

# Simulation von Verkehrsszenarien im virtuellen Raum

---

## Gestaltung und Validierung eines Fahrsimulators

### **Autor**

Simon Wehrli

### **Fachliche Betreuung**

Dr. Oliver Christ

Fachhochschule Nordwestschweiz

### **Praxispartner**

Fachhochschule Nordwestschweiz Olten

Hochschule für Angewandte Psychologie

### **Bachelor Thesis**

Hochschule für Angewandte Psychologie

Fachhochschule Nordwestschweiz Olten

Bachelorstudiengang 6. Semester

2017

## Danksagung

Gerne möchte ich mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich während des Projektes begleitet und unterstützt haben. Besonderer Dank gebührt hierbei meinem Betreuer, Herrn Dr. Oliver Christ für seine Anregungen und fachlichen Hilfestellungen sowie seine Entscheidung, diesen Auftrag unserem Projektteam anzuvertrauen. Auch Herrn Prof. Dr. Stefan Arisona sei an dieser Stelle für die Unterstützung auf technischer Ebene gedankt. Ganz herzlich bedanken, möchte ich mich auch bei meinen Projektpartnern Kaspar Kaufmann und Emanuel Mistretta. Durch ihre motivierte Mitarbeit haben sie den Abschluss dieses Projektes überhaupt erst ermöglicht. Zu guter Letzt ein grosses Dankeschön an Thomas Wyssenbach von [www.survey.fish](http://www.survey.fish). Dank seiner Unterstützung konnten alle Onlinebefragungen tadellos durchgeführt werden.

## Abstract

Die vorliegende Arbeit behandelt die Gestaltung und Evaluierung eines Fahrsimulators. Neben der technischen Umsetzung wird vor allem die Generierung, Auswertung und Diskussion von Daten besprochen. Es werden die Annahmen geprüft, dass das Alter keinen Einfluss auf die Reaktionszeit, das männliche Geschlecht jedoch eine Tendenz zu höherer Durchschnittsgeschwindigkeit habe. Insgesamt wurden 32 Probanden in die Datenauswertung miteinbezogen. Davon waren 18 Probanden männlich und 14 weiblich. Beide Annahmen konnten bestätigt werden. Bezüglich Geschlecht und Durchschnittsgeschwindigkeit wurden sehr hohe Effektstärken festgestellt. Dies sind Resultate, die auf die Validität des Fahrsimulators hindeuten. Nichtsdestotrotz sollten noch weitere Ressourcen investiert werden, um die technische Entwicklung des Simulators weiterzuentwickeln sowie auch eine grössere Stichprobe untersuchen zu können. Zusätzliche Förderung und Evaluierung würde die Praxisrelevanz des Versuches noch erhöhen. Der Simulator könnte dann eventuell für Langzeitstudien bezüglich Verkehrssicherheit oder ähnlichen Anwendungen genutzt werden.

Dieser Bericht umfasst 81'817 Zeichen (inkl. Leerzeichen, ohne Anhang).

## Glossar

### *Übersetzung Englisch – Deutsch*

augmented reality	erweiterte Realität	motion sickness	Bewegungskrankheit
between-groups	zwischen Gruppen	questionnaire	Fragebogen
Head-Mounted Display	am Kopf befestigte Anzeige	raycast	Abtastung durch projizierten Strahl
engine	Arbeitsmaschine	reminder	Erinnerung
equipment	Ausrüstung	score	Wert
eye tracking	Blickerfassung	simulator sickness	Simulatorkrankheit
feedback	Rückmeldung	social media	soziale Medien
force feedback	Kraftrückkopplung	susceptibility	Anfälligkeit
frame	Einzelbild	user	Benutzer
level streaming	gebietsspezifische Datenübertragung	virtual reality	virtuelle Realität
mixed reality	gemischte Realität	within-subject	zwischen Subjekten

### *Abkürzungen*

bspw.	beispielsweise	o. Ä.	oder Ähnliche(s)
bzw.	beziehungsweise	vgl.	Vergleiche
etc.	et cetera	z.B.	zum Beispiel

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	1
1.1	Ausgangslage .....	1
1.2	Aufbau der Arbeit und Abgrenzung .....	2
2.	Theoretische Grundlagen unabhängiger Variablen .....	3
2.1	Alter.....	3
2.2	Geschlecht .....	4
2.3	Forschungsfrage und Hypothesen .....	5
3.	Theoretische Grundlagen Fahrsimulator .....	6
3.1	Funktionsprinzip .....	6
3.2	Virtual Reality .....	7
3.3	Simulator Sickness.....	9
4.	Methodik .....	10
4.1	Aufbau Simulator.....	10
4.1.1	Virtuelle Umgebung.....	10
4.1.2	Messsystem und Datenausgabe .....	14
4.1.3	Hardware.....	15
4.2	Probandenakquise.....	18
4.2.1	Ausschlusskriterien .....	18
4.2.2	Vorauswahl .....	18
4.2.3	Rekrutierung .....	20
4.3	Variablen.....	21
4.3.1	Unabhängige Variablen .....	21
4.3.2	Abhängige Variablen .....	22
4.3.3	Störvariablen.....	22
4.4	Versuchsplan .....	23

4.5	Durchführung .....	25
4.6	Analyse.....	26
5.	Ergebnisse und Auswertung .....	28
5.1	Überprüfung Hypothese 1 .....	28
5.2	Überprüfung Hypothese 2 .....	29
6.	Diskussion .....	30
7.	Ausblick.....	32
8.	Reflexion und Limitationen.....	34
8.1	Methode .....	34
8.2	Technik.....	35
8.3	Persönlicher Rückblick .....	35
9.	Literaturverzeichnis.....	37
10.	Abbildungsverzeichnis .....	42
11.	Tabellenverzeichnis.....	43
12.	Anhang.....	44
12.1	Anhang A: Screenshots Virtuelle Umgebung .....	44
12.2	Anhang B: Screenshots Fussgänger und Objekte .....	46
12.3	Anhang C: Fragebogen Vorselektion .....	48
12.4	Anhang D: Drehbuch .....	52
12.5	Anhang E: Fragebögen Erhebung .....	57
12.6	Anhang F: Debriefing.....	60
12.7	Anhang G: Auswertung - Tabellen und Diagramme .....	61

## 1. Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Implementierungen von Neuerungen im Strassenverkehr müssen stets mit viel Bedacht durchgeführt werden. So ist gerade im Bereich der Strassensicherheit der Bedarf nach Verbesserung vorhanden; jedoch sind stets sehr viele Faktoren beteiligt und die Wirksamkeit einer Implementierung kann nicht befriedigend im Voraus abgeschätzt werden. Die Verursachung von Personenschäden bei der Testung einer Neuerung ist bestimmt eine der schlimmsten möglichen Konsequenzen. Die Angst vor derartigen Schäden ist oft der Grund, warum Innovationen nicht einfach ohne Weiteres umgesetzt werden können.

Das vorliegende Projekt möchte einen Beitrag leisten, zukünftige Ideen ohne Gefahren für Verkehrsteilnehmende testen zu können. So wurde in einem interdisziplinären Ansatz, in Zusammenarbeit der Fachgebiete Psychologie und Informatik, ein Fahrsimulator gestaltet, der die virtuelle Testung von Verkehrssituationen realistisch ermöglichen soll. Das Projekt besteht dabei aus dem Aufbau des Simulators, der Gestaltung der virtuellen Umgebung, der Testung von Versuchsprobanden sowie der Auswertung von erhaltenen Daten. Den Probanden oblag während der Erhebung die Aufgabe, eine virtuelle Umgebung nach Navigation abzufahren und einen Knopf auf dem Lenkrad zu betätigen, wenn sie einen Fussgänger beim Fussgängerstreifen erblickten.

Die vorliegende Arbeit verfolgt die Forschungsfrage, *ob der vom Projektteam entworfene Simulator in der Lage ist, Aspekte von realitätsgetreuem Fahren zu simulieren*. Dies soll durch die Überprüfung geschehen, ob die Variablen *Alter* und *Geschlecht*, Einfluss auf *Durchschnittsgeschwindigkeit* sowie *Reaktionszeit* haben. Bekannte Tendenzen sind von anderen Studien vorgefunden worden. Neben der Validierung des Fahrsimulators wäre dadurch ebenfalls eine weitere Bekräftigung der in Kapitel 2 angesprochenen Studienresultate möglich. Die totale Reaktionszeit kann grundsätzlich aufgeteilt werden, in die mentale Verarbeitungszeit (Signal erkennen und für eine Reaktion entscheiden), Bewegungszeit (Durchführung von Bewegung wie bspw. Fuss auf Bremse drücken) und Gerätereaktionszeit (bspw. Zeit die das Auto braucht um zu stoppen) (Green, 2000). In der vorliegenden Studie geht es jedoch nicht nur darum einen offensichtlich präsentierten Reiz (bspw. ein blinkendes Licht) wahrzunehmen und zu reagieren. Es kommt der zusätzliche Faktor hinzu, dass Fussgängerstreifen und Fussgänger zuerst entdeckt werden müssen. Die Zeit ab wenn der Fussgänger potentiell erkennbar wäre, bis

zum Moment, wenn der Proband den Fussgänger tatsächlich entdeckt, muss ebenfalls miteinander berechnet werden. Wenn in dieser Studie von Reaktionszeit gesprochen wird, wird damit entsprechend die Zeit gemeint, von der potentiell möglichen Erkennung des Fussgängers bis zum tatsächlichen Drücken des Knopfes. Es wird also von der Summe der Zeit bis zur Sichtung, der mentalen Verarbeitungszeit sowie der Bewegungszeit gesprochen. Für eine detaillierte Erklärung des Messsystems soll auf Kapitel 4.1.2 verwiesen werden.

## 1.2 Aufbau der Arbeit und Abgrenzung

### Aufbau

Zu Beginn wird in den theoretischen Grundlagen beschrieben, weshalb welche Variablen betrachtet werden und welche Hypothesen aus der Theorie abgeleitet werden können. Anschliessend vermittelt ein Theorieteil das notwendige Wissen bezüglich Simulatoren und Virtual Reality (VR). Der zusätzliche Virtual Reality Abschnitt ist in diesem Zusammenhang sinnvoll, da diese Technologie beim Simulator zum Einsatz kommt und einen grossen Einfluss auf die Immersion (Eintauchen in eine virtuelle Umgebung (Wermke, Klosa, Kunkel-Razum, &

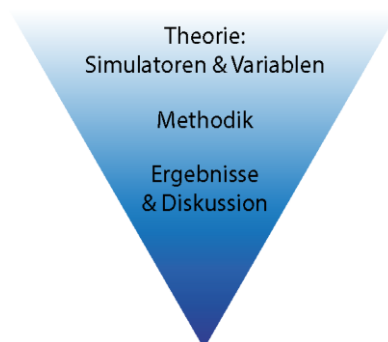


Abbildung 1: Strukturierung der Arbeit (eigene Darstellung)

Scholze-Stubenrecht, 2000)) der Versuchsprobanden hat. Im Kapitel Methodik wird der vom Projektteam entworfene Simulator, die verwendeten Materialien und Apparate, Setting und Design des Experiments sowie Durchführung und Analyse besprochen. Die gesammelten Ergebnisse werden im Kapitel 'Ergebnisse und Auswertung' dargestellt. Zum Schluss werden die Ergebnisse diskutiert und Methodik sowie Technik werden reflektiert (Abbildung 1).

### Abgrenzung

Das Projektteam dieser Studie setzte sich aus zwei Psychologie- und einem Informatikstudenten zusammen. Während das ganze Team am Aufbau des Settings und des Simulators beteiligt war, waren die Ziele der einzelnen Mitglieder unterschiedlich. So liegt der Fokus dieser Arbeit darin, zu überprüfen, ob der Simulator die unabhängigen Variablen *Alter* und *Geschlecht* bezogen auf spezifische abhängige Variablen realistisch abbildet. Durch die detaillierte Beschreibung des Experiments werden natürlich in dieser Arbeit auch technische Details des Simulators, der virtuellen Umgebung und andere interessante Variablen angesprochen. Für



eine detaillierte Betrachtung der technischen Aspekte sollte jedoch die Bachelorarbeit *'MaSiZe – Machbarkeitsstudie sicherer Zebrastreifen'* von Emanuel Mistretta konsultiert werden. Auswirkungen der Variablen *Licht- und Displaybedingung* werden in der Bachelorarbeit *'Fussgängererkennung im virtuellen Raum'* von Kaspar Kaufmann behandelt.

## 2. Theoretische Grundlagen unabhängiger Variablen

Im Folgenden sollen die in dieser Arbeit untersuchten Prädiktoren sowie deren theoretischen Grundlagen erläutern werden.

### 2.1 Alter

Generelle Reaktionszeitstudien konnten feststellen, dass eine grundsätzliche Verlangsamung der Reaktion mit zunehmendem Alter stattfindet (Welford, 1988). Jedoch ist der Effekt stark abhängig vom Typ des Tests (bspw. Reaktion auf Licht oder Reaktion auf Vibration). Green (2000) stellte in einer Metastudie zusätzlich fest, dass Studien, die sich auf die Bremsgeschwindigkeit bezogen, zu gemischten Resultaten gelangten. So wurden von einigen Studien Resultate gefunden, die auf langsamere Reaktionen von älteren Fahrern hindeuten (Broen & Chiang, 1996; Lings, 1991; Makishita & Matsunaga, 2008); von anderen wiederum konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden (Lerner, 1993; Olson & Sivak, 1986). Als dritte Variante stellten (Warshawsky-Livne & Shinar, 2002) fest, dass sich die Wahrnehmungszeit von älteren Personen zwar verlangsamt, die Bremsbewegungszeit jedoch nicht. Olson und Sivak (1986) sowie Arbuthnott (1980, zitiert nach Green, 2000, S. 209) finden als eine mögliche Begründung für Resultate, die gegen einen Alterseffekt sprechen, die Erfahrung von älteren Autofahrern. So fand Arbuthnott (1980, zitiert nach Green, 2000, S. 209) Resultate, die darauf schliessen lassen, dass ältere Autofahrer gefährliche Situationen schneller identifizieren und dadurch ihre langsamere Wahrnehmung oder Bewegung kompensieren können. Interessanterweise findet Green (2000) jedoch auch Unterschiede in der verwendeten Methodik. So werden Alterseffekte hauptsächlich bei der Verwendung von Simulatoren entdeckt, während Studien, die unter realen Bedingungen stattfinden, mehrheitlich keine Effekte feststellen. Das Ziel dieses Projektes war es, einen möglichst realitätsnahen Fahrsimulator zu entwickeln. Zwar reagierten die Probanden nicht durch ein konkretes Betätigen der Bremse, sondern durch Betätigung eines Knopfes, was eher einer klassischen Reaktionszeitstudie ent-

spricht, abgesehen davon waren jedoch viele reale Ablenkungen wie das Halten der Geschwindigkeit, Lenken, Bremsen, Navigation etc. vorhanden. Ausserdem mussten die Probanden auf Fussgänger und nicht auf Lichtpunkte o. Ä. reagieren.

Ein wesentlicher Faktor in der Diskussion um das Alter ist die Definition von *älteren Autofahrern*, die mit jeder Studie variiert (Green, 2000). Eine gängige Definition sind laut Green (2000) 56 Jahre, jedoch werde in der Forschung häufig mit 60 bis 65 Jahren gearbeitet. Das im vorliegenden Projekt erreichte Höchstalter beträgt 40 Jahre. Dies ist in allen erwähnten Studien noch mindestens zehn Jahre von dieser Definitionsgrenze entfernt. So zählen beispielsweise Autofahrer zwischen 41 und 54 Jahren in Makishita und Matsunagas (2008) Studie zur mittleren Altersklasse. Die Unterschiede in der Reaktionszeit dieser mittleren Altersklasse waren dann, verglichen mit der jungen Altersklasse (20 bis 29 Jahre), auch nicht signifikant verschieden. Die Probanden der mittleren Altersklassen zeigten in den dieser Studie ähnlichen Settings sogar eher schnellere Reaktionszeiten. So betrug die durchschnittliche Reaktionszeit der jungen Altersgruppe auf einer simulierten Strasse ca. 0.5 Sekunden und auf einer realen Strasse ca. 0.8 Sekunden. Die durchschnittliche Reaktionszeit der mittleren Altersklasse betrug auf der simulierten Strasse ca. 0.45 Sekunden und auf der realen Strasse ca. 0.7 Sekunden

Die Betrachtung der genannten Faktoren führt zu folgender Hypothese:

*Wenn die Variable Alter variiert wird, hat dies keinen signifikanten Einfluss auf die Reaktionszeit der Probanden.*

## 2.2 Geschlecht

Ewert, Scaramuzza, Niemann und Walter (2010) sagen aus, dass Geschwindigkeitsdelikte in der Schweiz nach wie vor hauptsächlich ein Problem des männlichen Geschlechts darstellen. Dies widerspiegelt sich zum einen an der Häufigkeit, mit der Geschwindigkeitsübertretungen begangen werden, aber auch am Anteil von Geschwindigkeitsunfällen. So sind bei auf Geschwindigkeit beruhenden Unfällen drei Viertel aller Opfer männlich. 80% der Opfer sind zwischen 18 und 59 Jahre und jedes 5. Opfer ist zwischen 18 und 24 Jahre alt. An der Tatsache, dass Geschwindigkeitsdelikte nach wie vor 'Männersache' seien, habe sich also trotz der allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklung nichts verändert. Dies scheint kein Phänomen zu sein, dass sich auf die Schweiz beschränkt. Flade (2013) konnte auf Deutschland bezogen ebenfalls höhere Zahlen feststellen, was Geschwindigkeitsübertretungen von Männern betrifft. Sie

sieht aufgrund der angesprochenen Verhältnisse auch eine Verbindung mit der erhöhten Risikobereitschaft von (vor allem) jüngeren Männern. Dies scheint sich aber nicht ausschliesslich auf den hiesigen Kulturraum zu beschränken, da Özkan und Lajunen (2006) gleiche Tendenzen unter türkischen und Kleisen (2011) unter australischen Autofahrern beobachten konnten. Byrnes, Miller und Schafer (1999) fanden in ihrer Meta-Analyse zwar Daten, die gegen eine Generalisierung bezüglich Risikoverhalten sprechen, jedoch sind die Effektstärken beim Fahrverhalten ebenfalls signifikant und malen daher ein ähnliches Bild, wie die vorher genannten Quellen.

