1,56	,24	,06
SSQ_TotalScore	614,31	806,72	134,57	18108,18

Abbildung 4: Beschreibung der Variablen

Für die Interpretation der Daten wurden die Mittelwerte, die Spannweite, die Standardabweichung und die Varianz der berechneten Werte abgebildet. Die Spannweite gibt Auskunft über die Streuung der Daten und den Bereich, in dem alle erhobenen Daten liegen (Koch, Peter & Müller 2019: 185). Die Varianz und die Standardabweichung sind hierbei von Bedeutung, da sie angeben, wie stark die Einzelwerte um den Mittelwert streuen (ebd.: 184). Der Mittelwert von „ITQ\_Scale\_mean“ liegt bei einer Skala von 1 bis 7 (keine bis starke Tendenz) bei 4,14.

Hierbei beträgt die Spannweite der Angaben 2,50, wobei die Standardabweichung 0,62 beträgt und die Varianz 0,39 ist. „Vorerfahrung\_Mean“ beschreibt die Vorerfahrung der Versuchspersonen anhand einer Sieben-Punkte-Skala (Bestandteile werden nie bis täglich verwendet), hat einen Mittelwert von 2,34 und eine Spannweite von 3,33. Die Standardabweichung beträgt 1,00 und die Varianz ist 1,01. Die Variable „PQ\_Scale\_mean“ basiert auf Daten einer Sieben-Punkte-Skala (kein Empfinden bis hohes Empfinden von Präsenz Indikatoren) und weist einen Mittelwert von 4,61 auf, mit einer Spannweite von 3,68 und einer Standardabweichung von 0,86, was einer Varianz von 0,73 entspricht. Die Variable „SSQ\_TotalScore“ hat einen Mittelwert von 614,31 mit einer Spannweite von 806,72 und einer Standardabweichung von 134,57, wobei die Varianz 18108,18 beträgt.

Das Experiment wurde anhand eines Within-Subject Designs durchgeführt. Dabei führen die Versuchspersonen entweder zuerst mit Desktop Displays oder HMD und im zweiten Durchlauf mit dem jeweils anderen Ausgabegerät im PKW-Simulator. Weil die Reihenfolgen der Verwendung der Ausgabegeräte randomisiert wurden, ergaben sich zwei gleich starke Gruppen. Die Reihenfolge der Verwendung der Ausgabegeräte wird daher in der Auswertung der Daten nicht beachtet. Für manche Hypothesen wurde der Datensatz nach den Angaben des Items BE05, welches die verwendeten Ausgabegeräte beschreibt, aufgeteilt. BE05 entspricht UV3 (Car Display = Desktop Display, Car VR = HMD).

## Überprüfung der ersten Forschungshypothese

*H1: Je stärker die immersiven Tendenzen von Personen sind, desto eher erleben sie im PKW-Simulator Immersion und Präsenz.*

Um die H1 zu untersuchen, wurde die Pearson-Korrelation der immersiven Tendenzen (ITQ\_Scale\_mean) und den Werten des PQs berechnet (PQ\_Scale\_mean) (s. Anhang SPSS: Korrelation H1: 70).

Die Korrelation zwischen „ITQ\_Scale\_mean“ und „PQ\_Scale\_mean“ beträgt -0,052, was auf eine schwache negative Korrelation hindeutet. Diese drückt aus, dass höhere Werte in der immersiven Tendenz eher mit niedrigeren Werten in der empfundenen Immersion und Präsenz zusammenhängen. Die Signifikanz ( $p = 0,680 > 0,05$ ) deutet jedoch darauf hin, dass die Korrelation nicht statistisch signifikant ist.

Die Korrelation wurde zusätzlich hinsichtlich der Ausgabegeräte unterteilt (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H1: 71). Die Pearson-Korrelation zwischen

„ITQ\_Scale\_mean“ und den nach der Fahrt unter Verwendung der Desktop Displays erfassten Werten „PQ\_Scale\_mean“ beträgt -0,154. Dieser Wert lässt auf eine schwache negative Korrelation schließen und deutet darauf hin, dass Personen, welche stärkere immersive Tendenz aufweisen, tendenziell niedrigere Werte in dem Empfinden von Immersion und Präsenz im PKW-Simulator bei der Nutzung von Desktop Displays verspürten. Diese Korrelation ist jedoch ebenfalls nicht statistisch signifikant ( $p = 0,391 > 0,05$ ).

Zudem wurden auch die PQ-Werte, welche nach der Verwendung des Ausgabegerätes HMD aufgezeichnet wurden, betrachtet (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H1: 71). Die vorliegenden Daten zeigen die Pearson-Korrelation zwischen „ITQ\_Scale\_mean“ und den Werten des PQ nach Verwendung des HMDs („PQ\_Scale\_mean“). Diese beträgt einen Korrelationskoeffizienten von 0,027 und deutet auf eine sehr schwache positive Korrelation hin, was darauf schließen lässt, dass Personen mit einer stärkeren immersiven Tendenz tendenziell auch höhere Werte in der empfundenen Immersion und Präsenz unter Verwendung eines HMDs aufweisen. Das Signifikanzniveau ( $p = 0,880 > 0,05$ ) deutet jedoch darauf hin, dass die Korrelation ebenfalls nicht statistisch relevant ist.

Zusammenfassend zeigt die Korrelationsanalyse, dass die Korrelation zwischen der immersiven Tendenz und der verspürten Immersion und Präsenz unter Verwendung eines HMDs höher ist als unter Verwendung von Desktop Displays. Jedoch bestehen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der immersiven Tendenz und der empfundenen Immersion und Präsenz in der virtuellen Umgebung. Die Hypothese wird abgelehnt, da die Daten die aufgestellte Annahme nicht stützen können.

## Überprüfung der zweiten Forschungshypothese

*H2: Je häufiger Personen Vorerfahrung mit den Bestandteilen der Simulation (Erfahrung mit HMDs, Computerspielen und Rennspielen) haben, desto eher verspüren sie Immersion und Präsenz im PKW-Simulator.*

Um die H2 zu untersuchen, wurde die Pearson-Korrelation zwischen den Werten der Vorerfahrung (Vorerfahrung\_Mean) und den Werten der Immersion und Präsenz berechnet (s. Anhang SPSS: Korrelation H2: 72).

Die Korrelation zwischen den Daten der Variablen „Vorerfahrung\_Mean“ und „PQ\_Scale\_mean“ beträgt 0,034 und deutet auf eine schwache positive Korrelation hin. Daraus lässt sich schließen, dass Personen, die höhere Werte in der Vorerfahrung mit

Bestandteilen der Simulation haben, tendenziell Immersion und Präsenz stärker erleben. Diese Korrelation ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p = 0,785 > 0,05$ ).

Für ein genaueres Verständnis des Einflusses der Vorerfahrung in Bezug auf die Immersion und Präsenz, wurde die Korrelationsanalyse ebenfalls unter Unterscheidung der beiden Ausgabegeräte durchgeführt (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H2: 72). Die Pearson-Korrelation zwischen „Vorerfahrung\_Mean“ und den Werten von „PQ\_Scale\_mean“, welche nach der Fahrt mittels Desktop Displays erhoben wurde, beträgt -0,119. Dieser Wert beschreibt eine schwache negative Korrelation, was darauf hindeutet, dass Personen mit einer stärkeren Vorerfahrung mit Bestandteilen der Simulation tendenziell eher niedrigere Werte in der empfundenen Immersion und Präsenz unter Nutzung von Desktop Displays haben. Die Korrelation ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p = 0,059 > 0,05$ ).

Darüber hinaus wurde die Korrelationsanalyse nicht nur in Bezug auf Desktop Displays, sondern auch in Bezug auf die Verwendung des HMDs durchgeführt (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H2: 72). Die vorliegenden Daten zeigen die Pearson-Korrelation zwischen den Variablen „Vorerfahrung\_Mean“ und den Einträgen der „PQ\_Scale\_mean“, welche nach der Verwendung des HMDs erfasst wurden. Der Korrelationskoeffizient beträgt dabei 0,154. Dieser deutet auf eine sehr schwache positive Korrelation hin. Personen, welche eine höhere Vorerfahrung mit Bestandteilen der Simulation haben, erlebten demnach tendenziell einen höheren Grad an Immersion und Präsenz im PKW-Simulator. Es ist jedoch zu beachten, dass das Signifikanzniveau ( $p = 0,392 > 0,05$ ) darauf schließen lässt, dass die Korrelation statistisch nicht signifikant ist.

Die Korrelationsanalyse zeigt, dass die Vorerfahrung mit Bestandteilen der Simulation unter Verwendung der Desktop Displays sehr schwach negativ und unter Verwendung eines HMDs sehr schwach positiv korreliert. Jedoch bestehen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen Vorerfahrung und der empfundenen Immersion und Präsenz in der virtuellen Umgebung. Die Hypothese wird abgelehnt, da die Daten die aufgestellte Annahme nicht stützen können.

## Überprüfung der dritten Forschungshypothese

*H3: Bei der Verwendung von HMDs wird durchschnittlich mehr Immersion und Präsenz empfunden als bei der Verwendung von Desktop Displays.*

Für die Überprüfung der H3 wurde der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet, welcher testet, ob die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben verschieden sind (s. Anhang SPSS: t-Test H3: 73).