Die Berücksichtigung dieser Ergebnisse führt zu folgender Hypothese:

*Wenn ein Proband männlich ist, ist die Wahrscheinlichkeit einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit erhöht.*

### 2.3 Forschungsfrage und Hypothesen

Obwohl Forschungsfrage und Hypothesen in den Kapiteln 1.1 und 2 bereits erwähnt wurden, sollen sie hier zwecks Übersicht nochmals klar dargestellt werden:

Forschungsfrage: Ist der vom Projektteam entworfene Simulator in der Lage, Aspekte von realitätsgetreuem Fahren zu simulieren?

Um diese Frage beantworten zu können, sollen folgende Hypothesen überprüft werden:

H1: Wenn die Variable *Alter* variiert wird, hat dies keinen signifikanten Einfluss auf die *Reaktionszeit* der Probanden.

H2: Wenn ein Proband *männlich* ist, ist die Wahrscheinlichkeit einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit erhöht.

### 3. Theoretische Grundlagen Fahrsimulator

#### 3.1 Funktionsprinzip

Die Entwicklung von Fahrsimulatoren hat in den 1960er Jahren begonnen und seitdem nicht wieder gestoppt. Während im Verlaufe der Zeit von analogen zu digitalen Computern gewechselt wurde und die Eingabe- wie auch Ausgabetechnologien immer weiter fortschritten, hat sich am Funktionsprinzip der Fahrsimulatoren nur wenig geändert. So besteht ein Fahrsimulator nach wie vor aus den in Abbildung 2 dargestellten Komponenten. Zur Visualisierung dient ein Kreislauf, bei dem ein Computer eine virtuelle Umgebung produziert bzw. simuliert. Das Feedback für den Operateur wird berechnet, darunter fallen visuelle, auditive, propriozeptive (Wahrnehmungen aus dem eigenen Körper (Dudenredaktion, 2017)) und unter Umständen auch Bewegungsinformationen. Das Feedback wird für den Nutzer wahrnehmbar gemacht: visuelle Information wird über einen Bildschirm, auditive über Lautsprecher bzw. Kopfhörer, propriozeptive Information bspw. über das Force Feedback des Lenkrads und die Bewegung wird bei einigen Fahrsimulatoren über Bewegungen des Simulatorgestells ausgegeben. Der Operateur nimmt diese Informationen wahr, verarbeitet sie und reagiert entsprechend darauf. Über Peripherie wie beispielsweise Lenkräder, Pedale oder (Kopf-)Bewegungssensoren, werden diese Informationen an den Computer gesendet, der sie verarbeitet und erneutes Feedback berechnet und aussendet (Allen, Rosenthal, & Cook, 2011).

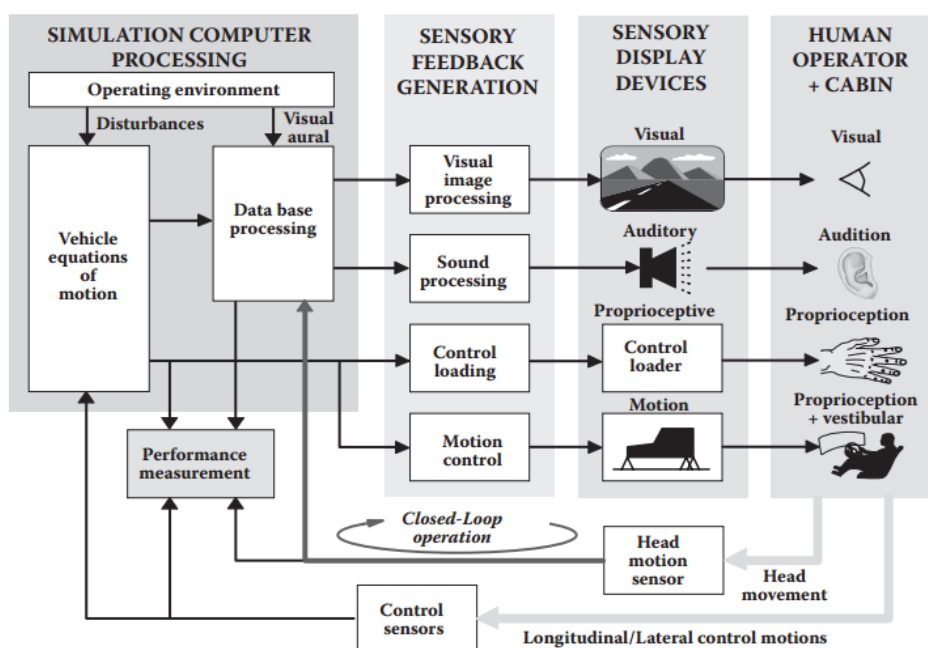


Abbildung 2: Funktionselemente eines Fahrsimulators (Allen, Rosenthal, & Cook, 2011, S. 36)

### 3.2 Virtual Reality

Eine der eher neuen technischen Entwicklungen, die ebenfalls in Fahrsimulatoren zum Einsatz kommt, ist Virtual Reality. Mittlerweise ist der Begriff Virtual Reality oder virtuelle Realität für fast jedermann ein Begriff. Breite Medienberichterstattung und die mittlerweile erhöhte Zugänglichkeit (beispielsweise ist es in vielen Filialen von Mobilfunknetzanbietern möglich, VR-Brillen fürs Mobiltelefon auszuprobieren) machen es möglich, dass auch Personen, die sich nur oberflächlich mit neuen Technologien befassen, über VR lesen oder es sogar ausprobieren können. Wenn in dieser Arbeit von virtueller Realität gesprochen wird, wird darunter eine Umwelt verstanden, die erlebt und mit der interagiert werden kann, die aber digital und computergeneriert ist (Jerald, 2016). Wenn das Ziel variiert, variiert auch die virtuelle Umgebung. So kann eine möglichst realistische Repräsentation der wirklichen Welt (bspw. Fahrsimulatoren, siehe Abbildung 3), eine Fantasiewelt mit fantastischen Möglichkeiten (bspw. Videospiele) oder etwas dazwischen angestrebt werden. Zwischen virtueller Realität und der realen Welt existiert auch noch die Technologie der Augmented Reality (AR) bzw. augmentierten Realität (Milgram, Kishino, Takemura, & Utsumi, 1994). Diese soll hier aber lediglich angesprochen werden, um einem Leser den Unterschied zu VR aufzuzeigen. Anders als VR strebt AR nicht das Ziel an, eine komplett virtuelle Welt zu simulieren. Vielmehr sollen reale Umgebungen durch virtuelle Elemente ergänzt werden. Die Anteile von realen und virtuellen Bildern sind unterschiedlich und der Übergang ist fließend. Von augmentierter Realität spricht man, wenn die Anteile der realen Bilder überwiegen (siehe Abbildung 4) – als übergreifender Begriff dient der Ausdruck *Mixed Reality* (MR) (Milgram et al., 1994).

Zur Interaktion mit der virtuellen Welt stehen viele verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Momentan wird für den visuellen Aspekt grundsätzlich auf Head-Mounted Displays zurückgegriffen (Abbildung 5). Dies sind am Kopf des Users angebrachte Anzeigen. Sie ermöglichen eine stärkere Immersion des Users, da dessen visuelle Eindrücke praktisch ausschliesslich computergeneriert sind. Die Bewegung dieser Head-Mounted Displays wird im Normalfall beispielsweise durch Sensoren erfasst. Damit wird ein Umschauen in der virtuellen Welt ermöglicht, wie man es sich aus der wirklichen Welt gewohnt ist. Ebenfalls wichtig ist eine räumliche Audiowiedergabe. Durch eine korrekte, realistische Wiedergabe kann die Immersion weiter gesteigert werden. Für diesen Zweck werden Kopfhörer sowie Lautsprecher bevorzugt. Neben der Dateneingabe durch Kopfbewegungen werden meist noch weitere Möglichkeiten genutzt, um zusätzlichen Input zu generieren. Oft sind dies Eingabegeräte, wie sie

auch für Videospiele gebraucht werden sowie Mäuse, Stifte oder im Falle des Fahrtrainers, Pedale und Lenkräder. In einigen Fällen wird die Bewegung dieser Eingabegeräte oder sogar die Bewegung des Körpers verfolgt, um sie in der virtuellen Welt realistisch repräsentieren zu können (Jerald, 2016).



Abbildung 3: Beispielvisualisierung für Virtual Reality Umgebung (eigene Darstellung)



Abbildung 4: Beispielvisualisierung für Microsofts Augmented Reality-Brille Hololens (Barret, 2015)



Abbildung 5: Beispiel für Head-Mounted Display HTC Vive (Vive, 2017)  
Simulation von Verkehrsszenarien im virtuellen Raum

### 3.3 Simulator Sickness

Simulator Sickness bzw. Simulatorkrankheit ist ein wichtiger Faktor für alle Simulatoren. Speziell auf Forschung ausgerichtete Simulatoren sollten ihr jedoch besonderes Augenmerk widmen. So kann Simulatorkrankheit die Validität von entsprechenden Simulatoren und dadurch der Forschungsergebnisse gefährden. Simulatorkrankheit scheint für voll immersive Umgebungen mit Head-Mounted Displays am extremsten zu sein (Stoner, Fischer & Mollenhauer, 2011). Da diese Bedingungen für das Projekt zutreffen, war eine Behandlung des Themas notwendig. Massnahmen, die unternommen wurden, werden im Verlauf des Kapitels 4 angesprochen.

Casali (1986) fand Nachweise von Simulatorkrankheit bis 1957 zurückgehend, bezogen auf einen Helikopter Flugsimulator (Havron & Butler, 1957; zitiert nach Casali, 1986). Jedoch wurde das Auftreten dieses Phänomens damals noch unter dem Begriff Motion Sickness, bzw. Bewegungskrankheit aufgeführt. Bewegungskrankheit ist ein genereller Begriff für Symptome, die erlebt werden, wenn jemand abrupten, periodischen oder unnatürlichen Beschleunigungen ausgesetzt ist. Der Begriff Simulatorkrankheit wiederum wird üblicherweise für Übelkeit benutzt, die durch die inkorrekten Aspekte einer Simulation, jedoch nicht durch die Bewegungen einer korrekten Simulation (bspw. turbulenter Flug) hervorgerufen werden (Kennedy, Frank & McCauley, 1985). Einige mögliche Haupt- und Nebensymptome für Bewegungs- sowie auch Simulatorkrankheit sind folgende: erhöhte Speichelproduktion, Belastung der Augen, Kopfschmerzen, Haltungsinstabilität, Schwitzen, Desorientierung, Schwindel, Blässe, Übelkeit, Würgen und Erbrechen (Kennedy, Berbaum, Lilienthal, Dunlap, Mulligan & Funaro, 1987; Kennedy et al., 1985; Pausch, Crea, & Conway, 1992). Stoner et al. (2011) bezeichnen widersprüchliche vestibuläre (das Vestibulärorgan operiert als Funktionseinheit des Gleichgewichtssinns (Fröhlich, 2014)) und visuelle Hinweisreize als einer der schwerwiegendsten Einflussfaktoren. Kolasinski (1995) findet insgesamt 40 weitere mögliche Ursachen für Simulatorkrankheit und unterteilt diese in die Kategorien Individuum, Simulator und Aufgabe. Diese einzelnen Ursachen spezifisch zu betrachten, würde den Umfang dieses Kapitels jedoch sprengen.

## 4. Methodik

### 4.1 Aufbau Simulator

Im Verlauf dieses Kapitels sollen der benutzte Simulator sowie die virtuelle Umgebung beschrieben werden. Beides wurde vom Projektteam selbst entwickelt und zusammengestellt.

#### 4.1.1 Virtuelle Umgebung

Zur Entwicklung der virtuellen Umgebung und Einbindung der Simulatorkomponenten wurde die Spieleentwicklungsplattform Unreal Engine 4 von Epic Games benutzt. Im Folgenden werden verschiedene Aspekte der virtuellen Umgebung erläutert. Für eine detailliertere Beschreibung der technischen Aspekte soll auf Emanuel Mistrettas Bachelor Thesis 'MaSiZe – Machbarkeitsstudie sicherer Zebrastreifen' verwiesen werden.

#### Umgebung

Die virtuelle Umgebung wurde mit Hilfe des Programmes Adobe Illustrator CC 2015 als 2D Modell entworfen (Abbildung 6) und später als 3D Modell umgesetzt (Abbildung 7). Auf dem 2D Entwurf wurden drei verschiedene Gebiete eingezeichnet: Innenstadt (Blau), Vorstadt (Gelb) und Wald (Grün). Die drei Gebiete unterschieden sich in Gebäudedichte und -anzahl, Baumdichte und -anzahl sowie Beleuchtung. Das Strassennetz der virtuellen Umgebung orientierte sich frei am Strassennetz verschiedener schweizerischer Ortschaften. Bei der Gestaltung von Strassen und Fussgängerstreifen wurden die Normen des Schweizerischen Verbandes der Strassen und Verkehrsfachleute VSS berücksichtigt (SN 640 020a; SN 640 070; SN 640 075).

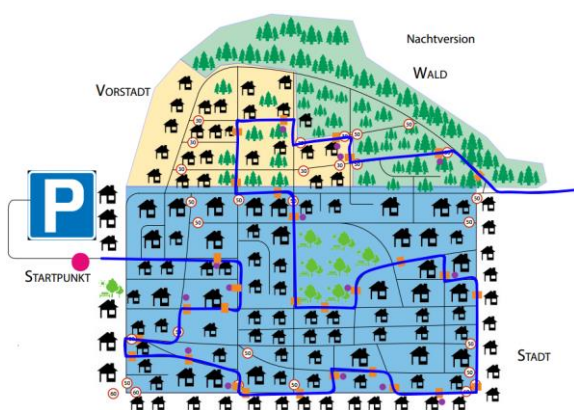


Abbildung 6: 2D Modell der virtuellen Umgebung  
(eigene Darstellung)



Abbildung 7: 3D Modell der virtuellen Umgebung  
(eigene Darstellung)



Neben den Fussgängern, die als Reiz für den Probanden dienten, war die Umgebung unbelebt. Abgesehen vom Probanden gab es keinen weiteren Verkehr und auch die Geräuschkulisse bestand lediglich aus dem Motor des verwendeten Automobils. Es wurde trotzdem versucht, die Umgebung als möglichst immersiv und realistisch darzustellen. Objekte wie beispielsweise das Gewässer im Westen oder die Klippe im Norden sollten die Umgebung auf natürliche Weise abgrenzen und dem Gefühl entgegenwirken, dass man sich bloss in einer virtuellen Welt aufhält. Ebenfalls wurden Parks platziert, damit die Innenstadt nicht ausschliesslich aus Häusern bestand. Wie die Umgebung bei Fertigstellung aussah, ist Abbildung 8 zu entnehmen. Weitere Screenshots finden sich in Anhang A.



Abbildung 8: Screenshot von virtueller Umgebung (eigene Darstellung)

### ***Lichtverhältnisse und Beleuchtung***

Um die Auswirkung und die realitätsgetreue Simulation von Licht bzw. Dunkelheit untersuchen zu können, wurden zwei entsprechende Versionen der virtuellen Umgebung erstellt. Beide Versionen beinhalteten gute Wetterverhältnisse mit einem geringen Anteil an Bewölkung. Die Bewölkung hatte jedoch keinen Einfluss auf die Helligkeit und war lediglich ein kosmetischer Effekt. Die Platzierung von Strassenlaternen und der Abstand zwischen zwei Laternen variiert in der Realität je nach Situation und wird mit Computerprogrammen geplant (SLG Richtlinien – Öffentliche Beleuchtung). Da dem Projektteam weder diese Programme noch die notwendigen Ressourcen zur einzelnen Bestimmung der Laternen zugänglich waren, wurde der Abstand mit Messungen bestimmt. So wurden die Abstände von verschiedenen Strassenlaternen über Google Maps gemessen. Es wurde darauf geachtet, dass die Umgebung in etwa Simulation von Verkehrsszenarien im virtuellen Raum

dem entsprach, was auch in der virtuellen Umgebung vorzufinden ist. Für die finale Festlegung wurde der Durchschnitt der Messungen genommen. Dadurch kam ein Abstand von 40 Metern zwischen den Strassenlaternen zustande. Als Lichtprofil wurde das SITECO Streetlight 10 midi LED 5XA5823D1A08 in Form der IES-Datei (Illuminating Engineering Society) verwendet. Dieses eignet sich für zweispurige Fahrbahnen mit 7.50 Metern Breite.

### ***Routen***

Es wurden zwei Routen gestaltet, die jeweils unter verschiedenen Bedingungen absolviert wurden. Beide Routen waren jeweils einmal als Nachtversion sowie als Tagversion vorhanden. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass beide Routen einmal in VR und einmal am Bildschirm befahren wurden. Diese verschiedenen Varianten einer Route sollen fortan als Erhebungsstrecken bezeichnet werden. Die zwei Erhebungsstrecken einer Route unterschieden sich in der *Licht-* und *Displaybedingung* sowie der Position der Fussgänger. So konnte garantiert werden, dass jede Display- sowie Lichtbedingung mindestens für jede Route einmal zum Zuge kommt. Zusätzlich wurde eine Übungsstrecke gestaltet, die in VR oder am Bildschirm befahrbar war. Sie diente dazu, den Probanden die Möglichkeit zu geben, sich an Fahrverhalten, Interface und VR zu gewöhnen.

### ***Fussgängerstreifen und Ablenkungsobjekte***

Jede Erhebungsstrecke beinhaltete 30 Fussgängerstreifen. Das Projektteam einigte sich mit dem Praxispartner auf 30 Reize, da ab dieser Anzahl die ersten Merkmale von Normalverteilung gegeben sind. An 15 der 30 Fussgängerstreifen wurden Fussgänger platziert, auf die der Proband reagieren musste. Im Falle, dass ein Fussgänger vorhanden war, konnte die Situation sechs verschiedene Ausprägungen annehmen. Entweder stand der Fussgänger ohne ein zusätzliches Objekt und entsprechend offen da oder eines der folgenden fünf Objekte verdeckte den Fussgänger teilweise: Baum, Bushaltestelle, Fahrrad, Fahrplanschild, Müllcontainer. Diese Objekte dienten dazu, die Erkennung der Fussgänger zu erschweren und damit zu garantieren, dass nicht jeder Fussgänger sofort erblickt wurde (Abbildung 9). Jede der sechs Situationen hatte dieselbe Chance aufzutreten. Das Vorgehen wurde randomisiert - das Projektteam hatte entsprechend keinen Einfluss darauf, welche Situation auftrat. So erhielt jede Versuchsperson eine andere Kombination von Situationen. Um dem Effekt entgegen zu wirken, dass ein Objekt sofort auch auf einen Fussgänger schliessen liess, wurden auch Objekte an Fussgängerstreifen ohne Fussgänger sowie zufällig in der Umgebung platziert. Weitere Beispielabbildungen finden sich in Anhang B.



Abbildung 9: Fussgänger wird teilweise von Baum verdeckt (eigene Darstellung)

### ***Auto, Fahrverhalten und Navigation***

Als Grundlage für das Fahrverhalten konnte auf eine von der Unreal Engine zur Verfügung gestellte Fahrphysik zurückgegriffen werden. Relativ schnell stellte sich jedoch heraus, dass für die Verwendung von VR noch Anpassungen gemacht werden mussten. So war die Fahrphysik zwar realistisch, jedoch führte sie durch Aspekte wie die abrupte Beschleunigung sowie die Federung relativ schnell zu Simulatorkrankheit. Auf der Suche nach einem Kompromiss zwischen Realismus und Wohlbefinden wurden folgende Aspekte angepasst: Beschleunigung, Bremsverhalten, Lenkung, Federung, Ausrollverhalten und Höchstgeschwindigkeit. Grundsätzlich wurde alles so angepasst, dass ein sanftes Fahren möglich war. Ausserdem wurde darauf geachtet, dass Widersprüche bezüglich visuellen und vestibulären Hinweisreizen möglichst geringgehalten wurden.

Das Automodell entsprach einem Porsche Carrera S. Betreffend die Innenausstattung des Fahrzeuges, reagierte lediglich das Lenkrad auf die Inputs des Probanden. Bei Bewegung reagierte dieses realistisch und nachvollziehbar. Übrige Gerätschaften, wie Tachometer, waren nicht funktionsfähig (Abbildung 10).

Zur Navigation diente eine Anzeige, die direkt auf die Frontscheibe platziert wurde. Diese bestand lediglich aus einem Pfeil und einer Meterangabe (Abbildung 10). So wurde den Probanden mitgeteilt, wann sie wo abbiegen mussten. Nach Betrachtung der von Nwakacha, Crab-

tree und Burnett (2013) gesammelten Ergebnissen bezüglich des Vergleichs von verschiedenen Navigationssystemen, einigte sich das Projektteam auf das angesprochene System. Ein Pfeilsystem bietet einen guten Kompromiss zwischen technischen Möglichkeiten und minimaler Ablenkung.



Abbildung 10: Innenausstattung und Navigationssystem mit Pfeil und km/h Anzeige (eigene Darstellung)

#### 4.1.2 Messsystem und Datenausgabe

Sobald ein Proband den Startpunkt überschritt, fing die Unreal Engine an zu messen. Die aufgezeichneten Daten wurden nach Absolvierung der Erhebungsstrecke automatisch in eine CSV-Datei übertragen und abgespeichert. Um zeitliche Daten lesbar zu machen, wurden sie manuell umformatiert und in Form einer Excel-Datei erneut abgespeichert. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie die Messungen für die in dieser Arbeit wichtigen Variablen *Reaktionszeit* und *Durchschnittsgeschwindigkeit* erfolgten:

##### *Reaktionszeit*

Trifft der Proband auf einen Fussgängerstreifen mit vorhandenem Fussgänger, wird von ihm eine Reaktion verlangt. Reagiert wird in diesem Falle, indem der Proband bei Sichtung des Fussgängers eine beliebige Taste auf dem Lenkrad betätigt. Um diese Daten vergleichbar zu machen, wird die Zeit gemessen, wenn der Raycast des Fussgängerstreifens auf das Auto des Probanden fällt (Abbildung 11). Der Raycast ist eine Art roter Laser, der das Automobil vom Fussgängerstreifen aus konstant verfolgt. Ist der Proband nahe genug und der Raycast wird durch keine Objekte wie bspw. Häuser unterbrochen, löst er ein Signal aus und die Zeit wird

Simulation von Verkehrsszenarien im virtuellen Raum

als Referenzpunkt markiert. Um Fehlmessungen zu vermeiden, wurde die Kollision der Ablenkungsobjekte deaktiviert. Als zweiter Zeitpunkt wird die Betätigung der Taste, sprich der Moment, wenn der Proband den Fussgänger erblickt, gemessen. Die Reaktionszeit errechnet sich aus der Zeit zwischen Erfassung des Automobils bis zum Drücken der Taste. Das Vorgehen des Raycasting ermöglicht den Vergleich der Reaktion, da es den ersten Messzeitpunkt zwar individualisierte, dadurch aber ebenfalls standardisierte.



Abbildung 11: Beispielhafte Visualisierung der Referenzpunkterfassung durch Raycasting (eigene Darstellung)

### *Durchschnittsgeschwindigkeit*

Um die Durchschnittsgeschwindigkeit pro befahrener Erhebungsstrecke zu ermitteln, wurde für jeden Frame die Geschwindigkeit des Fahrzeugs gespeichert. Nach Beendigung der Erhebungsstrecke, wurden die Geschwindigkeiten summiert und durch die Anzahl Frames geteilt. Die Bildrate bewegte sich je nach Umgebung für Fahrten am Bildschirm zwischen 40 und 90 Bildern bzw. Frames pro Sekunde und für Fahrten in VR zwischen 40 und 60 Bildern pro Sekunde. Dadurch ergeben sich 40 bis 90 bzw. 40 bis 60 Messungen pro Sekunde.

### *4.1.3 Hardware*

Abbildung 12 zeigt den Simulator mit Sitz, Lenkrad, Pedalen, Bildschirm, Kopfhörern und VR-Brille. Folgende Liste gibt einen Überblick über das verwendete Equipment:

#### *Computer*

- Medion «Eraser» X5336 G
- Prozessor: Intel i/-6700k, 4.0 GHz
- Grafikkarte: NVIDIA GTX 1080 FE
- Arbeitsspeicher: 32GB Ram

#### *Kopfhörer*

- Philips SHP1600, Over-Ear Kopfhörer

### *Mikrofon*

- Creative Sound Blaster Tactic3D Rage USB Gaming Headset v2

### *Lenkrad*

- Thrustmaster T150 RS

### *Pedale*

- Thrustmaster T3PA – Pro Pedalset

### *Sitz*

- PlaySeat Gaming Chair

### *TV-Bildschirm*

- Samsung 5 Series LED-TV
  - Grösse: 32 Zoll
  - Auflösung: 1920 x 1080 Pixel

### *VR-Brille*

- HTC Vive
  - Bildschirme: OLED
  - Auflösung: 2160 x 1200 Pixels



Abbildung 12: Eingerichteter Simulator mit Sitz, Lenkrad, Pedalen, Bildschirm, Kopfhörern und VR-Brille (eigene Darstellung)

Abbildung 13 gibt nochmals einen Überblick wie der Simulator mit virtueller Umgebung aufgebaut war.

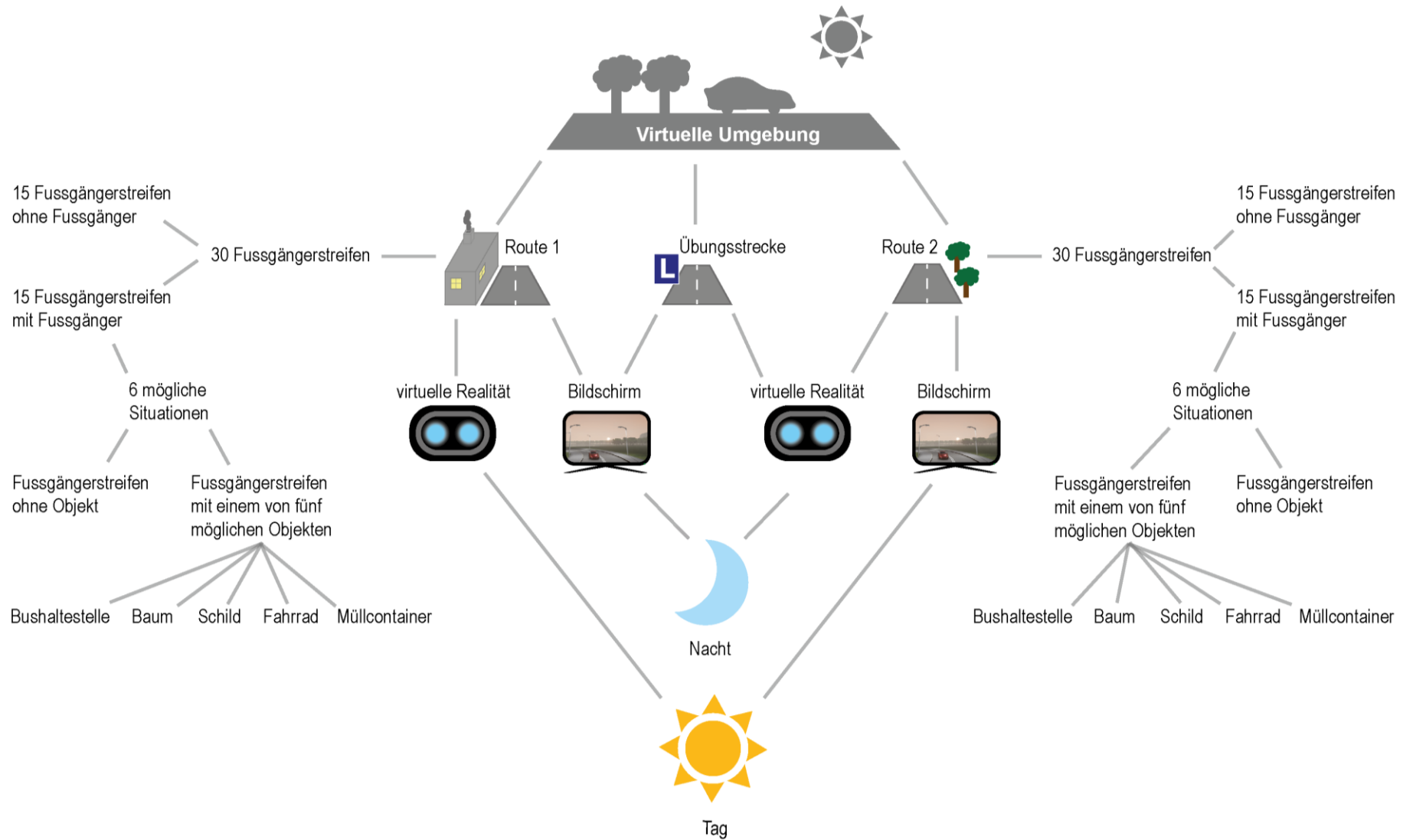


Abbildung 13: Visualisierung der virtuellen Umgebung (eigene Darstellung)

## 4.2 Probandenakquise

Ursprünglich sollte das Experiment mit vier Gruppen mit je acht Versuchsprobanden durchgeführt werden. Dies hätte zu einer Mindestanzahl von 32 Experimentdurchläufen geführt. Um diese Mindestanzahl garantieren zu können, setzte sich das Projektteam zum Ziel 40 Probanden zu rekrutieren und damit acht Probanden als Reserve übrig zu haben. Im Verlaufe des Projektes, änderte sich das Versuchsdesign von between-groups zu within-subjects. Das Projektteam besprach diese Änderung mit dem Praxispartner und es wurde beschlossen bei der ursprünglich vorgesehenen Anzahl Probanden zu bleiben.

### 4.2.1 Ausschlusskriterien

Folgende Kriterien verunmöglichten unter Umständen eine Teilnahme am Experiment:

#### *Alter*

Das Alter hat einen Einfluss, was das Fahren mit Navigationssystemen anbelangt. So benötigen ältere Personen signifikant mehr Zeit für das Betrachten des Navigationssystems (Dingus, Hulse, Antin, & Wierwille, 1989). Da eine Ablenkung der Probanden durch das Navigationssystem so gut wie möglich vermieden werden sollte, wurden keine Personen rekrutiert, die über 40 Jahren alt waren.

#### *Führerausweis*

Der Besitz eines Führerausweises der Kategorie B (mindestens) war zwingend nötig.

### 4.2.2 Vorauswahl

Der Fragebogen für die Vorauswahl wurde an der FHNW (Studierende der Angewandten Psychologie sowie der sozialen Arbeit) über Newsletter, Mailverteiler sowie Social Media geteilt. Ebenfalls wurden Social Media Kanäle privat genutzt, um auch Personen ausserhalb der Hochschule zu erreichen. Der Onlinefragebogen (siehe Anhang C) wurde mit Hilfe von [www.survey.fish](http://www.survey.fish) erstellt.

#### *Information*

Auf der Startseite wurden potentielle VPN informiert, dass es sich beim Experiment um eine Studie bezüglich der Sichtbarkeit von Fussgängern im virtuellen Raum handelt. Sie wurden darauf hingewiesen, dass ein Führerausweis (mind. Kategorie B) zwingend notwendig sei und sie sich im Alter zwischen 18 und 40 Jahren befinden sollten. Weiter wurde informiert, dass wäh-



rend des Experiments der Gebrauch von Virtual Reality Equipment gemacht wird und Teilnehmende mit 50 Franken entschädigt werden. Zusätzliche Angaben waren Zeitraum und Dauer der Erhebung, die für das Ausfüllen des Fragebogens beanspruchte Zeit und der Inhalt des Fragebogens.

Zum Schluss wurde den potentiellen VPN noch der vertrauliche Umgang mit den angegebenen Daten zugesichert und deren Einverständnis eingeholt, damit die Daten zu Forschungszwecken verwendet werden dürfen.

### ***Persönliche Angaben***

Unter den persönlichen Angaben wurden die demographischen Daten der Teilnehmer gesammelt.