Die vorliegenden Daten beziehen sich auf den empfundenen Grad an Immersion und Präsenz im PKW-Simulator unter zwei verschiedenen Bedingungen: Desktop Displays („Car Display“) und HMD („Car VR“). Unter Verwendung des HMDs als Ausgabegerät konnte ein geringfügig höheres Empfinden von Immersion und Präsenz festgestellt werden ( $M = 4,6461$ ,  $SD = 0,96255$ ,  $n = 33$ ) als bei der Verwendung von Desktop Displays ( $M = 4,5830$ ,  $SD = 0,74787$ ,  $n = 33$ ). Allerdings ist der Unterschied zwischen den Mittelwerten nicht signifikant ( $p = 0,384 > 0,05$ ), weshalb keine statistisch signifikanten Unterschiede des Empfindens von Immersion und Präsenz zwischen den Ausgabegeräten Desktop Displays und HMD festgestellt werden konnten. Auf Grundlage der vorliegenden Daten kann die H3 nicht bestätigt werden.

## Überprüfung der vierten Forschungshypothese

*H4: Während der Verwendung eines HMDs empfinden durchschnittlich mehr Personen Symptome der Simulatorkrankheit als bei der Verwendung von Desktop Displays.*

Um die H4 zu überprüfen, wurde erneut der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet (s. Anhang SPSS: t-Test H4: 74).

Die Daten beziehen sich auf das Gesamtergebnis des SSQ („SSQ\_TotalScore“) und das Empfinden von Immersion und Präsenz unter den beiden Ausprägungen: Desktop Displays („Car Display“) und HMD („Car VR“). Unter Verwendung des HMDs als Ausgabegerät konnte ein gering höheres Empfinden von Symptomen der Simulatorkrankheit festgestellt werden ( $M = 640,9816$ ,  $SD = 165,20480$ ,  $n = 33$ ) als bei der Verwendung von Desktop Displays ( $M = 587,6356$ ,  $SD = 89,56706$ ,  $n = 33$ ). Allerdings ist der Unterschied zwischen den Mittelwerten nicht signifikant ( $p = 0,108 > 0,05$ ), weshalb keine statistisch signifikanten Unterschiede der Stärke von Symptomen der Simulatorkrankheit zwischen den Ausgabegeräten Desktop Displays und HMD festgestellt werden konnte. Die H4 kann daher nicht bestätigt werden.

## Überprüfung der fünften Forschungshypothese

*H5: Je stärker die Symptome der Simulatorkrankheit sind, desto weniger Immersion und Präsenz werden im PKW-Simulator empfunden.*

Um die H5 zu untersuchen, wurde die Pearson-Korrelation zwischen den Werten der Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit („SSQ\_TotalScore“) und den Werten der Immersion und Präsenz („PQ\_Scale\_mean“) berechnet (s. Anhang SPSS: Korrelation H5: 75).

Die Korrelationsanalyse zeigt eine signifikante ( $p = 0,002 < 0,05$ ) negative Korrelation von  $-0,376$ . Dabei ist die Korrelation auf dem Niveau von  $0,01$  2-seitig signifikant. Diese Werte deuten darauf hin, dass eine höhere Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit mit einer geringeren empfundenen Immersion und Präsenz einhergeht. Da die Korrelation statistisch signifikant ist, kann der Zufall bei der Entstehung des Zusammenhangs ausgeschlossen werden.

Ebenfalls wurden die Korrelationen der Variablen für die Verwendung der Desktop Displays und des HMDs untersucht (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H5: 76). Die Korrelationsanalyse für die Bedingung Desktop Displays („Car Display“) zeigt ebenfalls eine statistisch signifikante ( $p = 0,027 < 0,05$ ) negative Korrelation mit einem Wert von  $-0,385$ . Die Korrelation ist auf dem Niveau von  $0,05$  2-seitig signifikant.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch unter Betrachtung der Korrelationsanalyse für die Bedingung HMD („Car VR“) ab (s. Anhang SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H5: 76). Diese zeigt eine statistisch signifikante ( $p = 0,021 < 0,05$ ) negative Korrelation von  $-0,401$  auf. Dabei ist die Korrelation auf dem Niveau von  $0,05$  2-seitig signifikant. Somit gehen sowohl unter Verwendung von Desktop Displays als auch unter Verwendung von HMDs stärkere Symptome der Simulatorkrankheit mit einem geringen Empfinden von Immersion und Präsenz einher. Hierbei ist anzumerken, dass eine stärkere negative Korrelation bei der Verwendung von HMDs als von Desktop Displays zu erkennen ist.

Auf Grundlage der Daten lässt sich somit die H5 bestätigen. Eine hohe Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit gehen mit einem geringeren Empfinden von Immersion und Präsenz im PKW-Simulator einher.

## 7 Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Forschung hat den Einfluss von immersiven Tendenzen und der Vorerfahrung der ProbandInnen auf das Empfinden von Immersion und Präsenz im PKW-Simulator unter Verwendung der Ausgabegeräte Desktop Displays und HMD untersucht. Mittels einer Korrelationsanalyse konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang der untersuchten Aspekte festgestellt werden. Darüber hinaus wurde mittels eines t-Tests untersucht, ob bei der Verwendung von HMDs durchschnittlich mehr Immersion und Präsenz empfunden wird als bei der Verwendung von Desktop Displays. Diese Annahme konnte nicht bestätigt werden. Dass in Verbindung mit Immersion und Präsenz keine signifikanten Unterschiede oder Zusammenhänge nachgewiesen wurden, kann verschiedene Gründe haben. Generell ist anzumerken, dass anhand des Mittelwertes des PQs mit einem Wert von 4,61 nur ein mäßiger Grad an Immersion und Präsenz zu erkennen ist. Dieser Wert könnte damit zusammenhängen, dass der Einfluss von Ton im PQ abgefragt wurde, jedoch kein Ton in der Simulation zu hören war. Weitere Gründe lassen sich nicht aus den Daten ableiten. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass die verbale Abfrage der Geschwindigkeiten während der Fahrt die Aufmerksamkeit der TeilnehmerInnen auf die reale Umgebung gelenkt hat und das die Entstehung von Immersion und Präsenz minderte. Ebenso könnte die virtuelle Umgebung der Grund sein, da die Aufgabe, geradeaus zu fahren, der Versuchsperson nicht so viele Interaktionsmöglichkeiten bietet, wie beispielsweise eine Fahrt durch eine Stadt, welche das Stoppen an Ampeln oder das Abbiegen in Kurven erfordert. Zudem kommen ProbandInnen durch die gestellte Aufgabe nicht dazu, die Vorteile eines HMDs, wie beispielsweise die mögliche 360° Umsicht im vollen Umfang zu nutzen. Anschließend wurde der Zusammenhang der Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit in Bezug auf die Ausgabemethode mittels t-Test getestet. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Stärke der Symptome und der Ausgabemethode festgestellt werden. Anschließend an die vorangestellte Argumentation kann es sein, dass sich die Verwendung der Ausgabegeräte nicht stark genug unterschieden hat, um eine signifikante Auswirkung auf die Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit zu erkennen. So könnte es sein, dass es eventuell zu keinem erhöhten Umsehen in der virtuellen Bewegung kam, da die Versuchspersonen beim Fahren nur nach vorne schauen mussten und somit in der Fahrt mit HMD keine zusätzliche visuelle Bewegung entstand, welche ein Auslöser für die Simulatorkrankheit sein kann. Zudem werden durch ein HMD theoretisch mehr Sinne angesprochen als durch Desktop Displays. Da die Versuchspersonen jedoch in beiden Varianten saßen, das gleiche Lenkrad mit

aktivem Feedback verwendeten und die Umgebung nicht auf andere Weise erkunden konnten, kann es sein, dass das Potential des HMDs nicht ausgenutzt werden konnte. Dies kann dazu geführt haben, dass auch weniger starke Symptome der Simulatorkrankheit als erwartet aufgetreten sind. Daraus folgend ist zu empfehlen, das Experiment in einer Simulationsumgebung zu wiederholen, welche es den ProbandInnen ermöglicht, die Potentiale des HMDs auszuschöpfen und erneut die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Letztendlich wurde der Zusammenhang zwischen der Simulatorkrankheit und dem Entstehen von Immersion und Präsenz untersucht. Es konnte ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Stärke der Symptome der Simulatorkrankheit und dem Empfinden von Immersion und Präsenz festgestellt werden. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit den Resultaten von Salimi und Ferguson-Pell (2021). Diese untersuchten die durch visuelle Reize ausgelöste Motion Sickness und stellten heraus, dass im Allgemeinen die drei von ihnen untersuchten VR-Systeme zu relativ wenig Motion Sickness und hohen Werte für das Präsenzerleben führten. Almallah et al. (2021: 190) weisen darauf hin, dass die Auflösung und Qualität eines Szenarios das Präsenzerleben steigern und den Schweregrad der Symptome der Simulatorkrankheit verringern könnte. Nach ihrer Forschung reduziert das Präsenzerleben signifikant Übelkeit und okulomotorische Störungen (ebd.). Diese Ergebnisse stimmen jedoch nicht mit den Ergebnissen von Kim, Lee und Bovik (2020: 561) überein, welche dokumentierten, dass Bereiche mit hohem Präsenzerleben mit moderaten Symptomen einhergehen. Simulatorkrankheit und Präsenzerleben stellen sich jedoch nicht in jeder Forschung als korreliert heraus. Grassini, Laumann und Luzi (2021) stellen fest, dass die Simulatorkrankheit und das Präsenzerleben in ihrer Forschung nicht korrelieren. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten damit zusammenhängen, dass durchgängig unterschiedliche Technik verwendet wurde. Auch wenn der Unterschied zwischen Displays und HMDs untersucht wurde, so haben diese beispielsweise unterschiedliche Größe, Auflösung und Bildwiederholrate. Diese Faktoren beeinflussen ebenfalls das Entstehen von Immersion und Präsenz. Die Technologie der Virtuellen Realität ist in ständiger Veränderung, somit kann es sein, dass die aktuell verfügbare Technik andere Resultate erzielt als die Verwendete (Weech, Kenny & Barnett-Cowan 2019: 2).