### ***Bewegungskrankheit***

Ein grosser Risikopunkt bezüglich des Experiments war das Ausscheiden von zu vielen Probanden aufgrund von Simulatorkrankheit. Um diesem Problem vorbeugen zu können wurde die Kurzversion des Motion Sickness Susceptibility Questionnaires (MSSQ) (Golding, 2006) verwendet. Stoner et al. (2011) sagen aus, dass Personen, die bezüglich Bewegungskrankheit anfällig sind, von der Teilnahme an Simulatorstudien absehen sollten. Die Wahrscheinlichkeit sei für diese Personen höher ebenfalls Simulatorkrankheit zu erleiden. So bot der MSSQ die Möglichkeit, Personen die bezüglich Bewegungskrankheit besonders anfällig sind, bereits durch die Vorselektion auszuschliessen. Golding (2006) findet für die Kurzversion des MSSQ einen durchschnittlichen Wert von  $12.9 \pm 9.9$ . Für dieses Experiment wurde das Ziel angepeilt, lediglich Personen zu rekrutieren, die einen MSSQ-Score von 20 oder weniger hatten. Der MSSQ fragt auf einer fünfstufigen Skala nach der Anfälligkeit für Bewegungskrankheit in Bezug auf verschiedene Transport- und Unterhaltungsmittel (bspw. «Wie oft haben Sie sich als Kind (jünger als 12 Jahre) krank gefühlt oder Übelkeit verspürt»). Dabei werden die Teilnehmenden betreffend der letzten 10 Jahre sowie deren Kindheit (jünger als 12 Jahre) befragt. Die Items und der Aufbau des Fragebogens sind Anhang C zu entnehmen.

### ***Fahrzeugbezogene Angaben***

Teilnehmende wurden bezüglich Häufigkeit der Benutzung eines Automobils, des Tragens einer Brille während dessen Benutzung und der Anzahl Jahre, die sie schon im Besitz des Führerausweises sind, befragt.

### *Erfahrung mit Virtual Reality und Videospielen*

An dieser Stelle wurden die Teilnehmenden nach ihren Erfahrungen betreffend Virtual Reality und Videospielen befragt.

### *Abschluss*

Den potentiellen Probanden wurde für ihre Teilnahme gedankt. Ein Datum bezüglich Rückmeldung wurde mitgeteilt und E-Mail-Adressen für eine Kontaktaufnahme bei Fragen wurde angeboten.

#### **4.2.3 Rekrutierung**

40 Probanden wurden aufgrund der nachfolgenden Kriterien rekrutiert. Die Priorität der Kriterien entspricht der Reihenfolge:

1. **Motions Sickness Susceptibility Score**

Die Werte reichten von 0 bis 42 Punkten. Das Ziel bei den rekrutierten Probanden unter 20 Punkten zu bleiben, konnte erfüllt werden.

2. **Alter**

Die Spannweite bezüglich Alter reichte von 21 bis 40 Jahren. Soweit möglich, wurde auf eine ausgeglichene Verteilung Rücksicht genommen.

3. **Geschlecht**

Es wurde darauf geachtet, dass das Verhältnis von Frauen und Männern soweit möglich gleich ist. Das Ziel orientierte sich an einem statistischen Bericht der Stadt Zürich. Dieser betrachtet den Besitz des Führerausweises und eines Automobils in Bezug auf Geschlechterverteilung und kommt zu einem relativ ausgeglichenen Ergebnis (Moser, 2004). Die Verteilung wurde mit einer Anzahl von 18 Frauen und 22 Männern befriedigend erreicht.

Im Anschluss an die definitive Festlegung wurden die entsprechenden Probanden informiert und gebeten, sich bis zu einem festgelegten Datum über [www.doodle.ch](http://www.doodle.ch) einen passenden Termin auszusuchen. Nach der Festlegung auf einen freien Termin wurden die Probanden erneut mit den noch notwendigen Informationen kontaktiert. Ein bis zwei Tage vor der Erhebung wurden die Probanden durch ein Reminder-Mail an den anstehenden Termin erinnert. Abgesagt wurde der Termin lediglich von drei Probanden, was die Durchführung mit einer finalen Anzahl von 37 ermöglichte.

### 4.3 Variablen

Das Experiment basiert auf einem multivariaten, mehrfaktoriellen, within-subjects Design. Im Folgenden sollen, der Übersicht halber, die für diese Arbeit relevanten Variablen nochmals kurz aufgelistet werden:

#### 4.3.1 Unabhängige Variablen

##### *Alter*

Die theoretischen Grundlagen für die abhängige Variable *Alter* wurde in Kapitel 2.1 erläutert. Die Variable *Alter* wurde erhoben, um einen eventuellen Zusammenhang mit der gemessenen *Reaktionszeit* zu ermitteln. Es wird davon ausgegangen, dass kein Zusammenhang zwischen diesen Variablen besteht.

##### *Geschlecht*

Die theoretischen Grundlagen für die abhängige Variable *Geschlecht* wurden in Kapitel 2.2 erläutert. Die Variable *Geschlecht* wird mit der *Durchschnittsgeschwindigkeit* verglichen. Dadurch soll eine eventuelle Beeinflussung aufgedeckt werden. Es wird angenommen, dass das männliche Geschlecht eine Tendenz zu höherer *Durchschnittsgeschwindigkeit* aufzeigt.

##### *Lichtbedingung, Route, Displaybedingung*

Die nun folgenden UV's werden in erster Linie in Kaspar Kaufmanns Bachelor Thesis '*Fussgängererkennung im virtuellen Raum*' behandelt. Sie sollen jedoch an dieser Stelle trotzdem kurz erläutert werden, da sie ein wichtiger Teil des Versuchsplans sind:

- *Lichtbedingung*

Jeweils zwei der vier Erhebungsstrecken wurden unter der Lichtbedingung 'Tag' und zwei unter der Bedingung 'Nacht' absolviert. Diese unabhängige Variable ermöglichte der Frage nachzugehen, ob Differenzen bezüglich Licht und entsprechende Konsequenzen virtuell simulierbar sind.

- *Erhebungsstrecken*

Die Probanden absolvierten vier verschiedene Erhebungsstrecken auf zwei Routen (vgl. Kapitel 4.1.1). Die zwei Erhebungsstrecken einer Route unterschieden sich in der *Licht- und Displaybedingung* sowie der Position der Fussgänger. Die zwei unterschiedlichen Routen dienten dem Zweck, Erinnerungseffekte bezüglich Strecke und platzierten Fussgängerstreifen zu vermindern und dadurch einer Verfälschung der Daten ent-

gegen zu wirken. Aus diesem Grunde wechselten sich Route 1 und 2 ab, die Probanden fuhren also nie dieselbe Route zweimal hintereinander. Zusätzlich ermöglichten die verschiedenen Erhebungsstrecken, dass alle Varianten unter allen Bedingungen getestet werden konnten (Nacht & VR, Tag & VR, Nacht & Bildschirm, Tag & Bildschirm).

- *Displaybedingung*

Die Benutzung eines Bildschirms und der VR-Brille für jeweils zwei Erhebungsstrecken ermöglichte den Vergleich zwischen den *Displaybedingungen*. Zusätzlich wurde durch die zwei am Bildschirm absolvierten Strecken das Risiko reduziert, dass ein grosser Teil der Daten durch Simulatorkrankheit verloren ging.

#### 4.3.2 *Abhängige Variablen*

##### *Reaktionszeit*

Um die *Reaktionszeit* der Probanden vergleichen zu können, wurde die Zeit zwischen Erfassung des Automobils durch den Raycast (vgl. Kapitel 4.1.2) und Drücken eines Knopfes auf dem Lenkrad gemessen. Dabei entsprach der Zeitpunkt der Raycast-Erfassung dem Moment, ab dem es für den Probanden theoretisch möglich war, den Fussgänger zu sehen. Das Drücken eines Knopfes signalisierte, dass der Proband den Fussgänger erblickt hatte.

##### *Durchschnittsgeschwindigkeit*

Während die Probanden die Erhebungsstrecken absolvierten, wurde für jeden Frame die Geschwindigkeit ermittelt. Nach Beendigung einer Erhebungsstrecke wurden diese Geschwindigkeiten jeweils addiert und durch die Anzahl Frames geteilt (vgl. Kapitel 4.1.2).

#### 4.3.3 *Störvariablen*

Die Struktur des Experiments bringt die Gefahr von Konfundierung mit sich. Aufgrund der angesprochenen Änderungen bezüglich Displaybedingung (Bildschirm / VR) wurde die Reihenfolge der Strecken standardmässig festgelegt. Dadurch konnte garantiert werden, dass bei einem Abbruch während der Durchführung in VR zumindest die ersten beiden Erhebungsstrecken zwischen allen Teilnehmern verglichen werden konnten. Leider brachte diese Änderung die Gefahr für Positionseffekte mit sich, da eventuelle Ermüdung oder Langeweile entsprechend immer gegen Schluss - und dadurch bei denselben Erhebungsstrecken - auftreten würde.

#### 4.4 Versuchsplan

Jede der Versuchspersonen absolvierte im Verlaufe des Experiments die erwähnten vier Erhebungsstrecken in der gleichen Reihenfolge. Auch die anderen unabhängigen Variablen (*Licht- und Displaybedingung*) waren bezüglich Reihenfolge für alle Versuchspersonen identisch. In welcher Abfolge die drei UV durchlaufen wurden, lässt sich Tabelle 1 entnehmen:

Tabelle 1: Versuchsplan für Experimentdurchführung

	Durchführung			
	1. Erhebungsstrecke	2. Erhebungsstrecke	3. Erhebungsstrecke	4. Erhebungsstrecke
Route	Route 1	Route 2	Route 1	Route 2
Lichtbedingung	Nacht	Tag	Tag	Nacht
Displaybedingung	Bildschirm	Bildschirm	VR	VR

Der folgende Ablaufplan zeigt auf, wie das Experiment mit den Versuchspersonen durchgeführt wurde. Das detaillierte Drehbuch ist dem Anhang D zu entnehmen.

##### ***Begrüssung und Einführung***

Vor dem Eintreffen der Versuchsperson wurde das Experiment jeweils vorbereitet. Dies beinhaltete die generelle Vorbereitung des Raumes (Wasser, Dokumente, Entschädigung etc. bereitstellen) sowie die Vorbereitung des Fahrscenarios (Computer, Engine, Übungsstrecke etc. starten). Zum vereinbarten Zeitpunkt wurde die Versuchsperson dann vor dem Labor in Empfang genommen und in den Versuchsraum geleitet. Die Versuchsperson nahm im Sitz des Simulators Platz und wurde über ihre Aufgabe und den Ablauf des Experiments informiert. Zwi-schendurch und insbesondere zum Schluss der Einführung wurde den Probanden stets die Gelegenheit geboten, allfällige Fragen zu stellen.

### *Durchführung*

Nachdem die Probanden eingeführt wurden, durchliefen sie folgenden Ablauf:

- **Übungsstrecke**  
Die Probanden konnten sich auf einer Übungsstrecke an die Handhabung des Simulators gewöhnen.
- **Erhebungsstrecke 1**  
Die Probanden absolvierten die erste Erhebungsstrecke (Route 1, Nacht, Bildschirm). Nach Beendigung wurde eine kurze Pause von circa fünf Minuten eingelegt.
- **Erhebungsstrecke 2**  
Die Probanden absolvierten die zweite Erhebungsstrecke (Route 2, Tag, Bildschirm).
- **Fragebogen**  
Nach Absolvierung der zweiten Durchführung wurde den Probanden ein iPad mit den Fragebögen (NASA Task Load Index und igroup presence questionnaire) ausgehändigt. Die Fragen bezogen sich ausschliesslich auf die Durchführung mit Bildschirm und beschäftigten sich mit der Auslastung (NASA TLX (NASA, 2017)) sowie dem Immersionsgefühl (igroup presence questionnaire (igroup project consortium, 2016)) der Probanden. Während die Probanden mit der Beantwortung der Fragebögen beschäftigt waren, bereitete der Testleiter die nachfolgenden Szenarien und die VR-Brille vor. Die Fragebögen wurden mit Hilfe von [www.survey.fish](http://www.survey.fish) durchgeführt und sind dem Anhang E zu entnehmen.
- **Übungsstrecke**  
Die Probanden konnten sich auf einer Übungsstrecke an das Fahren in virtueller Realität gewöhnen, ohne bestimmte Ziele erfüllen zu müssen.
- **Erhebungsstrecke 3**  
Die Probanden absolvierten die dritte Erhebungsstrecke (Route 1, Tag, VR-Brille). Nach Beendigung wurde eine kurze Pause von circa fünf Minuten eingelegt.
- **Erhebungsstrecke 4**  
Die Probanden absolvierten die vierte Erhebungsstrecke (Route 2, Nacht, VR-Brille).
- **Fragebogen**  
Nach Absolvierung der vierten Durchführung wurde den Probanden erneut das iPad mit denselben Fragebögen ausgehändigt. Dieses Mal bezogen sich die Fragen jedoch ausschliesslich auf die Durchführung mit VR-Brille.

### *Abschluss und Verabschiedung*

Nach der Beantwortung der Fragebögen wurden den Probanden fünf offene Fragen gestellt. Diese beschäftigten sich mit der Displaybedingung und dem Fahrscenario und fragten subjektive Eindrücke der Testpersonen ab. Die Debriefing-Fragen sind dem Anhang F zu entnehmen. Abschliessend wurde die Entschädigung ausbezahlt, die Quittung unterschrieben und die Versuchspersonen wurden aus dem Labor begleitet.

## *4.5 Durchführung*

### *Pre-Test*

Insgesamt wurden drei Pre-Tests durchgeführt. Zeitlich wurden sie zwei Wochen vor Erhebungsstart angesetzt. Der erste Pre-Test wurde mit zwei Versuchspersonen durchgeführt, wobei der Fokus des Tests auf die Technik und den Simulator selbst gerichtet war. Zusätzlich wurde die Gelegenheit genutzt zu testen, wie sich eine Person mit hohem MSSQ-Score im Simulator fühlt. Die Versuchspersonen absolvierten deshalb nicht alle vier Erhebungsstrecken, sondern lediglich die zwei VR-Strecken, ohne auf Reize reagieren zu müssen. Allerdings sollten die Versuchspersonen nach Navigationsvorgaben fahren. Bezüglich technischen Auffälligkeiten erwies sich der Pre-Test als hilfreich. So gab er dem Projektteam die Möglichkeit, Optimierungen bezüglich Fahr- und Bremsverhalten sowie VR-Aspekten vorzunehmen. Bezüglich MSSQ bestätigte der Versuch die Annahmen. So musste die Versuchsperson mit einem hohen MSSQ-Wert (28) schon nach einer Kurve aufgrund von Simulatorkrankheit abbrechen. Die Versuchsperson mit dem niedrigen Wert (6) konnte die Erhebungsstrecken problemlos bewältigen.

Der zweite Pre-Test diente dem Zweck, vorgenommene Änderungen zu überprüfen. Nach Abschluss des Tests wurde das Feedback der Versuchsperson evaluiert und die Änderungen wurden vom Projektteam als sinnvoll erachtet. Das Fahrverhalten sollte in diesem Zustand für die finale Erhebung übernommen werden. Zusätzlich wurde auch bei diesem Testlauf vorhergehend der MSSQ-Wert erhoben. Die Versuchsperson (MSSQ-Wert 2) hatte keinerlei Probleme bezüglich Simulatorkrankheit.

Der dritte Pre-Test wurde nach Drehbuch durchgeführt. Der Zweck dieses abschliessenden Tests bestand darin, Ablauf, Technik, Simulator, die benötigte Zeit und die Aufzeichnung aller

Daten ein letztes Mal zu überprüfen. Alles funktionierte wie geplant. Erneut wurde vorhergehend der MSSQ-Wert der Versuchsperson erfasst. Die Versuchsperson (MSSQ-Wert 8.5) konnte den Test ohne Aufkommen von Unwohlsein abschliessen.

### *Erhebung*

Die Erhebung fand über drei Wochen vom 20. März 2017 bis und mit 08. April 2017 statt. Die Personen erschienen durchgängig pünktlich und das Labor wurde ebenfalls ohne Probleme gefunden. Die zeitliche Planung von zwei Stunden pro Proband (inklusive Vor- und Nachbereitung) erwies sich als sinnvoll. Von den 40 rekrutierten Probanden konnten schliesslich die Daten von 32 Probanden komplett ohne Zwischenfälle erhoben werden. Drei Probanden meldeten sich relativ kurzfristig ab. Bei vier Probanden musste die Erhebung aufgrund von Simulatorkrankheit abgebrochen werden. Die Daten einer Probandin konnten leider, aufgrund technischer Probleme, nicht vollständig erhoben werden.

## *4.6 Analyse*

Um die gewonnenen Daten auszuwerten, wurde grösstenteils auf die Statistik Software SPSS Version 23.0.0.2 zurückgegriffen. Ebenfalls diente die Software zur grafischen Darstellung von Ergebnissen. Wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben, wurden die Daten von der Unreal Engine direkt in eine CSV-Datei exportiert. Diese wurde vom Projektteam jeweils nach Abschluss eines Erhebungstermins umformatiert und als Excel-Datei abgespeichert. Personen, die nicht alle Erhebungsstrecken komplett absolvieren konnten, wurden für die Analyse ausgeschlossen. Nach der Stichprobenbereinigung konnten noch 32 komplette Datensätze in die Berechnungen miteinbezogen werden. Um den Verallgemeinerungsbereich von Resultaten zu erreichen und um die Messfehler von Einzeldaten zu reduzieren wurden die Daten pro Person aggregiert (Wirtz, 2017). So wurden auch etwaige Varianzen, die durch die Variablen *Licht-*, *Displaybedingung* und *Route* entstanden sind ausgeklammert. Nach Wirtz (2017) werde dies bei nomothetischen (Gesetze aufstellend, Beschreibung von nicht einmaligen Tatsachen (Wirtz, 2017)) Vorgehen immer so gemacht. Nachstehend sollen die verwendeten statistischen Methoden aufgeführt werden.

### *H1 – UV: Alter, AV: Reaktionszeit*

Für die Überprüfung der H1 wurde eine lineare Regression verwendet. Diese sollte helfen, die Art des Zusammenhangs der untersuchten Variablen zu ermitteln (Bühl, 2014). Die *Reaktions-*



zeiten wurden für jeden Probanden aggregiert und anschliessend logarithmiert, um die Verteilung zu normalisieren (Whelan, 2008). Anschliessend wurde untersucht, ob die Daten normalverteilt sind (Streu-Punktdiagramm) und Linearität vorlag (Shapiro-Wilk-Test) (Fahrmeir, Kneib & Lang, 2009). Nachdem diese Voraussetzungen überprüft und als erfüllt deklariert wurden, folgte die Durchführung der linearen Regression. Diese Auswertungsmethode bietet die Möglichkeit, Eigenschaften der abhängigen Variable in Abhängigkeit der unabhängigen Variable zu erklären. Die Methode bot sich durch die Linearität der Variablen sowie die verhältnisskalierten Daten an. Bezüglich der Variable *Reaktionszeiten* wurden nur Daten der Voraussetzung 'Fussgänger vorhanden und Knopf betätigt' miteinbezogen. Fehlalarme für Fussgängerstreifen ohne Person sowie Situationen, bei denen kein Tastendruck vonnöten waren, wurden nicht in die Berechnungen miteinbezogen. Die angesprochenen Auswertungen wurden mit Hilfe der Statistik Software SPSS durchgeführt.

#### ***H2 – UV: Geschlecht, AV: Durchschnittsgeschwindigkeit***

Für die Überprüfung der H2 wurde ein T-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Die Effektstärke wurde nach Cohen's d berechnet (Cohen, 1977). Vor der Durchführung des T-Tests wurden die Daten auf ihre Normalverteilung überprüft und bestätigt (Shapiro-Wilk-Test). Die Varianzhomogenität konnte ebenfalls bestätigt werden (Levene-Test). Die Voraussetzungen für einen T-Test waren damit erfüllt. Der T-Test dient dazu, die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben zu vergleichen. Zusätzlich zur Normalverteilung und Varianzhomogenität muss die UV mindestens intervallskaliert sein (Zöfel, 2011). Diese Aspekte machten den T-Test zum geeignetsten Kandidaten bezüglich der Hypothesenprüfung. Die angesprochenen Auswertungen wurden mit Hilfe der Statistik Software SPSS durchgeführt.

Die Prüfung der Effektstärke nach Cohen (1977) wurde manuell mit folgender Formel für unterschiedliche grosse Gruppen (männlich n=18, weiblich n=14) durchgeführt:

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(s_1^2 + s_2^2)}{2}}}$$

Eine von Cohen (1977) aufgestellte Faustregel für Effektstärken lautet wie folgt:

- kleiner Effekt →  $d = 0.2$
- mittlerer Effekt →  $d = 0.5$
- grosser Effekt →  $d = 0.8$

## 5. Ergebnisse und Auswertung

### 5.1 Überprüfung Hypothese 1

Nach Überprüfung und Bestätigung der Normalverteilung und Linearität wurde eine lineare Regression im SPSS durchgeführt. SPSS gibt bei Durchführung dieser Analyse zwei verschiedene Ausgaben. Zuerst wird ein F-Test durchgeführt, der die Signifikanz des Regressionsmodells insgesamt überprüft. Betrachtet wird dabei, ob die Vorhersage der AV durch das Hinzufügen der UV verbessert wird. In einem zweiten Schritt wird die Signifikanz der Regressionskoeffizienten überprüft. Tabelle 2 macht entsprechend eine Aussage darüber, ob das Modell einen Erklärungsbeitrag leistet. Liegt keine Signifikanz vor ( $p > .05$ ), bietet das Modell keinen Erklärungsbeitrag und die Analyse wird nicht fortgesetzt (Schwarz & Bruderer Enzler, 2017).

Tabelle 2: Signifikanztabelle des Regressionsmodells

**ANOVA<sup>a</sup>**

	Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	.000	1	.000	.070	.793 <sup>b</sup>
	Nicht standardisierte Residuen	.129	30	.004		
	Gesamt	.129	31			

a. Abhängige Variable: Reaktionszeit\_mean\_LOG

b. Einflußvariablen : (Konstante), Alter\_mean\_mean

Tabelle 2 zeigt auf, dass das Modell nicht signifikant ist ( $F(1, 30) = .070, p = .793$ ). Die Analyse wurde aus diesem Grunde nicht fortgesetzt.

## 5.2 Überprüfung Hypothese 2

Nach Überprüfung und Bestätigung der Normalverteilung sowie der Varianzhomogenität ( $F(1, 30) = .734, p = .398, n = 32$ ) kann die Aufmerksamkeit dem T-Test für unabhängige Stichproben gewidmet werden.

Tabelle 3: T-Test für unabhängige Stichproben und Levene-Test für Varianzhomogenität

### Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianz- gleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifi- F	kanz .398	T 3.321	df 30	Sig. (2-seitig) .002	Mittlere Differenz 4.77579	Standard- fehler der Differenz 1.43815	95% Konfidenzinter- vall der Differenz	
									Untere 1.83869	Obere 7.71290
Avera- geSpeed_m	Varianzen sind gleich	.734	.398	3.321	30	.002	4.77579	1.43815	1.83869	7.71290
ean	Varianzen sind nicht gleich			3.174	22.186	.004	4.77579	1.50476	1.65663	7.89495

Tabelle 4: Deskriptive Gruppenstatistik

### Gruppenstatistiken

	Sex	N	Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfehler des Mittelwertes
AverageSpeed_mean	1.00	18	42.4722	3.33309	.78562
	2.00	14	37.6964	4.80202	1.28339

Aufgrund der erwiesenen Varianzhomogenität werden lediglich die entsprechenden Resultate betrachtet (Zeile 'Varianzen sind gleich'). Es sind in erster Linie die Werte  $t = 3.321$  und der entsprechende Signifikanzwert  $p = .002$  zu beachten. Tabelle 3 sagt damit aus, dass der Unterschied signifikant ist. Die Mittelwerte der Variable Geschlecht unterscheiden sich ( $t(30) = 3.321, p = .002$ ) mit einer mittleren Differenz von 4.77579 km/h (Tabelle 4). Versuchsprobanden mit der Ausprägung *männlich* (Sex 1.00) fahren durchschnittlich 42.47 km/h, während Probanden mit der Ausprägung *weiblich* (Sex 2.00) ein Durchschnittstempo von 37.7 km/h einhielten.

Um diesen Unterschied in Relation setzen zu können, wurde zusätzlich die Effektstärke nach (Cohen, 1977) berechnet:

$$d = \frac{42.4722 - 37.6964}{\sqrt{\frac{(3.33309^2 + 4.80202^2)}{2}}} = 1.155$$

die Effektstärke nach Cohen (1977) liegt bei  $d = 1.155$  und entspricht damit einem sehr starken Effekt.

## 6. Diskussion

Die vorliegende Studie hatte sich zum Ziel gesetzt zu untersuchen, ob der vom Projektteam entwickelte Fahrsimulator in der Lage ist, Aspekte realer Verkehrsszenarien in die Virtualität zu übertragen. Um dieser Frage nachzugehen wurden Effekte, die Alter und Geschlecht der Probanden auf Reaktionszeit und Durchschnittsgeschwindigkeit hatten, in einem eigenständig entwickelten Fahrsimulator betrachtet. Keine signifikante Beeinflussung wurde zwischen den Variablen Alter und Reaktionsgeschwindigkeit gefunden (vgl. Kapitel 5.1). Dies stimmt mit der aufgestellten Hypothese «*Wenn die Variable Alter variiert wird, hat dies keinen signifikanten Einfluss auf die Reaktionszeit der Probanden*» überein. Hypothese 1 kann somit bestätigt werden. In Kapitel 2.1 werden zwei Hauptmotive für diese Hypothese und damit mögliche Erklärungen für die gefundenen Resultate besprochen. Zum einen gibt es bezüglich Reaktionsgeschwindigkeit und Alter verschiedene Ergebnisse, wenn die verschiedenen Methoden von Studien betrachtet werden. So behauptet Green (2000), dass eine Verlangsamung mit dem Alter hauptsächlich in Simulator-Studien gefunden werden. Studien unter realen Bedingungen fänden jedoch oft keinen derartigen Effekt. Olson und Sivak (1986) finden als mögliche Erklärung, dass ältere Autofahrer die langsamere Wahrnehmung mit ihrer Erfahrung kompensieren. Zum anderen werden signifikante altersbezogene Effekte durchgehend erst gefunden, wenn das Alter der Versuchspersonen 50 Jahre übersteigt (Broen & Chiang, 1996; Warshawsky-Livne & Shinar, 2002). In Kapitel 2.1 wird argumentiert, dass der Simulator so realistisch wie möglich gestaltet werden sollte. Es wurde angenommen, dass dadurch auch die Alterseffekte nicht auftreten dürften. Weiter überschreitet die Stichprobe das Alter von 40 Jahren nicht. Interessant wäre es nun herauszufinden, welcher dieser zwei Faktoren zu dem Nichtvorhandensein von Alterseffekten führt oder ob es gar eine Kombination ist. So wäre die am nächstliegende Möglichkeit, die altersbezogene Ausweitung der Stichprobe auf 60+ Jahre.

Dabei müsste jedoch wieder zusätzlich der Faktor Navigation betrachtet werden, damit die Daten nicht durch die stärkere Ablenkung von älteren Fahrern durch das Navigationsgerät verfälscht werden (Dingus et al., 1989). Da bspw. Broen und Chiang (1996) ebenfalls auf einen relativ realistischen Simulator zurückgriffen (wenn auch die Technik in den letzten zwanzig Jahren enorme Fortschritte machte – siehe VR), wäre es durchaus möglich, dass die Erhöhung der Altersklassen einen starken Einfluss haben und zu etwaigen Effekten führen könnte. Eine signifikante Beeinflussung mit hoher Effektstärke wurde zwischen den Variablen *Geschlecht* und *Durchschnittsgeschwindigkeit* gefunden (vgl. Kapitel 5.2). Dadurch kann die aufgestellte Hypothese «*Wenn ein Proband männlich ist, ist die Wahrscheinlichkeit einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit erhöht*» bestätigt werden. Dieser Befund bestärkt auch die Befunde von Ewert et al. (2010), die Aussagen, dass Geschwindigkeitsdelikte in der Schweiz nach wie vor «Männersache» sei. Die Hypothese wurde neben der Häufigkeit von Geschwindigkeitsdelikten ebenfalls aufgrund der erhöhten Risikobereitschaft von Männern aufgestellt (Kleisen, 2011; Özkan & Lajunen, 2006). Speziell beim Thema Fahren scheint dies ein wesentlicher Faktor zu sein (Byrnes et al., 1999). Interessant wäre es in dieser Hinsicht, ob sich diese Tendenz neben der Geschwindigkeit auch in anderen Faktoren, wie beispielsweise dem Bremsverhalten, der Rücksicht auf andere Verkehrsteilnehmer oder dem zu nahen Auffahren beobachten lässt (Rhodes & Pivik, 2011). Ebenfalls zusätzliche Aufmerksamkeit sollte dem Alter von Versuchsprobanden geschenkt werden. So scheint es zwar eindeutig, dass das Geschlecht eine wichtige Variable ist, viele Studien finden aber auch zusätzlich, dass besonders junge Autofahrer ein stark erhöhtes Risikoverhalten zeigen (Blockey & Hartley, 1995; Flade, 2013; Rhodes & Pivik, 2011). So scheinen vor allem männliche Autofahrer unter 25 Jahren betroffen zu sein (Moser, 2004; Rhodes & Pivik, 2011). Um dies zu untersuchen wäre jedoch eine gezieltere Altersklassifikation notwendig. Die Anzahl der Autofahrer mit einem Alter von weniger oder gleich 24 Jahren betrug in dieser Studie zehn. Davon waren lediglich vier Männer.

Bezüglich der Ausfälle von Probanden aufgrund von Simulatorkrankheit, kann das Projekt als Erfolg betrachtet werden. Lediglich vier von 37 Probanden konnten nicht alle Erhebungsstrecken beenden. Dies entspricht einem Prozentsatz von 10.8% und liegt weit tiefer als bei vergleichbaren Studien. So mussten bei Carlozzi, Gade, Rizzo und Tulskey (2013) 19.2% und bei Ricaud, Lietar und Joly (2015) sogar 49% der Probanden abbrechen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der benutzte Simulator mindestens in einigen Aspekten in der Lage ist, realistische Verkehrsszenarien abzubilden. Alters- und Geschlechtsbezogene Hypothesen wurden bestätigt und stimmen mit den Befunden anderer Studien überein. Dadurch wird abgebildet, dass die betrachteten Reaktionszeiten und Verhaltensweisen durchaus gleiche Tendenzen wie Reaktionszeiten und Verhaltensweisen in realen Verkehrssettings aufzeigen. Es soll jedoch betont werden, dass weitere Forschung betrieben werden müsste, um ein definitives Fazit bezüglich der Übertragbarkeit von Resultaten aus der Simulation in die echte Welt ziehen zu können. Entsprechend besteht durchaus Potential was die in Kapitel 1.1 angesprochene Testung von virtuellen, und damit gefahrlosen, Verkehrssicherheits-Implementierungen anbelangt. Dieses Ziel kann jedoch nur erreicht werden, wenn noch weitere Variablen getestet und Ressourcen investiert werden.

## 7. Ausblick

Wie bereits erwähnt zeigen die gemessenen Variablen die gleichen Tendenzen wie sie von anderen Studien bei Autofahrern in der echten Welt gefunden wurden. Um aber eine Aussage bezüglich der generellen Abbildung von realitätsgetreuem Fahren machen zu können, müssten natürlich unbedingt weitere Variablen getestet und die bereits betrachteten Variablen eventuell durch eine erweiterte Stichprobe überprüft werden. Eine erweiterte Stichprobe böte die Möglichkeit den Versuch so aufzugleisen, dass etwaige Störvariablen wie Positionseffekte vermieden werden könnten. Dadurch würden die quantitativen Resultate an Aussagekraft gewinnen und die Tauglichkeit des Simulators würde weiter bestärkt werden. Fahrsimulatoren mit einer hohen Validität könnten helfen Langzeitstudien für beispielsweise Sicherheitsmassnahmen an Fussgängerstreifen, durchzuführen. Die Gefährdung von Verkehrsteilnehmern wäre dadurch auf null reduziert. Eine andere Einsatzmöglichkeit wäre das Training von Buschauffeuren, Blaulichtfahrern oder Führern von anderen Vehikeln, wie beispielsweise Zügen.

An dieser Stelle wird erneut auf Kaspar Kaufmanns Bachelorthesis *'Fussgängererkennung im virtuellen Raum'* verwiesen. Diese findet signifikante Unterschiede bezüglich der Lichtverhältnisse (Nacht/Tag), wodurch die Validität des Simulators weiter bestätigt wird. Ebenfalls zeigt sich, dass das Thema virtuelle Realität mehr als interessant für die Anwendung in Simulatoren ist. Neben den quantitativen Resultaten, die signifikante Unterschiede zwischen Bildschirm und VR feststellten, wurde auch durch das Debriefing klar, dass die Versuchspersonen in VR

durchgängig ein stärkeres Gefühl der Immersion verspürten. Entsprechend sagten einige Probanden aus, dass die Fahrt am Bildschirm sich nicht wirklich wie eine Autofahrt anfühlte. Dies änderte sich aber drastisch in VR. Interessant wäre im Hinblick auf VR die Implementierung von Eye Tracking (was für VR-Brillen bereits möglich ist). Damit wären Simulatorstudien in der Lage, die Blickbewegungen von Probanden aufzuzeichnen und zu visualisieren, was den Probanden auffällt, was wie lange betrachtet wird und was sich der Aufmerksamkeit entzieht. So wird VR mit seiner zunehmend besseren Verfügbarkeit bestimmt ein Thema bleiben und in Bereichen der Simulation an Wichtigkeit gewinnen. Nach wie vor bleibt aber natürlich der Aspekt Simulatorkrankheit ein Thema, der erheblichen Einfluss in entsprechenden Studien hat. Die durch Fragebögen gesammelten Daten (NASA TLX und iGroup presence questionnaire) konnten, aus zeitlichen Gründen, leider nicht mehr ausgewertet werden. Dennoch könnten sie sich für die weitere Forschung als interessant erweisen. So könnte beispielsweise die Auslastung, die Probanden momentan in VR erleben, mit zukünftigen Fahrten in VR verglichen werden. Derselbe Vergleich wäre auch für die Immersion möglich.