## 7.1 Methodische Schwächen

Zuzüglich zu den bereits diskutierten Vermutungen, gibt es einige methodische Schwächen, welche im Folgenden aufgeführt werden. Die erste Limitation bezieht sich auf die Zusammensetzung der Stichprobe. Diese stellt im Optimalfall ein verkleinertes,

strukturgleiches Abbild der Grundgesamtheit dar (Brosius, Haas & Koschel 2016: 69). Es ist auffällig, dass wesentlich mehr Männer an dem Experiment teilgenommen haben als Frauen. Da keine Daten zugänglich sind, ob sich eine ähnliche Geschlechterverteilung auch auf die Grundgesamtheit des Probandenpools bezieht, kann der Ursprung dieser Verteilung nicht ergründet werden. Zudem besteht die Stichprobe aus Personen, welche beim Probandenpool angemeldet sind. Die ProbandInnen haben sich freiwillig eingetragen und wurden nicht strukturell ausgewählt. Die Stichprobe ist daher nicht repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung oder die Grundgesamtheit der im Probandenpool angemeldeten Personen. Sie stellt jedoch eine Gruppe an Menschen dar, welche potentiell erneut an Versuchen am PKW-Simulator teilnehmen werden. Der zweite Punkt bezieht sich auf die Fragebögen. Zum einen wurden alle Daten über Selbstauskunftsbögen erhoben. Die ProbandInnen haben ihre eigenen Symptome und das eigene Empfinden eingeschätzt und anschließend eingeordnet. Durch dieses Vorgehen können die Ergebnisse verzerrt worden sein, da die Gefahr besteht, dass Fragen unterschiedlich aufgefasst werden, dass die ProbandInnen sich falsch erinnern oder dass sie sich falsch einschätzen. Alternativ könnte zukünftig eine Datenerhebungsmethode gewählt werden, welche beispielsweise in Bezug auf die Simulatorkrankheit die Körperreaktionen aufzeichnet, während sie auftreten. Des Weiteren gab es zwischen den Durchläufen die Möglichkeit einer Pause, in der Symptome der Simulatorkrankheit abklingen konnten. Es lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass die Symptome der vorherigen Fahrt auch noch in der anschließenden Fahrt bestanden und somit im zugehörigen SSQ verzerrte Daten aufgezeichnet wurden. Zudem wurde der SSQ nicht vor dem Versuch ausgefüllt. Daher besteht kein Vergleichswert, ob die Symptome der Simulatorkrankheit schon vor dem Versuch bestanden oder durch die Simulatorfahrt hervorgerufen wurden. Wenn eine Person Symptome der Simulatorkrankheit erfährt, kann es vorkommen, dass dies der Versuchsperson angesehen wird. Das könnte dazu geführt haben, dass sich häufiger erkundigt wurde, ob es der Versuchsperson gut geht, da deren gesundheitliches Wohlergehen im Vordergrund stand. Das vermehrte Fragen über das Wohlergehen der Person könnte die Aufmerksamkeit der Versuchsperson stärker von der virtuellen Umgebung auf den realen Raum gelenkt haben als bei Durchläufen, bei denen nicht so oft nachgefragt wurde. Da es keine Aufzeichnungen gibt, wie oft die Versuchspersonen während der Durchführung angesprochen wurden, konnte dieser Aspekt jedoch bei der Datenauswertung nicht berücksichtigt werden. Zudem wurde die Immersion über den PQ als ein Faktor für Präsenz erhoben. Daher bieten die Daten keinen separaten Einblick in die Rolle der Immersion. Weiterhin ist zu beachten, dass für das vorliegende

Experiment spezielle Technik verwendet wurde. Die Ergebnisse sind möglicherweise nicht auf HMDs oder Desktop Displays übertragbar, welche andere technischen Merkmale, wie unter anderem eine abweichende Bildwiederholrate oder eine andere Auflösung, aufweisen.

## **8 Fazit**

Die vorliegende Forschung hat die Fragen untersucht, inwiefern Immersion und Präsenz im PKW-Simulator entstehen, bei welchem Ausgabegerät ein höherer Grad an Immersion und Präsenz erreicht wird und wie die Simulatorkrankheit das Entstehen der Immersion und Präsenz beeinflusst. Zunächst wurden die theoretischen und empirischen Grundlagen aufgearbeitet und anschließend anhand eines Experiments die Forschungshypothesen überprüft. Die Besonderheiten der Virtuellen Realität und dessen Relevanz für die Forschung wurden dargelegt. Es wurde sich der Definition von Virtueller Realität sowohl über die technische als auch über die kommunikationswissenschaftliche Sichtweise angenähert. Hierbei wurde die Relevanz von HMDs hervorgehoben. In Verbindung mit der Medienrezeption stehen die Konzepte Immersion und Präsenz. Die Immersion wurde im Kontext der physikalischen Immersion und der mentalen Immersion erläutert. Anschließend wurden verschiedene Perspektiven des Konzeptes Präsenz beschrieben. Um ein Verständnis der Simulatorkrankheit aufzubauen, wurden verschiedene Theorien erläutert. Anschließend wurden aus dem Forschungsstand fünf Forschungshypothesen abgeleitet, welche zur Klärung der Forschungsfragen dienen. Nach der Beschreibung der Methodik wurden die Hypothesen überprüft. Anhand eines quantitativen Laborexperiments wurden die Daten am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt Braunschweig erhoben. Das Experiment unterlag dabei einem Within-Subject Design. Es konnte eine Stichprobe von  $n = 33$  erhoben werden. Die Auswertung der Daten zeigt, dass keine statistisch signifikante Korrelation zwischen den immersiven Tendenzen oder der Vorerfahrung mit Bestandteilen der Simulatorfahrt und dem Entstehen von Immersion und Präsenz vorliegt. Somit kann die erste Forschungsfrage, welche erkundet, inwiefern Immersion und Präsenz im PKW-Simulator entstehen, nicht beantwortet werden. Anschließend wurde mittels eines t-Tests geprüft, ob bei der Verwendung von Desktop Displays oder der Verwendung eines HMDs im PKW-Simulator ein höherer Grad an Immersion und Präsenz entsteht. Da keine statistisch signifikanten Unterschiede im Empfinden von Immersion und Präsenz zwischen den Ausgabemedien festgestellt werden konnten, kann die zweite Forschungsfrage ebenfalls nicht beantwortet werden. Die dritte Forschungsfrage fragt danach, wie die Simulatorkrankheit das Entstehen von Immersion

und Präsenz beeinflusst. Im Kontext des Vergleiches zwischen den Ausgabegeräten wurde zunächst mittels eines t-Tests geprüft, bei welchem Gerät die Symptome der Simulatorkrankheit stärker empfunden wurden. Hierbei konnte jedoch ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Anschließend wurde mittels einer Korrelationsanalyse betrachtet, ob das Auftreten der Symptome mit dem Empfinden von Immersion und Präsenz zusammenhängt. Hierbei konnte eine statistisch signifikante negative Korrelation nachgewiesen werden, wodurch bestätigt werden kann, dass ein hoher Wert der Symptome der Simulatorkrankheit tendenziell mit einem niedrigeren Wert der empfundenen Präsenz und Immersion einhergeht. Somit beeinflusst die Simulatorkrankheit das Entstehen von Immersion und Präsenz negativ. Um ein möglichst hohes Empfinden an Immersion und Präsenz im PKW-Simulator zu erreichen, kann aufgrund der Daten keine Empfehlung ausgesprochen werden, ob zukünftig Desktop Displays oder HMDs für die Ausgabe verwendet werden sollten. Ein wichtiger Aspekt, welcher jedoch in Verbindung mit den Konzepten gebracht wurde, ist die Simulatorkrankheit. Daher kann angeraten werden, daran zu arbeiten, das Auftreten der Symptomatik so gering wie möglich zu halten, um eine möglichst hohe Immersion und Präsenz im PKW-Simulator zu erzielen.

In Hinblick auf anschließende Forschung gibt es mehrere Richtungen, in denen an das Thema angeknüpft werden kann. Für Folgestudien könnte es von Bedeutung sein, den Einfluss von Ton auf den Wert des PQs im PKW-Simulator zu untersuchen, da in der verwendeten Simulation kein Ton zu hören war. Darüber hinaus wurden in der Ausprägung mit HMD nur die Kopf- und die Handbewegungen in die Simulation übertragen. Die Verwendung eines Ganzkörper-Tracking-Anzuges oder anderer Sensorik würden das reale Interagieren mit der virtuellen Umgebung ausführlicher darstellen. Diese Verwendung bedingt auch weitere Untersuchungen. Eine Wiederholung des Experimentes unter Verwendung einer Versuchsfahrt, die eine höhere Interaktion mit der virtuellen Umgebung ermöglicht, wird angeraten, um die Ergebnisse dieser Arbeit zu überprüfen. Durch ein tieferes Verständnis der Immersion und Präsenz, wie auch den Wechselwirkungen der Simulatorkrankheit, ist diese Arbeit ein wichtiger Schritt in die Richtung einer optimierten Nutzung der Technologien der Virtuellen Realität in PKW-Simulatoren und ermöglicht weiterführende Forschung im Bereich der interaktiven und immersiven Medientechnologien.

## 9 Literaturverzeichnis

- Abbas, Jonathan R.; O'Connor, Alexander; Ganapathy, Eshu; Isba, Rachel; Payton, Tony; McGrath, Brendan; Tolley, Neil und Bruce, Iain (2023):** What is Virtual Reality? A healthcare-focused systematic review of definitions. In: Health Policy and Technology.
- Agreval, Sarvesh; Simon, Adèle; Bech, Søren; Bærentsen, Klaus B. und Forchammer, Søren (Hg.) (2019):** Defining immersion: Literature review and implications for research on immersive audiovisual experiences. Audio Engineering Society.
- Akerstedt, Torbjörn; Peters, Björn; Anund, Anna und Kecklund, Göran (2005):** Impaired alertness and performance driving home from the night shift: A driving simulator study. In: Journal of sleep research 14 (1), S. 17–20. DOI: 10.1111/j.1365-2869.2004.00437.x.
- Alcañiz Raya, Mariano; Chicchi Giglioli, Irene A.; Marín-Morales, Javier; Higuera-Trujillo, Juan L.; Olmos, Elena; Minissi, Maria E.; Teruel Garcia, Gonzalo; Sirera, Marian und Abad, Luis (2020):** Application of supervised machine learning for behavioral biomarkers of autism spectrum disorder based on electrodermal activity and virtual reality. In: Frontiers in human neuroscience 14.
- Almallah, Mustafa; Hussain, Qinaat; Reinolsmann, Nora und Alhajyaseen, Wael K. M. (2021):** Driving simulation sickness and the sense of presence: Correlation and contributing factors. In: Transportation research part F: traffic psychology and behaviour 78, S. 180–193.
- Ardito, Carmelo; Buono, Paolo; Costabile, Maria F. und Desolda, Giuseppe (2015):** Interaction with Large Displays. In: ACM Computing Surveys 47 (3), S. 1–38. DOI: 10.1145/2682623.
- Barfield, Woodrow und Hendrix, Claudia (1995):** The effect of update rate on the sense of presence within virtual environments. In: Virtual Reality 1 (1), S. 3–15. DOI: 10.1007/BF02009709.
- Barrett, Robin C. A.; Poe, Rollin; O'Camb, Justin W.; Woodruff, Cal; Harrison, Scott M.; Dolguikh, Katerina; Chuong, Christine; Klassen, Amanda D.; Zhang, Ruilin und Joseph, Rohan B. (2022):** Comparing virtual reality, desktop-based 3D, and 2D versions of a category learning experiment. In: PloS one 17 (10).

- Barricelli, Barbara R.; Gadia, Davide; Rizzi, Alessandro und Marini, Daniele L. R. (2016):** Semiotics of virtual reality as a communication process. In: Behaviour & Information Technology 35 (11), S. 879–896.
- Belz, S. M.; Robinson, G. S. und Casali, J. G. (1999):** A new class of auditory warning signals for complex systems: Auditory icons. In: Human factors 41 (4), S. 608–618. DOI: 10.1518/001872099779656734.
- Biocca, Frank (1992):** Will simulation sickness slow down the diffusion of virtual environment technology? In: Presence: Teleoperators & Virtual Environments 1 (3), S. 334–343.
- Brooks, Frederick P. (1999):** What's real about virtual reality? In: IEEE Computer graphics and applications 19 (6), S. 16–27.
- Brosius, Hans-Bernd; Haas, Alexander und Koschel, Friederike (2016):** Methoden der empirischen Kommunikationsforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. DOI: 10.1007/978-3-531-19996-2.
- Brouwer, W. H.; Waterink, W.; van Wolffelaar, P. C. und Rothengatter, T. (1991):** Divided attention in experienced young and older drivers: Lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. In: Human factors 33 (5), S. 573–582. DOI: 10.1177/001872089103300508.
- Bruck, Susan und Watters, Paul A. (2011):** The factor structure of cybersickness. In: Displays 32 (4), S. 153–158.
- Bülthoff, Heinrich H.; Foese-Mallot, B. und Mallot, Hanspeter A. (1997):** Virtuelle Realität als Methode der modernen Hirnforschung. In: Künstliche Paradiese, Virtuelle Realitäten: Künstliche Räume in Literatur-, Sozial- und Naturwissenschaften. Fink, S. 241–260.
- Bülthoff, Heinrich H. und van Veen, Hendrik A. (2001):** Vision and action in virtual environments: Modern psychophysics in spatial cognition research. In: Vision and attention. Springer, S. 233–252.
- Cai, Yiyu; van Joolingen, Wouter und Walker, Zachary (Hg.) (2019):** VR, Simulations and Serious Games for Education. Gaming Media and Social Effects. Singapore: Springer Singapore; Imprint: Springer.
- Cao, Shi; Nandakumar, Krithika; Babu, Rajju und Thompson, Benjamin (2020):** Game play in virtual reality driving simulation involving head-mounted display and comparison to desktop display. In: Virtual Reality 24, S. 503–513.
- Chen, Jessie Y. C. und Fragomeni, Gino (Hg.) (2022):** Virtual, augmented and mixed reality: Design and development. 14th international conference, vamr 2022, held as part of the 24th hci international conference, hci 2022, virtual event,

June 26 – July 1, 2022, proceedings, part I. Springer eBook Collection 13317.  
Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-05939-1.

**Concannon, Brendan J.; Esmail, Shaniff und Roduta Roberts, Mary (2019):** Head-Mounted Display Virtual Reality in Post-secondary Education and Skill Training. In: *Frontiers in Education* 4, Artikel 80. DOI: 10.3389/educ.2019.00080.

**Cummings, James J. und Bailenson, Jeremy N. (2016):** How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. In: *Media Psychology* 19 (2), S. 272–309.

**Cyriel Diels und Andrew M Parkes (2009):** Geometric field of view manipulations affect perceived speed in driving simulators. DOI: 10.13140/RG.2.1.2407.1526.

**Dodds, Trevor J.; Mohler, Betty J. und Bülthoff, Heinrich H. (2011):** Talk to the virtual hands: Self-animated avatars improve communication in head-mounted display virtual environments. In: *PloS one* 6 (10).

**Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Jung, Bernhard; Grimm, Paul und Göbel, Martin (2019):** Einführung in virtual und augmented reality. In: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, S. 1–42.

**Dörner, Ralf und Steinicke, Frank (2019):** Wahrnehmungsaspekte von VR. In: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, S. 43–78.

**Dużmańska, Natalia; Strojny, Paweł und Strojny, Agnieszka (2018):** Can simulator sickness be avoided? A review on temporal aspects of simulator sickness. In: *Frontiers in psychology* 9 (2132).

**Dzardanova, Elena; Kasapakis, Vlasios; Gavalas, Damianos und Sylaiou, Stella (2022):** Virtual reality as a communication medium: a comparative study of forced compliance in virtual reality versus physical world. In: *Virtual Reality* 26 (2), S. 737–757.

**Ellis, Stephen R. (1995):** Nature and origins of virtual environments: a bibliographical essay. In: *Readings in Human–Computer Interaction*. Elsevier, S. 913–932.

**Epic Games (2024):** Features. Online verfügbar unter: <https://www.unrealengine.com/en-US/features>, zuletzt geprüft am 10.03.2024.

**Grassini, Simone; Laumann, Karin und Luzi, Ann K. (2021):** Association of individual factors with simulator sickness and sense of presence in virtual reality mediated by head-mounted displays (hmds). In: *Multimodal Technologies and Interaction* 5 (3), S. 7.