Mit Bestimmtheit lässt sich sagen, dass der Simulator mit der virtuellen Umgebung einen interessanten und soliden Grundstein für eine Weiterentwicklung bietet. Wenn die Möglichkeit besteht, weitere Ressourcen zu mobilisieren, wären als erste Schritte eine grössere Stichprobe und die Implementierung von realistischen Elementen, wie bspw. Gegenverkehr, angebracht. Die Validität des Simulators und damit dessen Potential für praktische Einsätze könnte dadurch noch weiter gesteigert werden.

## 8. Reflexion und Limitationen

### 8.1 Methode

In Anbetracht der für das Projekt vorhandenen Ressourcen wird die gewählte Methodik als angemessen beurteilt. Nichtsdestotrotz wäre eine grössere und damit aussagekräftigere Stichprobe empfehlenswert. Dadurch liesse sich ein angemesseneres Studiendesign kreieren, Konfundierung und speziell Positionseffekte eliminieren und entsprechend die statistische Aussagekraft der Tests erhöhen. Mit dem verwendeten Studiendesign ist die potentielle Konfundierung ein wesentlicher Faktor, der bei Betrachtung der quantitativen Resultate dieser Studie stets im Hinterkopf behalten werden muss. Eine erweiterte Stichprobe würde ebenfalls eine genauere Betrachtung von Alterseffekten ermöglichen. Ein Fehler unterlief dem Projektteam in Bezug auf die Anzahl von Fussgängern. Im Nachhinein wurde festgestellt, dass auf einer Erhebungsstrecke lediglich 14 Fussgängerstreifen mit Fussgängern bestückt waren und nicht wie sonst 15. Eine zusätzliche Kontrolle dieser Anzahl wäre angebracht gewesen und soll in zukünftigen Projekten auf jeden Fall immer durchgeführt werden, um Fehler dieser Art zu vermeiden.

Die frühere und detailliertere Betrachtung von Simulatorkrankheit und spezifisch deren Ursachen würde eine sorgfältigere Vorselektion der Stichprobe erlauben. So könnte das Risiko von Ausfällen und einer eventuellen Verfälschung von Daten minimiert werden. Würde die Angst vor Datenausfällen aufgrund von Simulatorkrankheit reduziert, könnten eventuell alle Strecken in VR absolviert und dadurch ein saubereres Studiendesign angepeilt werden. Ergänzend dazu wäre ein Simulator Sickness Questionnaire nach der Absolvierung interessant. Damit könnten weitere Daten zu diesem Phänomen gesammelt und mit der Vorselektion abgeglichen werden. Es würde ebenfalls helfen, einer möglichen Verfälschung durch Simulatorkrankheit vorzubeugen. Für die Auswertung dieses Projektes wurden alle Personen, die den Versuch nicht aufgrund von Simulatorkrankheit abbrechen mussten, in die Analyse miteinbezogen. Nicht beachtet wurde dabei, wie der Zustand der Probanden während der Fahrt war – sprich, ob sie sich wohl oder unwohl fühlten und wie stark ausgeprägt das allfällige Unwohlgefühl war.



## 8.2 Technik

Unter Betrachtung der vorhandenen Ressourcen ist das Projektteam mit der Leistung grundsätzlich zufrieden. Dennoch ist anzumerken, dass das Vorhandensein von mehr Ressourcen natürlich zu einem realistischeren Fahrsimulator hätte führen können. So wurde beispielsweise erst spät im Projektverlauf die Erkenntnis gewonnen, dass das sogenannte Level Streaming leistungstechnisch Verbesserungen hätte bringen können. Beim Level Streaming wird die virtuelle Umgebung in kleinere Elemente gesplittet. Dies ermöglicht, dass die Engine nur jeweils jenen Abschnitt vollkommen lädt, in dem sich der User befindet. Die anderen Teile der Umgebung werden entsprechend erst vollständig geladen, wenn es notwendig ist. Dieses Element hätte eine höhere Auflösung und damit bessere Sichtverhältnisse für die Erhebungen mit der VR-Brille ermöglicht. Die Auflösung in VR war einer der grössten und regelmässigen Kritikpunkte der Probanden. Sie musste jedoch eher geringgehalten werden, damit die Bildrate stabil blieb. Verbesserungen in diese Richtung wären entsprechend zu begrüssen.

Mit mehr Zeit wäre ebenfalls eine idealere Abstimmung des Fahrverhaltens möglich gewesen. Natürlich hätte bei Anpassungen dieser Art jeweils immer auch der Aspekt der Simulatorkrankheit im Hinterkopf behalten werden müssen.

Technisch anspruchsvoller, aber bestimmt sinnvoll, wäre auch die Ergänzung der virtuellen Umgebung mit realistischen Elementen wie Gegenverkehr und andere Ablenkung. Dies war ebenfalls ein Hinweis bzw. Wunsch, der im Debriefing öfters genannt wurde.

## 8.3 Persönlicher Rückblick

Die Durchführung dieses Projektes gewährte eine Unmenge an Gelegenheiten für Lernerfahrung. Die Interdisziplinarität der Unternehmung gewährte interessante Einblicke in die technische Entwicklung einer virtuellen Umgebung wie auch in die Einbindung von virtueller Realität. Das Projekt bot seinen Autoren aber ganz allgemein die Möglichkeit, in Bereichen Erfahrungen zu sammeln, die nicht üblicherweise als Teil der Psychologie oder Informatik betrachtet werden. So bot beispielsweise der Entwurf der virtuellen Umgebung die Möglichkeit, Einblicke in die schweizerischen Strassenverkehrsnormen zu gewinnen. Methodische Kenntnisse aus Vorlesungen konnten erfolgreich umgesetzt werden und Erfahrungen, die aus früheren Projekten gewonnen wurden, halfen ungemein. Die statistische Auswertung, die Planung und Durchführung des Experimentes und die Zusammenarbeit im Team sind nur einige Beispiele dafür.

Für zukünftige Projekte, wäre die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern ein Punkt, der eventuell im Vorherein etwas klarer definiert werden müsste. So wären regelmässige Absprachen und evtl. kurze Zusammenfassungen, was in welchem Gebiet gemacht wurde, sehr vorteilhaft. Zwar wurde die Kommunikation in der zweiten Projekthälfte immer besser und strukturierter; jedoch hätten von Beginn weg definierte Abmachungen bestimmt geholfen. Ebenfalls hilfreich wäre eine besser geplante, fortlaufende Dokumentierung des Fortschritts auf Seiten der Psychologiestudenten gewesen. So hätte beim Schreiben des Berichts weit weniger Zeit auf die Rekonstruktion von Erkenntnissen verwendet werden müssen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Projekt als Ganzes äusserst komplex, aber auch enorm lehrreich war. Die komplette Durcharbeitung vom Nullpunkt bis zum Abschluss benötigte viel Arbeit. Die Motivation war jedoch stets vorhanden und es war schön, den regelmässigen Fortschritt betrachten zu können. So war es beispielsweise nur einige Monate nach Fertigstellung des 2D-Entwurfs der virtuellen Umgebung möglich, sich tatsächlich darin aufzuhalten. Dank VR-Brillen geschah dies in einer Weise, die vor einigen Jahren noch unvorstellbar gewesen wäre. Ohne Zweifel lässt sich sagen, dass auch zukünftige Projekte von den gesammelten Lernerfahrungen profitieren werden.

## 9. Literaturverzeichnis

- Allen, W. R., Rosenthal, T. J., & Cook, M. L. (2011). A Short History of Driving Simulation. In J. D. Lee, D. L. Fisher, J. K. Caird, & M. Rizzo (Hrsg.), *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine and Psychology: An Overview*. CRC Press.
- Blockey, P. N., & Hartley, L. R. (1995). Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics*, *38*(9), 1759–1771.
- Broen, N. L., & Chiang, D. P. (1996). Braking Response Times for 100 Drivers in the Avoidance of an Unexpected Obstacle as Measured in a Driving Simulator. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *40*(18), 900–904.
- Bühl, A. (2014). *SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse ; [Extras online]* (14., aktualisierte Aufl). Hallbergmoos: Pearson.
- Byrnes, J. P., Miller, D. C., & Schafer, W. D. (1999). Gender differences in risk taking: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *125*(3), 367–383.
- Carlozzi, N. E., Gade, V., Rizzo, A., & Tulskey, D. (2013). Using virtual reality driving simulators in persons with spinal cord injury: three screen display versus head mounted display. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *8*(2), 176–180.
- Casali, J. G. (1986). *Vehicular Simulator-induced Sickness, Volume 1: An Overview*. Virginia Polytechnic Institute and State University, VA.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Rev. ed). New York: Academic Press.
- Dingus, T. A., Hulse, M. C., Antin, J. F., & Wierwille, W. W. (1989). Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation Research Part A: General*, *23*(4), 301–315.

- Dudenredaktion (Hrsg.). (2017). Duden. *Duden*. Berlin: Dudenverlag. Abgerufen von <http://www.duden.de/rechtschreibung/propriozeptiv>
- Ewert, U., Scaramuzza, G., Niemann, S., & Walter, E. (2010). Der Faktor Geschwindigkeit im motorisierten Strassenverkehr. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Fahrmeir, L., Kneib, T., & Lang, S. (2009). *Regression: Modelle, Methoden und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Flade, A. (2013). *Der rastlose Mensch*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Fröhlich, W. D. (2014). *Wörterbuch Psychologie* (Original-Ausg., 29., unveränd. Nachaufl.). München: Dt. Taschenbuch-Verl.
- Golding, J. F. (2006). Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 41(2), 237–248.
- Green, M. (2000). «How Long Does It Take to Stop?» Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times. *Transportation Human Factors*, 2(3), 195–216.
- igroup project consortium (2016) igroup presence questionnaire. Zugriff am 26.02.2017 von <http://www.igroup.org/pq/ipq/download.php#German>
- Jerald, J. (2016). *The VR book: human-centered design for virtual reality* (First edition). San Rafael: Morgan & Claypool.
- Kennedy, R. S., Berbaum, K. S., Lilienthal, M. G., Dunlap, W. P., Mulligan, B. E., & Funaro, J. F. (1987). Guidelines for Alleviation of Simulator Sickness Symptomatology. Florida: Naval Training Systems Center Orlando.
- Kennedy, R. S., Frank, L. H., & McCauley, M. E. (1985). Simulator Sickness: Reaction to a Transformed Perceptual World 2. Sourcebook and Suggested Readings. Florida: Naval Training Systems Center Orlando.

- Kleisen, L. (2011). The Relationship between Thinking and Driving Styles and their Contribution to young Driver Road Safety. University of Canberra.
- Kolasinski, E. M. (1995). Simulator Sickness in Virtual Environments. U.S. Army Research Institute.
- Lerner, N., D. (1993). Brake Perception-Reaction Times of older and younger Drivers. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, (38), 206–209.
- Lings, S. (1991). Assessing driving capability: a method for individual testing: the significance of paraparesis inferior studied in a controlled experiment. *Applied Ergonomics*, 22(2), 75–84.
- Makishita, H., & Matsunaga, K. (2008). Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 567–575.
- Milgram, P., Kishino, F., Takemura, H., & Utsumi, A. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77–D(12), 1321–1329.
- Moser, P. (2004). Alter, Automobilität und Unfallrisiko Eine Analyse von schweizerischen Daten des Mikrozensus Verkehr und der Unfallstatistik. Statistisches Amt des Kantons Zürich. Abgerufen von [http://www.statistik.zh.ch/dam/justiz\\_innern/statistik/Publikationen/statistik\\_info/si\\_2004\\_04\\_mikrozensus\\_verkehr.pdf.spooler.download.1326986170894.pdf/si\\_2004\\_04\\_mikrozensus\\_verkehr.pdf](http://www.statistik.zh.ch/dam/justiz_innern/statistik/Publikationen/statistik_info/si_2004_04_mikrozensus_verkehr.pdf.spooler.download.1326986170894.pdf/si_2004_04_mikrozensus_verkehr.pdf)
- NASA (2017) NASA TLX Task Load Index. Zugriff am 26.02.2017, von <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/tlxpaperpencil.php>
- Nwakacha, V., Crabtree, A., & Burnett, G. (2013). Evaluating Distraction and Disengagement of Attention from the Road. In R. Shumaker (Hrsg.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Systems and Applications* (Bd. 8022). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Olson, P. L., & Sivak, M. (1986). Perception-Response Time to Unexpected Roadway Hazards. *Human Factors, 28*(1), 91–96.
- Özkan, T., & Lajunen, T. (2006). What causes the differences in driving between young men and women? The effects of gender roles and sex on young drivers' driving behaviour and self-assessment of skills. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 9*(4), 269–277.
- Pausch, R., Crea, T., & Conway, M. (1992). A Literature Survey for Virtual Environments: Military Flight Simulator Visual Systems and Simulator Sickness. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1*(3), 344–363.
- Rhodes, N., & Pivik, K. (2011). Age and gender differences in risky driving: The roles of positive affect and risk perception. *Accident Analysis & Prevention, 43*(3), 923–931.
- Ricaud, B., Lietar, R., & Joly, C. (2015). Are Virtual Reality headsets efficient for remote driving? In *Proceedings of the international Conference on Road Safety & Simulation 2015* (S. 804–815). Orlando: University of Central Florida.
- Schwarz, J., & Bruderer Enzler, H. (2017). Methodenberatung - Einfache lineare Regression. Universität Zürich. Zugriff am 25.05.2017 von <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/zusammenhaenge/ereg.html>
- SITECO (2017) *Streetlight 10 midi LED für Mastaufsatz- oder Mastansatz-Montage | für Fussgänger-Überwege (PC-R) oder (PC-L)*. Zugriff am 20.05.17 unter [http://www.siteco.de/de/de\\_de/produkte/katalog-aussenleuchten/chapter/1550/category/13236/family/12222/variant/12221/product/5XA5824M1A08/detailSubsection/asset-photometric-documentoverview-IES.html](http://www.siteco.de/de/de_de/produkte/katalog-aussenleuchten/chapter/1550/category/13236/family/12222/variant/12221/product/5XA5824M1A08/detailSubsection/asset-photometric-documentoverview-IES.html)
- SLG (2016) Strassenbeleuchtung Ergänzungen zu SNR 13201-1 und SN EN 13201-2 bis -5: Richtlinien – Öffentliche Beleuchtung. Bern: SLG.

SN (2010) SN 640 020a Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Zweistreifige Straßen ohne bauliche Richtungstrennung. Zürich: VSS.

SN (2009) SN 640 070 Fussgängerkehr – Grundnorm. Zürich: VSS.

SN (2014) SN 640 075 Fussgängerkehr – Hindernisfreier Verkehrsraum, Erläuterungen, Anforderungen und Abmessungen. Zürich: VSS.

Stoner, H. A., Fisher, D. L., & Mollenhauer, M. (2011). Simulator and Scenario Factors Influencing Simulator Sickness. In J. Lee, D. L. Fisher, J. K. Caird, & M. Rizzo (Hrsg.), *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology*. CRC Press.

Warshawsky-Livne, L., & Shinar, D. (2002). Effects of uncertainty, transmission type, driver age and gender on brake reaction and movement time. *Journal of Safety Research*, 33(1), 117–128.

Welford, A. T. (1988). Reaction Time, Speed of Performance, and Age. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 515(1 Central Deter), 1–17.

Wermke, M., Klosa, A., Kunkel-Razum, K., & Scholze-Stubenrecht, W. (Hrsg.). (2000). *Duden: die deutsche Rechtschreibung* (22., völlig neu bearbeitete und Aufl). Mannheim: Dudenverlag.

Whelan, R. (2008). Effective Analysis of Reaction Time Data. *The Psychological Record*, 58, 475–482.

Wirtz, A. M. (2017). *DORSCH Lexikon der Psychologie - Datenaggregation*. Zugriff am 01.06.2017 von <https://portal.hogrefe.com/dorsch/datenaggregation/>

Zöfel, P. (2011). *Statistik für Psychologen: im Klartext* (Nachdr.). München: Pearson, Higher Education.

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strukturierung der Arbeit (eigene Darstellung).

Abbildung 2: Funktionselemente eines Fahrsimulators (Allen, Rosenthal, & Cook, 2011, S. 36).

Abbildung 3: Beispielvisualisierung für Virtual Reality Umgebung (eigene Darstellung).