- Grasso, Alice und Tagliabue, Mariaelena (2022):** Over-speeding trend across self-reported driving aberrant behaviors: A simulator study. In: *Frontiers in psychology* 13, S. 1028791. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1028791.
- Gutierrez, Mario; Vexo, Frédéric und Thalmann, Daniel (2008):** Stepping into virtual reality. Springer Science & Business Media.
- Heesen, Jessica (Hg.) (2016):** Handbuch Medien- und Informationsethik. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag.
- Heeter, Carrie (1992):** Being there: The subjective experience of presence. In: *Presence Teleoperators Virtual Environ* (2), S. 262–271.
- Held, Richard M. und Durlach, Nathaniel I. (1992):** Telepresence. In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 1 (1), S. 109–112. DOI: 10.1162/pres.1992.1.1.109.
- Himmels, Chantal; Rock, Teresa; Venrooij, Joost und Riener, Andreas (2022):** Simulator fidelity influences the sense of presence in driving simulators. In: Ji, Yong G. und Jeon, Myounghoon (Hg.): *Adjunct Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 17 09 2022 20 09 2022. New York, NY, USA: ACM. DOI: 10.1145/3544999.3552526, S. 53–57.
- HTC Corporation (2024):** Vive Pro Eye Specs. Online verfügbar unter: <https://www.vive.com/au/product/vive-pro-eye/specs/>, zuletzt geprüft am 10.03.2024.
- IJsselsteijn, Wijnand A.; Ridder, Huib de; Freeman, Jonathan und Avons, Steve E. (2000):** Presence: concept, determinants, and measurement. In: Rogowitz, Bernice E. und Pappas, Thrasyvoulos N. (Hg.). *SPIE Proceedings: Human Vision and Electronic Imaging V*, Saturday 22 January 2000. SPIE. DOI: 10.1117/12.387188, S. 520–529.
- Jensen, Lasse und Konradsen, Flemming (2018):** A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. In: *Education and Information Technologies* 23 (4), S. 1515–1529. DOI: 10.1007/s10639-017-9676-0.
- Jerome, Christian J. und Witmer, Bob (2002):** Immersive Tendency, Feeling of Presence, and Simulator Sickness: Formulation of a Causal Model. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 46 (26), S. 2197–2201. DOI: 10.1177/154193120204602620.

- Jeschke, Sabina (2014):** Exploring Virtuality. Virtualität Im Interdisziplinären Diskurs. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1592766>.
- Kalving, Matilda; Paananen, Siiri; Seppälä, Juha; Colley, Ashley und Häkkinen, Jonna (2022):** Comparing VR and Desktop 360 Video Museum Tours. In: Döring, Tanja; Boll, Susanne; Colley, Ashley; Esteves, Augusto und Guerreiro, João (Hg.): Proceedings of the 21st International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 27 11 2022 30 11 2022. New York, NY, USA: ACM. DOI: 10.1145/3568444.3570596, S. 282–284.
- Kemeny, Andras und Panerai, Francesco (2003):** Evaluating perception in driving simulation experiments. In: Trends in cognitive sciences 7 (1), S. 31–37. DOI: 10.1016/s1364-6613(02)00011-6.
- Kennedy, Robert S.; Lane, Norman E.; Berbaum, Kevin S. und Lilienthal, Michael G. (1993):** Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. In: The International Journal of Aviation Psychology 3 (3), S. 203–220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303\_3.
- Keshavarz, B.; Ramkhalawansingh, R.; Haycock, B.; Shahab, S. und Campos, J. L. (2018):** Comparing simulator sickness in younger and older adults during simulated driving under different multisensory conditions. In: Transportation research part F: traffic psychology and behaviour 54, S. 47–62.
- Kim, Woojae; Lee, Sanghoon und Bovik, Alan C. (2020):** VR sickness versus VR presence: A statistical prediction model. In: IEEE Transactions on Image Processing 30, S. 559–571.
- Klimmt, Christoph; Hartmann, Tilo und Vorderer, Peter (2005):** Macht der neuen Medien? »Überwältigung« und kritische Rezeptionshaltung in virtuellen Mediumgebungen. In: Publizistik 4 (50), S. 422–437.
- Klimmt, Christoph und Weber, René (2013):** Das Experiment in der Kommunikationswissenschaft. In: Handbuch standardisierte Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft. Handbuch. Wiesbaden: Springer VS. DOI: 10.1007/978-3-531-18776-1\_7, S. 125–144.
- Knoll, Matthias und Stieglitz, Stefan (2022):** Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 59 (1), S. 6–22. DOI: 10.1365/s40702-022-00840-5.
- Koch, Thomas; Peter, Christina und Müller, Philipp (2019):** Das Experiment in der Kommunikations- und Medienwissenschaft. Grundlagen, Durchführung und

Auswertung experimenteller Forschung. Studienbücher zur Kommunikations- und Medienwissenschaft, Wiesbaden, Heidelberg: Springer VS.

- Kolasinski, Eugenia M. (1995):** Simulator sickness in virtual environments.
- Langer, Elle (2020):** Medieninnovationen AR und VR. Erfolgsfaktoren für die Entwicklung von Experiences. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. Online verfügbar unter: <https://www.springer.com/de/book/9783662608258>.
- LaViola Jr, Joseph J. (2000):** A discussion of cybersickness in virtual environments. In: ACM Sigchi Bulletin 32 (1), S. 47–56.
- Lee, Jiwon; Kim, Mingyu und Kim, Jinmo (2017):** A study on immersion and VR sickness in walking interaction for immersive virtual reality applications. In: Symmetry 9 (5), S. 78.
- Lombard, Matthew und Ditton, Theresa (1997):** At the Heart of It All: The Concept of Presence. In: Journal of Computer-Mediated Communication 3 (2), JCMC321. DOI: 10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x.
- Lucas, Guillaume; Kemeny, Andras; Paillet, Damien und Colombet, Florent (2020):** A simulation sickness study on a driving simulator equipped with a vibration platform. In: Transportation research part F: traffic psychology and behaviour 68, S. 15–22.
- M. S. Elbamby; C. Perfecto; M. Bennis und K. Doppler (2018):** Toward Low-Latency and Ultra-Reliable Virtual Reality. In: IEEE Network 32 (2), S. 78–84. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700268.
- Malone, Sarah und Brünken, Roland (2021):** Hazard Perception, Presence, and Simulation Sickness—A Comparison of Desktop and Head-Mounted Display for Driving Simulation. In: Frontiers in psychology (12), Artikel 647723.
- Manetta, Carol und Blade, Richard A. (1995):** Glossary of virtual reality terminology. In: International Journal of Virtual Reality 1 (2), S. 35–39.
- Marini, Daniele; Folgieri, Raffaella; Gadia, Davide und Rizzi, Alessandro (2012):** Virtual reality as a communication process. In: Virtual Reality 16, S. 233–241.
- Merat, Natasha und Jamson, Hamish (2011):** A Driving Simulator Study to Examine the Role of Vehicle Acoustics on Drivers' Speed Perception. In: Proceedings of the 6th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design : driving assessment 2011, 27.–30.06.2011. Iowa City, Iowa: University of Iowa. DOI: 10.17077/drivingassessment.1401, S. 226–232.
- Minsky, Marvin (1980):** Telepresence. In: Omni 2, S. 45–51.

- Mollu, Kristof; Cornu, Joris; Brijs, Kris; Pirdavani, Ali und Brijs, Tom (2018):** Driving simulator study on the influence of digital illuminated billboards near pedestrian crossings. In: *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 59, S. 45–56. DOI: 10.1016/J.TRF.2018.08.013.
- Murray, Janet H. (1998):** *Hamlet on the holodeck. The future of narrative in cyberspace.* Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Pallavicini, Federica und Pepe, Alessandro (2019):** Comparing Player Experience in Video Games Played in Virtual Reality or on Desktop Displays. In: Arnedo, Joan; Nacke, Lennart E.; Vanden Abeele, Vero und New Mexico State University, New M. U. O. (Hg.): *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*, 22 10 2019 25 10 2019. New York, NY, USA: ACM. DOI: 10.1145/3341215.3355736, S. 195–210.
- Parker, Jah'inaya; Zhang, Fangda; Wang, Meng und Roberts, Shannon C. (2022):** How do drivers respond to vehicle cyberattacks? A driving simulator study. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 66 (1), S. 737–741. DOI: 10.1177/1071181322661506.
- Parsons, Thomas D. (2015):** Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental control in the clinical, affective and social neurosciences. In: *Frontiers in human neuroscience.*
- Rammert, Werner (2016):** *Technik - Handeln - Wissen. Zu einer pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie.* 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS. Online verfügbar unter: <http://www.springer.com/>.
- Reason, James T. (1978):** Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. In: *Journal of the royal society of medicine* 71 (11), S. 819–829.
- Reason, James T. und Brand, Joseph J. (1975):** *Motion sickness.* Academic press.
- Rebelo, Francisco; Noriega, Paulo; Duarte, Emília und Soares, Marcelo (2012):** Using virtual reality to assess user experience. In: *Human factors* 54 (6), S. 964–982. DOI: 10.1177/0018720812465006.
- Riccio, Gary E.; Martin, Eric J. und Stoffregen, Thomas A. (1992):** The role of balance dynamics in the active perception of orientation. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 18 (3), S. 624.
- Riccio, Gary E. und Stoffregen, Thomas A. (1991):** An ecological theory of motion sickness and postural instability. In: *Ecological psychology* 3 (3), S. 195–240.

- Robinett, Warren und Rolland, Jannick P. (1992):** A Computational Model for the Stereoscopic Optics of a Head-Mounted Display. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1 (1), S. 45–62. DOI: 10.1162/pres.1992.1.1.45.
- Roe, Cheryl; Brown, Timothy und Watson, Ginger (2007):** Factors associated with simulator sickness in a high-fidelity simulator. In: *Education* 251 (5A).
- Ryan, Marie-Laure (2001):** Narrative as virtual reality. Immersion and interactivity in literature and electronic media. Parallax, Baltimore, Md.: Johns Hopkins Univ. Press. DOI: 8955.
- Ryan Bengtsson, Linda und van Couvering, Elizabeth (2023):** Stretching immersion in virtual reality: How glitches reveal aspects of presence, interactivity and plausibility. In: *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies* 29 (2), S. 432–448. DOI: 10.1177/13548565221129530.
- Salimi, Zohreh und Ferguson-Pell, Martin W. (2021):** Motion sickness and sense of presence in a virtual reality environment developed for manual wheelchair users, with three different approaches. In: *PLoS one* 16 (8), e0255898.
- Savickaite, Sarune; McDonnell, Neil und Simmons, David (2022):** Defining virtual reality (VR). Scoping literature review on VR applications in autism research.
- Schubert, Thomas; Friedmann, Frank und Regenbrecht, Holger (2001):** The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 10 (3), S. 266–281. DOI: 10.1162/105474601300343603.
- Schweiger, Wolfgang und Fahr, Andreas (2013):** Handbuch Medienwirkungsforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-531-18967-3.
- Sharples, Sarah; Cobb, Sue; Moody, Amanda und Wilson, John R. (2008):** Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. In: *Displays* (29), S. 58–69.
- Sherman, William R. und Craig, Alan B. (2002):** Understanding virtual reality. Interface, application, and design. Morgan Kaufmann series in computer graphics and geometric modeling. s.l.: Elsevier textbooks. Online verfügbar unter: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=452856>.
- Shu, Yu; Huang, Yen-Zhang; Chang, Shu-Hsuan und Chen, Mu-Yen (2018):** Do virtual reality head-mounted displays make a difference? A comparison of presence and self-efficacy between head-mounted displays and desktop computer-facilitated virtual environments. In: *Virtual Reality* 23, S. 437–446.

- Slater, Mel; Linakis, Vasilis; Usoh, Martin und Kooper, Rob (1996):** Immersion, presence and performance in virtual environments. In: Green, Mark; Fairchild, Kim und Zyda, Michael (Hg.): Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '96, 01.–44.07.1996. New York, New York, USA: ACM Press. DOI: 10.1145/3304181.3304216, S. 163–172.
- Slater, Mel und Wilbur, Sylvia (1997):** A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. In: Presence: Teleoperators & Virtual Environments (6).
- Smith, Harrison J. und Neff, Michael:** Communication behavior in embodied virtual reality. In: Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems.
- Srinivasan, Aravinda R.; Schumann, Julian; Wang, Yueyang; Lin, Yi-Shin; Daly, Michael; Solernou, Albert; Zgonnikov, Arkady; Leonetti, Matteo; Billington, Jac und Markkula, Gustav (2023):** The COMMOTIONS Urban Interactions Driving Simulator Study Dataset. DOI: 10.48550/arxiv.2305.11909.
- Srivastava, Priyanka; Rimzhim, Anurag; Vijay, Palash; Singh, Shruti und Chandra, Sushil (2019):** Desktop VR is better than non-ambulatory HMD VR for spatial learning. In: Frontiers in Robotics and AI 6, Artikel 50.
- Steuer, Jonathan; Biocca, Frank und Levy, Mark R. (1995):** Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. In: Communication in the age of virtual reality 33.
- Szabo, B. K. und Gilanyi, Attila (2020):** The notion of immersion in virtual reality literature and related sources. In: 2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 23.–25.09.2020. IEEE. DOI: 10.1109/COGINFocom50765.2020.9237875, S. 371–378.
- Takashi Shibata (2002):** Head mounted display. In: Displays, 23(1), S. 57–64.
- Treisman, Michel (1977):** Motion sickness: an evolutionary hypothesis. In: Science 197 (4302), S. 493–495.
- Voinescu, Alexandra; Petrini, Karin und Stanton Fraser, Danaë (2023):** Presence and simulator sickness predict the usability of a virtual reality attention task. In: Virtual Reality, S. 1967–1983.
- Wang, Xuesong; Liu, Shuang; Cai, Bowen; Hurwitz, David; Guo, Qiming und Wang, Xiaomeng (2023):** Sample Size Study of Driving Simulator Experiment for Freeway Design Safety Evaluations. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2677 (6), S. 73–92. DOI: 10.1177/03611981221144296.

- Weech, Séamas; Kenny, Sophie und Barnett-Cowan, Michael (2019):** Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. In: *Frontiers in psychology* (10), Artikel 158.
- Wickens, Christopher (2021):** Attention: Theory, Principles, Models and Applications. In: *International Journal of Human-Computer Interaction* 37 (5), S. 403–417. DOI: 10.1080/10447318.2021.1874741.
- Wirth, Werner; Hartmann, Tilo; Böcking, Saskia; Vorderer, Peter; Klimmt, Christoph; Schramm, Holger; Saari, Timo; Laarni, Jari; Ravaja, Niklas; Gouveia, Feliz R.; Biocca, Frank; Sacau, Ana; Jäncke, Lutz; Baumgartner, Thomas und Jäncke, Petra (2007):** A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. In: *Media Psychology* 9 (3), S. 493–525. DOI: 10.1080/15213260701283079.
- Wirth, Werner und Hofer, Matthias (2008):** Präsenzerleben. Eine medienpsychologische Modellierung. Vorab-Onlinepublikation. DOI: 10.25969/mediarep/304.
- Witmer, Bob G.; Jerome, Christian J. und Singer, Michael J. (2005):** The Factor Structure of the Presence Questionnaire. In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 14 (3), S. 298–312. DOI: 10.1162/105474605323384654.
- Witmer, Bob G. und Singer, Michael J. (1998):** Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7 (3), S. 225–240. DOI: 10.1162/105474698565686.
- Xu, Xuanhui; Mangina, Eleni und Campbell, Abraham G. (2021):** HMD-Based Virtual and Augmented Reality in Medical Education: A Systematic Review. In: *Frontiers in Virtual Reality* 2, Artikel 692103. DOI: 10.3389/frvir.2021.692103.
- Yuan, Likai (2023):** Regarding the Immersion of VR, What do We Need to do to Make it Better? In: *Highlights in Science, Engineering and Technology* 39, S. 121–130. DOI: 10.54097/hset.v39i.6511.
- Zhang, Wei (2014):** On college oral English teaching in the base of virtual reality technology. In: *Applied Mechanics and Materials*, S. 2427–2430.
- Zocco, Alessandro; Livatino, Salvatore; Gainley, Phillip; Iqbal, Yasir und Morana, Giuseppe (2022):** The Immersion Advantage in Command & Control: from Desktop Monitors to VR Headsets. In: *IEEE International conference*, S. 449–453.

# 10 Anhang

## Fragebögen

ITQ:

Seite 02

1. Wie oft fühlen Sie sich durch Serien oder Filme „gefesselt“?

IT01

nie                   gelegentlich                   oft

2. Wie oft sind Sie in einen Film, eine Serie oder ein Buch derart vertieft, dass es anderen Menschen schwerfällt, Ihre Aufmerksamkeit zu erlangen?

IT02

nie                   gelegentlich                   oft

3. Wie wach und aufmerksam fühlen Sie sich im Moment?

IT03

unaufmerksam                   mäßig aufmerksam                   völlig aufmerksam

4. Wie oft sind Sie von einem Film derart gefesselt, dass Sie die Dinge, die um Sie herum passieren, nicht mehr wahrnehmen?

IT04

nie                   gelegentlich                   oft

5. Wie häufig identifizieren Sie sich stark mit den Charakteren einer Geschichte?

IT05

nie                   gelegentlich                   oft

6. Wie häufig kommt es vor, dass Sie von einem Computerspiel so gefesselt sind, dass Sie sich eher wie ein Teil des Spiels fühlen anstatt wie jemand, der den Joystick bewegt bzw. den Bildschirm beobachtet?

IT06

nie                   gelegentlich                   oft

7. Wie fit fühlen Sie sich heute körperlich?

IT07

nicht fit                   mäßig fit                   extrem fit

8. Wie gut können Sie Außeneinflüsse ignorieren, wenn Sie mit etwas beschäftigt sind?

IT08

überhaupt nicht gut                   mäßig gut                   sehr gut

9. Wie oft werden Sie beim Sport anschauen so davon gefesselt, dass Sie reagieren als wären Sie einer der Spieler?

IT09

nie                   gelegentlich                   oft

10. Wie häufig werden Sie von einem Tagtraum so gefesselt, dass Sie die Dinge um sich herum nicht mehr wahrnehmen?

IT10

nie                   gelegentlich                   oft

11. Wie häufig haben Sie Träume, die so real erscheinen, dass Sie beim Aufwachen verwirrt sind?

IT11

nie                   gelegentlich                   oft

12. Sind Sie beim Sport treiben manchmal so in das Spiel vertieft, dass Sie das Gefühl für die Zeit verlieren?

IT12

nie                   gelegentlich                   oft

13. Wie gut können Sie sich auf unangenehme Aktivitäten konzentrieren?

IT13

überhaupt nicht gut                   mäßig gut                   sehr gut

14. Wie häufig spielen Sie Computerspiele?

IT14

nie                   gelegentlich (einmal per Monat)                   oft (täglich)

15. Fühlen Sie sich manchmal angespannt, wenn Sie Verfolgungsjagden oder Kampfszenen in Filmen oder Serien sehen?

IT15

nie                   gelegentlich                   oft

16. Erschrecken Sie sich manchmal beim Schauen von bestimmten Szenen in Filmen oder Serien?

IT16

nie                   gelegentlich                   oft

17. Wie oft fühlen Sie sich lange nach dem Schauen eines furchteinflößenden Films noch ängstlich?

IT17

nie                   gelegentlich                   oft

18. Wie oft sind Sie so vertieft in etwas, dass Sie das Gefühl für die Zeit verlieren?

IT18

nie                   gelegentlich                   oft

## Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

---

Meng Zhang & Gina Bonita Ebers – 2023

PQ:

---

SPoRe → PQ

13.06.2023, 09:05

**Seite 01**

Bitte geben Sie zu Beginn Ihre zufällig bestimmte ID an.