Abbildung 4: Beispielvisualisierung für Microsofts Augmented Reality-Brille Hololens  
(<https://www.wired.com/2015/04/microsoft-build-hololens/>, Barret, B., 2015).

Abbildung 5: Beispiel für Head-Mounted Display HTC Vive ([https://www.vive.com/media/filer\\_public/69/0c/690cfe85-a7a2-406d-9696-8bb52e5e62a1/hp-03-feature04-roomscale.jpg](https://www.vive.com/media/filer_public/69/0c/690cfe85-a7a2-406d-9696-8bb52e5e62a1/hp-03-feature04-roomscale.jpg), Vive, 2017).

Abbildung 6: 2D Modell der virtuellen Umgebung (eigene Darstellung).

Abbildung 7: 3D Modell der virtuellen Umgebung (eigene Darstellung).

Abbildung 8: Screenshot von virtueller Umgebung (eigene Darstellung).

Abbildung 9: Fussgänger wird teilweise von Baum verdeckt (eigene Darstellung).

Abbildung 10: Innenausstattung und Navigationssystem mit Pfeil und km/h Anzeige (eigene Darstellung).

Abbildung 11: Beispielhafte Visualisierung der Referenzpunkterfassung durch Raycasting (eigene Darstellung).

Abbildung 12: Eingerichteter Simulator mit Sitz, Lenkrad Pedalen, Bildschirm, Kopfhörern und VR-Brille (eigene Darstellung).

Abbildung 13: Visualisierung der virtuellen Umgebung (eigene Darstellung).



## 11.Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versuchsplan für Experimentdurchführung.

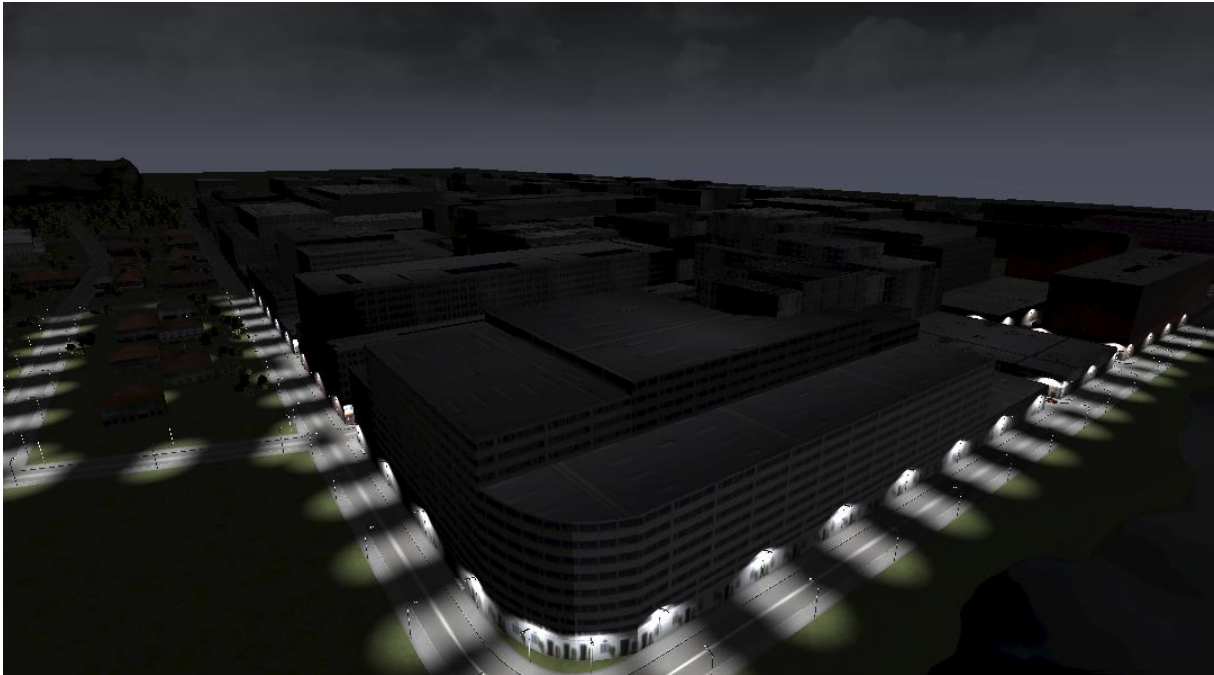
Tabelle 2: Signifikanz des Regressionsmodells.

Tabelle 3: T-Test für unabhängige Stichproben und Levene-Test für Varianzhomogenität.

Tabelle 4: Deskriptive Gruppenstatistik.

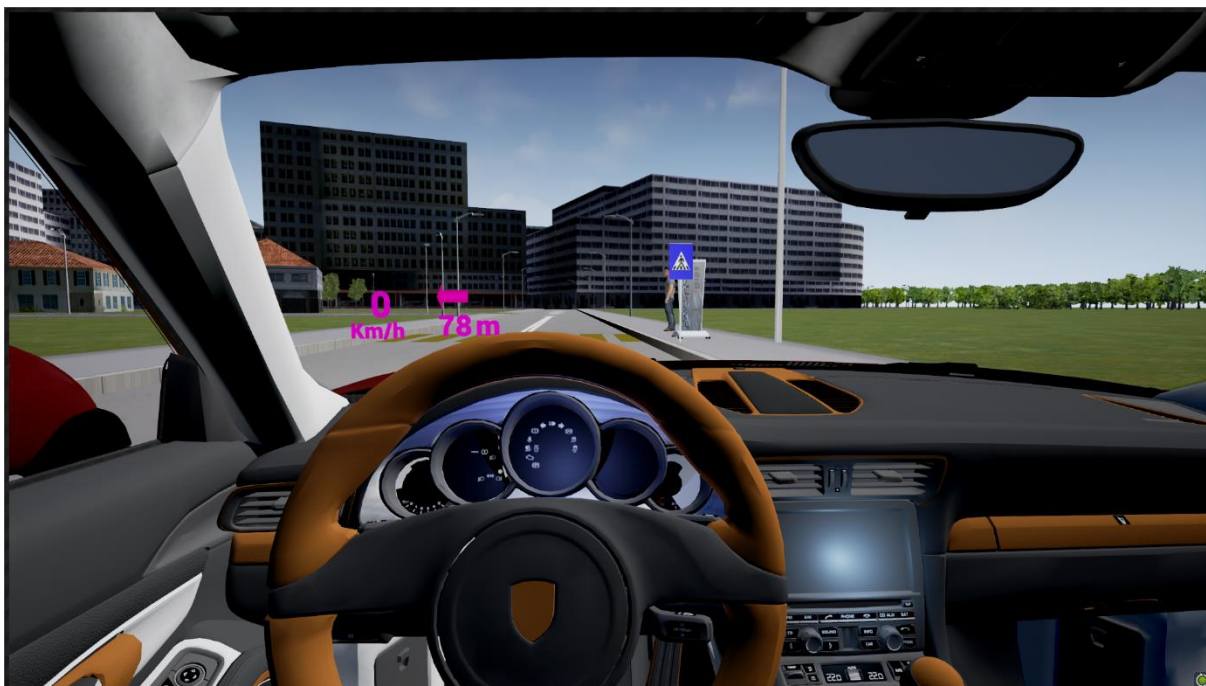
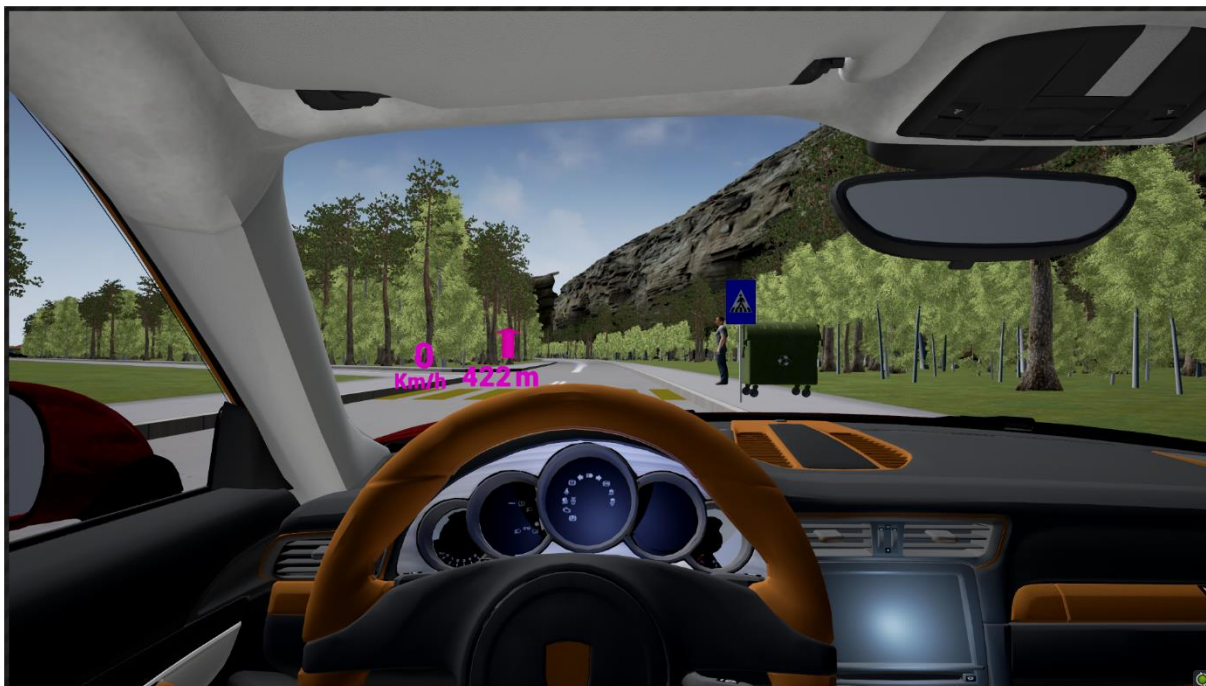
## 12.Anhang

### 12.1 Anhang A: Screenshots Virtuelle Umgebung





### 12.2 Anhang B: Screenshots Fussgänger und Objekte





## 12.3 Anhang C: Fragebogen Vorselektion

### Herzlich Willkommen

Im Rahmen unserer Bachelorarbeit an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) untersuchen wir die Sichtbarkeit von Fussgängern im virtuellen Raum. Mit folgendem Fragebogen suchen wir nach geeigneten und interessierten Testpersonen, die im **Besitz eines Führerausweises** (mind. Kategorie B) und zwischen **18 und 40 Jahren alt** sind. Die ausgewählten Testpersonen kommen in den Genuss neueste virtuelle Technologie auszuprobieren und erhalten zudem eine Entschädigung im Wert von 50 Franken.

Die Testdurchführung wird an der FHNW in Olten zwischen dem **13. März und 10. April 2017** über **ca. zwei Stunden** stattfinden und beinhaltet die Führung eines virtuellen Fahrzeugs während des Tragens einer Virtual-Reality-Brille.

Dieser Fragebogen behandelt Ihre persönlichen Erfahrungen mit Bewegungskrankheit, Videospiele und dem Führen eines Autos. Bitte antworten Sie möglichst spontan und ehrlich – es gibt kein «richtig» oder «falsch». Das Ausfüllen der Fragen dauert **ca. 10 Minuten**.

Wir danken Ihnen, dass Sie sich Zeit nehmen.

Simon Wehrli und Kaspar Kaufmann

#### Datenschutz

Wir garantieren Ihnen einen vertraulichen Umgang mit Ihren Daten. Die Ergebnisse werden ausschliesslich für Forschungszwecke verwendet. Weitere Details finden Sie in unseren [Datenschutzrichtlinien](#).

Ich bin damit einverstanden, dass meine Angaben zu Forschungszwecken verwendet werden.

Weiter

### Angaben zu Ihrer Person

1. Vorname:

Bitte Vorname angeben

2. Nachname:

Bitte Nachname angeben

3. E-Mail Adresse:

Bitte E-Mail Adresse angeben

4. Geschlecht:

weiblich  
 männlich

5. Alter:

Jahre

6. Höchste abgeschlossene Ausbildung:

-- bitte wählen --

7. Derzeitiger Beruf:

bitte Beruf angeben

Zurück

Weiter

### Bewegungskrankheit 1|2

Dieser Fragebogen dient dem Zweck herauszufinden wie anfällig Sie für Bewegungskrankheit sind und welche Arten von Bewegung besonders förderlich für dessen Auslösung sind. Bewegungskrankheit bedeutet hierbei das Empfinden von Übelkeit, Unwohlsein oder das tatsächliche Erbrechen.

Bitte beurteilen Sie die folgenden Arten von Transport oder Unterhaltung betreffend Kindheitserfahrung (jünger als 12 Jahre).

8. Wie oft haben Sie sich als Kind (jünger als 12 Jahre) krank gefühlt oder Übelkeit verspürt?

	nie krank gefühlt	selten krank gefühlt	manchmal krank gefühlt	öfters krank gefühlt	nicht zutreffend - nie benutzt
a. im Auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. im Bus / Reisebus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. im Zug	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. im Flugzeug	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. in kleinen Booten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. auf einem Schiff / einer Fähre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. auf einer Schaukel auf Spielplätzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h. auf einem Karussell auf Spielplätzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i. auf einer Achterbahn / Kirmesbahn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück Weiter

### Bewegungskrankheit 2|2

Bitte beurteilen Sie die folgenden Arten von Transport oder Unterhaltung betreffend der letzten 10 Jahre (ungefähr).

9. Wie oft haben Sie sich über die letzten 10 Jahre krank gefühlt oder Übelkeit verspürt?

	nie krank gefühlt	selten krank gefühlt	manchmal krank gefühlt	öfters krank gefühlt	nicht zutreffend - nie benutzt
a. im Auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. im Bus / Reisebus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. im Zug	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. im Flugzeug	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. in kleinen Booten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. auf einem Schiff / einer Fähre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. auf einer Schaukel auf Spielplätzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h. auf einem Karussell auf Spielplätzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i. auf einer Achterbahn / Kirmesbahn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück Weiter

10. Sind Sie im Besitz eines Führerausweises (mind. Kategorie B)?  Ja  Nein

11. Wie viele Jahre sind Sie bereits im Besitz des Führerausweises (mind. Kategorie B)?  Jahr/Jahre

a. Tragen Sie eine Brille zum Autofahren?  Ja  Nein

b. Wie oft fahren Sie Auto?  täglich  mehrmals pro Woche  einmal pro Woche  mehrmals pro Monat  seltener

Zurück Weiter

12. Welche Erfahrungen haben Sie mit Oculus Rift, HTC Vive oder Playstation Virtual-Reality-Brillen?  keine  schon einmal gehört  einmal benutzt  mehrmals benutzt  regelmässig benutzt

13. Welche Erfahrungen haben Sie mit Smartphone Virtual-Reality-Brillen (z.B. Cardboard, Gear VR, Daydream)?  keine  schon einmal gehört  einmal benutzt  mehrmals benutzt  regelmässig benutzt

14. Wie viele Stunden pro Woche verbringen Sie durchschnittlich mit Videospiele?  keine  < 1 h  1-5 h  5-10 h  > 10 h



	Stimme vollkommen zu 1	2	3	4	Stimme überhaupt nicht zu 5
15. Wenn ich ein Videospiel spiele, kann ich mir leicht vorstellen, selbst ein fester Bestandteil der Handlung zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Mir fällt häufig auf, dass ich körperlich auf etwas reagiere, das im Videospiel passiert, so als ob es real wäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Wenn ich mich mit einem Videospiel beschäftige erscheint es mir, als würde die reale Welt um mich herum verschwinden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Wenn ich ein Videospiel spiele, kann es sich so anfühlen, als würden sich mein Geist und meine Gedanken komplett an einem ganz anderen Ort befinden als an dem Ort, an dem ich tatsächlich bin.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Ich verliere selten die Orientierung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Ich weiss, dass ich einen guten Orientierungssinn habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. Normalerweise bin ich gut darin, sehr genaue (massstabsgetreue) Abbildungen von Räumen und Gebäuden zu zeichnen, die ich gut kenne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. Wenn ich mich mit den fiktiven Charakteren in einer Fernsehsendung, einem Film oder einem Buch beschäftige, kann ich das gleiche fühlen wie sie (Angst, Traurigkeit, Kummer, etc.).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. Wenn ich mich mit einer Fernsehsendung, einem Film oder einem Buch beschäftige, kommt es mir vor, als würde die Welt um mich herum verschwinden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24. Nachdem ich eine Fernsehsendung oder einen Film gesehen oder ein gutes Buch gelesen habe, denke ich noch über die Charaktere nach und überlege, was gerade mit ihnen geschieht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Ende der Umfrage

Herzlichen Dank, dass Sie an dieser Umfrage teilgenommen haben. Wir werden Ihre Daten überprüfen und Sie über Ihre angegebene E-Mail-Adresse bis zum 27. Februar 2017 mit weiteren Details kontaktieren.