ID01 

Proband ID

1. Für welchen Simulator werden Daten erhoben?

BE05 

[Bitte auswählen] 

2. Wie sehr konnten Sie die Ereignisse kontrollieren?

PQ01 

gar nicht                   etwas                   vollständig

3. Wie natürlich erschienen Ihnen die Interaktionen mit der Umgebung?

PQ02 

extrem künstlich                   neutral                   ganz natürlich

4. Wie sehr fühlten Sie sich durch die visuellen Aspekte der Umgebung einbezogen?

PQ03 

überhaupt nicht                   etwas                   vollständig

5. Wie sehr fühlten Sie sich durch die akustischen Aspekte der Umgebung einbezogen?

PQ04 

überhaupt nicht                   etwas                   vollständig

6. Wie natürlich waren die Mechanismen, mit denen Sie sich durch die Umgebung bewegen konnten?

PQ05 

sehr künstlich                   neutral                   ganz natürlich

7. Wie überzeugend war Ihre Wahrnehmung von den Objekten, die sich durch den Raum bewegten?

PQ06 

überhaupt nicht überzeugend                   moderat überzeugend                   sehr überzeugend

8. Wie sehr stimmten Ihre Erfahrungen in der virtuellen Umgebung mit Ihren Erfahrungen in der realen Welt überein?

PQ07 

keine Übereinstimmung                   moderate Übereinstimmung                   starke Übereinstimmung

9. Konnten Sie vorhersehen, was als Reaktion auf die von Ihnen durchgeführten Aktionen als nächstes passieren würde? PQ08

gar nicht                   etwas                   vollständig

10. Wie gut waren Sie in der Lage, aufgrund Ihrer visuellen Wahrnehmung die Umgebung zu erfassen oder etwas zu finden? PQ09

überhaupt nicht                   etwas                   vollständig

11. Wie gut konnten Sie Geräusche erkennen? PQ10

überhaupt nicht                   etwas                   ausführlich

12. Wie gut konnten Sie Geräusche lokalisieren? PQ11

überhaupt nicht                   etwas                   ausführlich

13. Wie überzeugend war Ihr Gefühl, sich in der virtuellen Umgebung zu bewegen? PQ12

nicht überzeugend                   moderat überzeugend                   Sehr überzeugend

14. Wie genau konnten Sie die Objekte untersuchen? PQ13

überhaupt nicht genau                   ziemlich genau                   sehr genau

15. Wie gut konnten Sie Objekte aus verschiedenen Blickwinkeln untersuchen?

PQ14 

- überhaupt nicht                   etwas                   ausführlich

16. Wie sehr waren Sie in das Geschehen in der virtuellen Welt hineingezogen?

PQ15 

- gar nicht hineingezogen                   etwas hineingezogen                   vollständig vertieft

17. Wie groß war die Verzögerung zwischen Ihren Handlungen und den erwarteten Folgen?

PQ16 

- keine Verzögerungen                   leichte Verzögerungen                   starke Verzögerungen

18. Wie schnell haben Sie sich an die Erfahrung mit der virtuellen Umgebung gewöhnt?

PQ17 

- überhaupt nicht                   langsam                   in weniger als einer Minute

19. Wie geschickt fühlten Sie sich am Ende der Sitzung darin, sich in der virtuellen Umgebung zu bewegen und mit ihr zu interagieren?

PQ18 

- nicht geschickt                   geschickt                   sehr geschickt

20. Inwieweit hat die Qualität der visuellen Darstellung Sie bei der Ausführung der zugewiesenen Aufgaben oder erforderlichen Aktivitäten beeinträchtigt oder abgelenkt?

PQ19 

- überhaupt nicht abgelenkt                   etwas abgelenkt                   hat mich von der Aufgabe abgehalten

21. Wie sehr haben die Steuergeräte die Ausführung der zugewiesenen Aufgaben oder andere Aktivitäten beeinträchtigt? PQ20 

überhaupt nicht beeinträchtigt   
    
    
  etwas beeinträchtigt   
    
    
  stark beeinträchtigt

22. Wie gut konnten Sie sich auf die zugewiesenen Aufgaben oder erforderlichen Aktivitäten konzentrieren und nicht auf die Mechanismen, die zur Ausführung dieser Aufgaben oder Aktivitäten verwendet wurden? PQ21 

überhaupt nicht   
    
    
  etwas   
    
    
  vollständig

23. Wie vollständig waren Ihre Sinne bei dieser Erfahrung involviert? PQ22 

überhaupt nicht   
    
    
  etwas   
    
    
  vollständig

24. Gab es Momente während der Erfahrung in der virtuellen Umgebung, in denen Sie sich vollständig auf die Aufgabe oder Umgebung konzentriert fühlten? PQ23 

nie   
    
    
  gelegentlich   
    
    
  oft

25. Wie gut konnten Sie sich an die Steuergeräte anpassen, die zur Interaktion mit der virtuellen Umgebung verwendet wurden? PQ24 

überhaupt nicht   
    
    
  etwas   
    
    
  ausführlich

26. War die, durch verschiedene Sinne in der virtuellen Umgebung, bereitgestellte Information (z.B. Sehen, Hören, Tasten) konsistent? PQ25 

überhaupt nicht konsistent   
    
    
  etwas   
    
    
  vollständig konsistent

## **Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

# SSQ:

Bitte geben Sie zu Beginn Ihre zufällig bestimmte ID an.

ID01

Proband ID

1. Für welchen Simulator werden Daten erhoben?

BE05

[Bitte auswählen] ▾

2. Bitte kreuzen Sie an, ob und gegebenenfalls wie stark die folgenden Symptome während des Versuches auf Ihren Zustand zutreffen haben.

SF01

	gar nicht	leicht	mittel	schwer
Allgemeines Unwohlsein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erschöpfung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kopfschmerzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gereizte Augen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Probleme scharf zu sehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhter Speichelfluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schwitzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Übelkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Konzentrationschwierigkeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kopfdrücken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verschwommener Blick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Benommenheit (Augen offen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Benommenheit (Augen geschlossen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schwindel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flaues Gefühl im Magen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aufstoßen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## **Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

# Demografie Fragebogen:

---

SPoRe → DF

13.06.2023, 09:03

**Seite 01**

## 1. Wer wird getestet?

DF01 

Bitte geben Sie die zufällige ID an, welche Ihnen vom Versuchsleiter mitgeteilt wurde.

Meine ID lautet

---

**Seite 02**

## 2. In welchem Jahr wurden Sie geboren?

DF02 

Bitte geben Sie ihre Geburtsjahr im Format JJJJ an.

Mein Geburtsjahr ist

## 3. Bitte geben Sie Ihr biologisches Geschlecht an.

DF03 

- weiblich
- männlich
- divers

## 4. Welche Fahrerlaubnis besitzen Sie?

DF04 

Bitte wählen Sie alle Felder aus, die zutreffen.

- PKW
- LKW
- Motorrad
- Sonstige
- Keine

**5. Wann haben Sie Ihren (ersten) Führerschein bekommen?**

DF05

Bitte geben Sie das Jahr im Format JJJJ an.

Mein Führerschein wurde im Jahr  ausgestellt.

**6. Wie viel sind Sie insgesamt selbst gefahren seitdem Sie ihren ersten Führerschein erhalten haben?**

DF06

Bitte geben Sie die Distanz und Dauer an.

Ich bin bisher insgesamt etwa  km gefahren.

Pro Woche fahre ich durchschnittlich  Stunden.

**7. Wie viel sind Sie im letzten Jahr selbst gefahren?**

DF07

Bitte geben Sie die Distanz und Dauer an.

Ich bin im letzten Jahr insgesamt etwa  km gefahren.

Pro Woche bin ich durchschnittlich  Stunden.

**8. Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu folgenden Aussagen an.**

DF11

Wie oft spielen Sie Computerspiele?

nie	weniger als einmal im Monat	einmal im Monat	einmal pro Woche	mehrmals pro Woche	täglich
-----	-----------------------------	-----------------	------------------	--------------------	---------

Wie oft spielen Sie Rennspiele?

nie	weniger als einmal im Monat	einmal im Monat	einmal pro Woche	mehrmals pro Woche	täglich
-----	-----------------------------	-----------------	------------------	--------------------	---------

Wie oft nutzen Sie Virtual-Reality Headsets?

nie	weniger als einmal im Monat	einmal im Monat	einmal pro Woche	mehrmals pro Woche	täglich
-----	-----------------------------	-----------------	------------------	--------------------	---------

9. Wie sehr stimmen die folgenden Aussagen?

DF12 

Ich kann Geschwindigkeiten von motorisierten Fahrzeugen im Alltag gut einschätzen.

stimmt gar nicht	stimmt weitgehend nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt weitgehend	stimmt völlig
------------------	-------------------------	-------------------	-------------	-------------------	---------------

Ich konnte die Geschwindigkeit des überholenden Verkehrs über die Zeit des Versuches besser einschätzen.

stimmt gar nicht	stimmt weitgehend nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt weitgehend	stimmt völlig
------------------	-------------------------	-------------------	-------------	-------------------	---------------

---

Letzte Seite

## Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

# Ausgaben SPSS

SPSS: Stichprobe

		Anzahl	Mittelwert	Spannweite	Maximum	Minimum
Geschlecht	weiblich	7				
	männlich	26				
	divers	0				
Geburtsjahr			1990	51	2004	1953
Führerschein Ausstellungsjahr			2008			
Gefahrenere km insgesamt, seit erhalt des ersten Führerscheins			159312			
Gefahrenere Stunden Woche durchschnittlich			4			
Gefahrenere km im letzten Jahr			9183			
Gefahrenere Stunden wöchentlich im letzten Jahr			4			
Wie oft spielen sie Computerspiele?	nie	5				
	weniger als einmal im Monat	10				
	einmal im Monat	4				
	einmal pro Woche	2				
	mehrmals pro Woche	5				
	täglich	7				
Wie oft spielen sie Rennspiele?	nie	12				
	weniger als einmal im Monat	13				
	einmal im Monat	4				
	einmal pro Woche	2				
	mehrmals pro Woche	2				
	täglich	0				
Wie oft nutzen sie VR Headsets?	nie	21				
	weniger als einmal im Monat	8				
	einmal im Monat	2				
	einmal pro Woche	1				
	mehrmals pro Woche	1				
	täglich	0				

SPSS: Korrelation H1

## Korrelationen

		ITQ_Scale_mean	PQ_Scale_mean
ITQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	1	-,052
	Sig. (2-seitig)		,680
	N	66	66
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,052	1
	Sig. (2-seitig)	,680	
	N	66	66

SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H1

**BE05 = Car Display**

**Korrelationen<sup>a</sup>**

		ITQ_Scale_mean	PQ_Scale_mean
ITQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	1	-,154
	Sig. (2-seitig)		,391
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,154	1
	Sig. (2-seitig)	,391	
	N	33	33

a. BE05 = Car Display

**BE05 = Car VR**

**Korrelationen<sup>a</sup>**

		ITQ_Scale_mean	PQ_Scale_mean
ITQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	1	,027
	Sig. (2-seitig)		,880
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	,027	1
	Sig. (2-seitig)	,880	
	N	33	33

a. BE05 = Car VR

SPSS: Korrelation H2

### Korrelationen

		Vorerfahrung_Mean	PQ_Scale_mean
Vorerfahrung_Mean	Pearson-Korrelation	1	,034
	Sig. (2-seitig)		,785
	N	66	66
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	,034	1
	Sig. (2-seitig)	,785	
	N	66	66

SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H2

### BE05 = Car Display

		Vorerfahrung_Mean	PQ_Scale_mean
Vorerfahrung_Mean	Pearson-Korrelation	1	-,119
	Sig. (2-seitig)		,509
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,119	1
	Sig. (2-seitig)	,509	
	N	33	33

a. BE05 = Car Display

### BE05 = Car VR

		Vorerfahrung_Mean	PQ_Scale_mean
Vorerfahrung_Mean	Pearson-Korrelation	1	,154
	Sig. (2-seitig)		,392
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	,154	1
	Sig. (2-seitig)	,392	
	N	33	33

a. BE05 = Car VR

### SPSS: t-Test H3

#### Gruppenstatistiken

	BE05	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
PQ_Scale_mean	Car Display	33	4,5830	,74787	,13019
	Car VR	33	4,6461	,96255	,16756

#### Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		t-Test für die Mittelwertgleichheit						95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Sig.	T	df	Signifikanz		Mittlere Differenz	Differenz für Standardfehler	Unterer Wert	Oberer Wert
						Einseitiges p	Zweiseitiges p				
PQ_Scale_mean	Varianzen sind gleich	4,523	,037	-,297	64	,384	,767	-,06303	,21219	-,48693	,36087
	Varianzen sind nicht gleich			-,297	60,3	,384	,767	-,06303	,21219	-,48743	,36137

#### Effektgrößen bei unabhängigen Stichproben

		Standardisierter <sup>a</sup>	Punktschätzung	95% Konfidenzintervall	
				Unterer Wert	Oberer Wert
PQ_Scale_mean	Cohen's d	,86192	-,073	-,556	,410
	Hedges' Korrektur	,87219	-,072	-,549	,405
	Glass' Delta	,96255	-,065	-,548	,418

- a. Der bei der Schätzung der Effektgrößen verwendete Nenner.  
 Cohen's d verwendet die zusammengefasste Standardabweichung.  
 Hedges' Korrektur verwendet die zusammengefasste Standardabweichung und einen Korrekturfaktor.  
 Glass' Delta verwendet die Standardabweichung einer Stichprobe von der Kontrollgruppe.

SPSS: t-Test H4

**t-Test**

**Gruppenstatistiken**

	BE05	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SSQ_TotalScore	Car Display	33	587,6356	89,56706	15,59162
	Car VR	33	640,9816	165,20480	28,75846

**Test bei unabhängigen Stichproben**

		Levene-Test der Varianzgleichheit		t-Test für die Mittelwertgleichheit						95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Sig.	T	df	Signifikanz		Mittlere Differenz	Differenz für Standardfehler	Unterer Wert	Oberer Wert
						Einseitiges p	Zweiseitiges p				
SSQ_TotalScore	Varianzen sind gleich	4,159	,046	-1,631	64	,054	,108	-53,34600	32,71312	-118,69796	12,00596
	Varianzen sind nicht gleich			-1,631	49,316	,055	,109	-53,34600	32,71312	-119,07482	12,38282

**Effektgrößen bei unabhängigen Stichproben**

		Standardisiere $r^a$	Punktschätzung g	95% Konfidenzintervall	
				Unterer Wert	Oberer Wert
SSQ_TotalScore	Cohen's d	132,88131	-,401	-,887	,088
	Hedges' Korrektur	134,46428	-,397	-,877	,087
	Glass' Delta	165,20480	-,323	-,809	,168

- a. Der bei der Schätzung der Effektgrößen verwendete Nenner:  
 Cohen's d verwendet die zusammengefasste Standardabweichung.  
 Hedges' Korrektur verwendet die zusammengefasste Standardabweichung und einen Korrekturfaktor.  
 Glass' Delta verwendet die Standardabweichung einer Stichprobe von der Kontrollgruppe.

SPSS: Korrelation H5

## Korrelationen

		SSQ_TotalScore	PQ_Scale_mean
SSQ_TotalScore	Pearson-Korrelation	1	-,376**
	Sig. (2-seitig)		,002
	N	66	66
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,376**	1
	Sig. (2-seitig)	,002	
	N	66	66

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

SPSS: Korrelation BE05 Car Display, Car VR H5

**BE05 = Car Display**

**Korrelationen<sup>a</sup>**

		SSQ_TotalScore	PQ_Scale_mean
SSQ_TotalScore	Pearson-Korrelation	1	-,385*
	Sig. (2-seitig)		,027
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,385*	1
	Sig. (2-seitig)	,027	
	N	33	33

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

a. BE05 = Car Display

**BE05 = Car VR**

**Korrelationen<sup>a</sup>**

		SSQ_TotalScore	PQ_Scale_mean
SSQ_TotalScore	Pearson-Korrelation	1	-,401*
	Sig. (2-seitig)		,021
	N	33	33
PQ_Scale_mean	Pearson-Korrelation	-,401*	1
	Sig. (2-seitig)	,021	
	N	33	33

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

a. BE05 = Car VR

## 11 Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit „*Virtuelle Realität und Displays im Vergleich: Inwiefern entstehen Immersion und Präsenz in PKW-Simulatoren?*“ selbstständig verfasst sowie keine anderen als die vollständig angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe und dass die Arbeit nicht bereits als Prüfungsarbeit vorgelegen hat. Mir ist bewusst, dass Täuschungsversuche - insbesondere nachgewiesene Plagiate - nach § 11, Abs. (4), Satz 2 der Allgemeinen Prüfungsordnung (Stand: 31.10.2013) zum endgültigen Nichtbestehen einer Prüfung und somit dem Scheitern im Studiengang führen können.

Braunschweig, 25.03.2024

  
\_\_\_\_\_

Gina Bonita Ebers

Tel.-Nr.: 017641811457

E-Mail: g.ebers@hbk-bs.de