Falls Sie weitere Personen kennen, die an einer Teilnahme an diesem Projekt interessiert sein könnten, dürfen Sie den Link zu diesem Fragebogen gerne mit ihnen teilen.

Link zur Umfrage: [dieumfrage.ch/VRdriving](http://dieumfrage.ch/VRdriving)

Soziale Medien: Teilen 0 Teilen 6 Teilen Gefällt mir Teilen Dir und 46 weiteren Personen gefällt das.

Bei Fragen zum Projekt können Sie sich gerne unter folgenden E-Mail-Adressen bei uns melden:

[simon.wehrli@students.fhnw.ch](mailto:simon.wehrli@students.fhnw.ch),  
[kaspar.kaufmann@students.fhnw.ch](mailto:kaspar.kaufmann@students.fhnw.ch)

Abschluss des Fragebogens: User können nicht mehr zurück

## 12.4 Anhang D: Drehbuch

1. Tagesbeginn / Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computer starten</li> <li>• Storen runterfahren (bis zu Griffen)</li> <li>• Fahrsimulator einrichten (Strom, USB, Position)</li> <li>• Vive starten und einrichten (Headsetposition überprüfen – wenn falsch Engine neu starten)</li> <li>• Engine und MaSiZe-Menü starten</li> <li>• GoPros positionieren</li> <li>• GroPros testen</li> <li>• Fahrsimulator und Brille testen</li> <li>• Überprüfen, ob Excel geschlossen</li> <li>• Soundwiedergabe über Kopfhörer testen (Lautstärke)             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Speaker-Pegel auf 40 setzen</li> <li>○ Unreal-Pegel auf 10 setzen</li> </ul> </li> <li>• Mikrophon testen             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pegel auf 100 setzen</li> </ul> </li> <li>• Fragebogen überprüfen und vorbereiten             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ iPad mit Internet verbinden</li> </ul> </li> <li>• Geld, Quittung und Einverständniserklärung bereitlegen</li> <li>• Wasser bereitstellen</li> </ul>
2. Empfang und Information	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Türe von Testraum 119 und 119b öffnen</li> <li>• Testpersonen vor dem Labor mit Vornamen begrüßen und ins Labor führen.</li> <li>• Etwas zu trinken anbieten</li> </ul> <p><b>Informationen zum Projekt:</b>          Durch Erhebung soll herausgefunden werden, ob es möglich ist Verkehrsszenarien in virtueller Realität zu testen. Dadurch könnten beispielsweise neue Verfahren bezüglich Zebrastrreifen getestet werden ohne Verkehrsteilnehmer zu gefährden.</p>

- Aufgabe des Testprobanden
  - Proband fährt nach Navi, das auf der Frontschuttscheibe abgebildet ist
  - Es muss auf Fussgänger reagiert werden, indem ein Knopf gedrückt wird, sobald der Fussgänger gesehen wird
  - An Zebrastreifen muss jedoch nicht angehalten oder gebremst werden
- Equipment erklären
  - Fahrausrüstung (Knöpfe, Pedale, Lenkrad)
  - Vive & Bildschirm
  - Kopfhörer mit Mikrophon
    - Mit Probanden wird während der Erhebung über Mikrofon kommuniziert
  - GoPros
    - Warum werden Filmaufnahmen gemacht?
    - **Einverständniserklärung unterschreiben**
- Ablauf erklären:
  - Teststrecke um sich etwas einzugewöhnen
    - Dient dazu, dass der Proband das Fahren ausprobieren kann und sich an die Tastenposition gewöhnen kann.
  - 2 Strecken werden am Bildschirm abgefahren
    - ca. 10 Minuten pro Strecke
    - 5 Minuten Pause dazwischen
  - Fragebogen bezüglich Immersion
  - Erneut Teststrecke um sich an Virtual Reality zu gewöhnen
  - 2 Strecken werden mit Virtual Reality Brille
    - ca. 10 Minuten pro Streck
    - 5 Minuten Pause dazwischen
  - Fragebogen bezüglich Immersion und einige offene Fragen nach der Erhebung
  - Geld wird nach der Erhebung, vor der Verabschiedung ausbezahlt
- Fragen?

- GoPro' starten
- Fahrsimulator auf Testperson anpassen
  - Sitz abstand anpassen
  - Abstand Pedale

### Übungsstrecke 1

Testperson auf Übungsstrecke platzieren, **Lenkrad entfernen** und wie folgt instruieren:

- Schalten / Kupplung ist nicht nötig.
- Wenn lange genug gebremst wird, wird rückwärts gefahren
- Hinweisen dass alle Knöpfe auf dem Lenkrad der Reaktion auf Fussgänger dienen
- Fahrinstruktion:
  - langsam anfahren
  - geradeaus, dann Rechtskurve
  - Nach kurve auf Fussgänger reagieren mit drücken einer Taste
  - Unklarheiten?

### Teststrecke – Slope 1, nacht (Bildschirm)

- **Lenkrad entfernen**
- Hinweis, dass Geschwindigkeitsbegrenzung stets 50 km/h ist
- Hinweis, dass Fernlicht im Wald von uns eingestellt wird
- Testperson auf Strecke platzieren und Erlaubnis zum Teststart geben (**Fernlicht einschalten nicht vergessen**)
- Nach Beendigung der Strecke bei Versuchsperson bedanken, auf 5 Minuten Pause hinweisen und nach Befinden erkundigen:
  - Wie fühlt sich die Versuchsperson?
  - Möchte sie etwas zu trinken?
- Datensammlung in Editor überprüfen

### Teststrecke – Slope 2, tag (Bildschirm)

- **Lenkrad entfernen**
- Testperson auf Strecke platzieren und Erlaubnis zum Teststart geben
- Nach Beendigung der Strecke bei Versuchsperson bedanken, auf 5 Minuten Pause hinweisen und nach Befinden erkundigen:
  - Wie fühlt sich die Versuchsperson?
  - Möchte sie etwas zu trinken?
- Datensammlung in Editor überprüfen

### Fragebogen 1

- Person das iPad mit Fragebogen aushändigen und Fragebogen starten

**HTC Vive auf Testperson anpassen**

- Aufzeigen der Straps und des Linsenabstandreglers
- Straps lösen und Testperson aufsetzen lassen
- Bezüglich Straps, Regler und Höhe instruieren
- Evtl. Abstand von Vive zu Brille anpassen

**Übungsstrecke 2**

Testperson auf Teststrecke platzieren und wie folgt instruieren:

- Leichtes Unwohlsein kann in VR normal sein, nach kurzer Eingewöhnungsphase jedoch meist okay. Falls zu unangenehm melden – evtl. nach kurzer Pause nochmals versuchen, ansonsten abbrechen
- erst umschaun – passt alles?
  - Reset von Perspektive bis alles passt
- Lenkrad ausprobieren, langsam Gas geben
  - Geschwindigkeit zu Beginn niedrig halten
  - Kufen langsam
- Frei fahren lassen, vorsichtiges Fahren, Bescheid geben wenn sich Testperson bereit fühlt.

**Teststrecke – Slope 1, tag (Vive)**

- Testperson auf Strecke platzieren und Erlaubnis zum Teststart geben
- Nach Beendigung der Strecke bei Versuchsperson bedanken, auf 5 Minuten Pause hinweisen und nach Befinden erkundigen:
  - Wie fühlt sich die Versuchsperson?
  - Möchte sie etwas zu trinken?
- Datensammlung in Editor überprüfen

**Teststrecke – Slope 2, nacht (Vive)**

- Testperson auf Strecke platzieren und Erlaubnis zum Teststart **geben (Fernlicht ein- und ausschalten nicht vergessen)**
- Nach Beendigung der Strecke die Versuchsperson bitten die Brille abzunehmen und nach Befinden erkundigen:
  - Wie fühlt sich die Versuchsperson?
  - Möchte sie etwas zu trinken?
- Datensammlung in Editor überprüfen

5. Debriefing und Verabschiedung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Person das iPad mit Fragebogen aushändigen</li> <li>• Während VPN Fragebogen ausfüllt:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Auffälligkeiten notieren</li> </ul> </li> <li>• Debriefing mit der Testperson durchgehen.</li> <li>• Nach weiteren Fragen erkundigen und Hinweis auf E-Mail Adresse geben für spätere Fragen</li> <li>• Geld überreichen und <b>Quittung unterschreiben</b> lassen</li> <li>• Bedankung und Verabschiedung</li> </ul>
6. Nachbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten sichern             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Exceldaten in entsprechenden Dokument und Backup auf HDD                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excel wieder schliessen</li> </ul> </li> <li>○ GoPro</li> </ul> </li> <li>• GoPro stoppen             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wenn letzte Erhebung des Tages – Videos übertragen und GoPro's aufladen</li> </ul> </li> <li>• Sichern und Back-Up von Daten             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Neue Excelversion in Dropbox – altes in Archiv</li> <li>○ Back Up von neuer Excelversion auf Harddisk</li> <li>○ Dropbox Videos auf Harddisk</li> </ul> </li> <li>• <b>Editor leeren</b></li> <li>• Debriefing übertragen und speichern</li> <li>• Sammlung von Quittung und Einverständniserklärung</li> <li>• HTC Vive reinigen –desinfizieren, trocknen, Linsen putzen</li> <li>• Kopfhörer reinigen – desinfizieren, trocknen</li> <li>• Soundblaster aufladen</li> <li>• Mail reminder für nächste Probanden</li> <li>• Zimmer lüften</li> </ul>
Unwohlsein und Übelkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei leichterem Unwohlsein falls gewünscht eine Pause</li> <li>• Falls Übelkeit – Abbruch und wie folgt verfahren:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Testperson versichern, dass dies kein Problem darstellt</li> <li>b. Testperson fragen ob sie an die frische Luft, sich ausruhen oder gehen möchte</li> <li>c. Testperson das Geld ausbezahlen</li> </ol> </li> <li>• Abbruch vermerken und provisorischen Ersatz markieren</li> </ul>

## 12.5 Anhang E: Fragebögen Erhebung

### NASA TLX: Task Load Index

**Herzlich Willkommen**

Es folgt eine kurze Befragung. Bitte beantworten Sie die Fragen intuitiv, ohne lange zu überlegen. Bei Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Angaben zu Forschungszwecken verwendet werden.

Alle Inhalte © 2015-2017 | Impressum | Datenschutz | Kontakt: simon.wehrli@students.fhnw.ch | Proudly powered by dieUmfrage.ch Seite 1 | 6

1. Vorname:

2. Nachname:

3. An welchem Experiment haben Sie eben teilgenommen?

Bildschirm  
 Virtual Reality Brille

Alle Inhalte © 2015-2017 | Impressum | Datenschutz | Kontakt: simon.wehrli@students.fhnw.ch | Proudly powered by dieUmfrage.ch Seite 2 | 6

Klicken Sie in jeder Skale auf den Punkt, der Ihre Erfahrung im Hinblick auf die Aufgabe am besten verdeutlicht.

4. **Geistige Anforderung:** Wie viel geistige Anforderung war bei der Informationsaufnahme und bei der Informationsverarbeitung erforderlich (z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen ...)? War die Aufgabe leicht oder anspruchsvoll, einfach oder komplex, erfordert sie hohe Genauigkeit oder ist sie fehlertolerant?

Gering Hoch

5. **Körperliche Anforderung:** Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z.B. ziehen, drücken, drehen, steuern, aktivieren ...)? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig?

Gering Hoch

6. **Zeitliche Anforderung:** Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt mit dem die Aufgaben oder Aufgabenelemente auftraten? War die Aufgabe langsam und geruhsam oder schnell und hektisch?

Gering Hoch

7. **Leistung:** Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele?

Schlecht Gut

8. **Anstrengung:** Wie hart mussten Sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen?

Gering Hoch

9. **Frustration:** Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe?

Gering Hoch

## igroup presence questionnaire

### Erleben in der virtuellen Welt

Sie sehen nun 14 Fragen bzw. Aussagen darüber, wie und was Sie erlebten. Bitte geben Sie jeweils an, ob die Aussage zutrifft oder nicht. Sie können die gesamte Breite der Antwortmöglichkeiten nutzen.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, es zählt nur Ihre Meinung. Ihnen wird auffallen, dass sich manche Fragen sehr ähneln; das ist aus statistischen Gründen notwendig – wir bitten um Verständnis. Und bitte denken Sie daran: beantworten Sie alle Fragen jeweils in Bezug auf dieses eine Erlebnis.

10. Ich hatte nicht das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu sein.	hatte nicht das Gefühl -3    -2    -1    0    +1    +2    +3 hatte das Gefühl
<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
11. Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?	überhaupt nicht -3    -2    -1    etwas 0    +1    +2    vollständig +3
<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
12. Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen.	trifft gar nicht zu -3    -2    -1    0    +1    +2    +3 trifft völlig zu
<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
13. Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?	vollkommen real -3    -2    -1    weder noch 0    +1    +2    gar nicht real +3
<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
14. Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.	trifft gar nicht zu -3    -2    -1    0    +1    +2    +3 trifft völlig zu
<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	



	trifft gar nicht zu -3   -2   -1   0   +1   +2   trifft völlig zu +3
15. Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
16. Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewusst.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
	extrem bewusst -3   -2   -1   mittelmäßig bewusst 0   +1   +2   unbewusst +3
17. Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
	überhaupt nicht -3   -2   -1   0   +1   +2   sehr stark +3
18. In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein...	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
	trifft gar nicht zu -3   -2   -1   0   +1   +2   trifft völlig zu +3
19. Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
20. Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
21. Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
22. Ich achtete noch auf die reale Umgebung.	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
	wie eine vorgestellte Welt -3   -2   -1   0   +1   +2   nicht zu unterscheiden von der realen Welt +3
23. Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○
	<input type="button" value="Zurück"/> <input type="button" value="Abschliessen"/>

## 12.6 Anhang F: Debriefing

1. Empfanden Sie die Variante mit Bildschirm oder mit Virtual Reality Brille als angenehmer?  
Und aus welchen Gründen?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Als Sie die Variante mit Virtual Reality Brille abgefahren sind, in welchen Situationen wurde Ihnen am ehesten unwohl und wie lange hat das Gefühl ungefähr angehalten?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Gab es Punkte bezüglich des Fahr Szenarios, die Ihnen besonders positiv aufgefallen sind?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. Gab es Punkte bezüglich des Fahr Szenarios, die Ihnen besonders negativ aufgefallen sind?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Sonstige Bemerkungen?

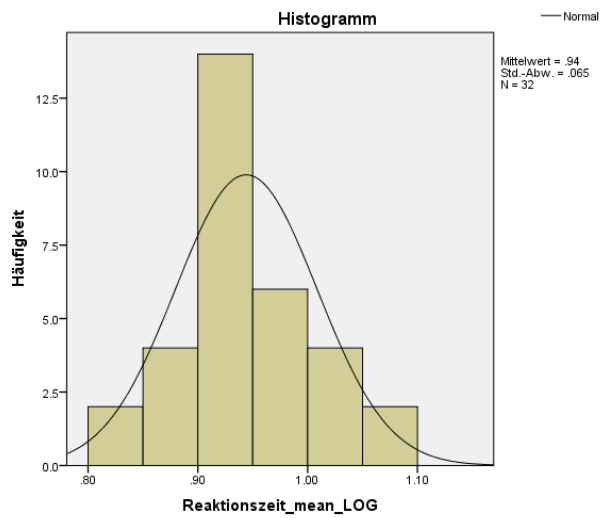
## 12.7 Anhang G: Auswertung - Tabellen und Diagramme

### H1: Überprüfung der Verteilung

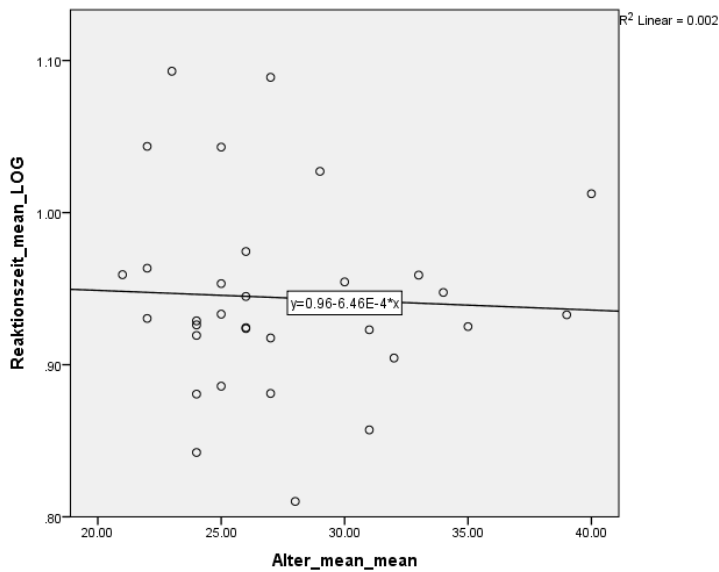
#### Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Reaktionszeit_mean_LOG	.163	32	.030	.943	32	.089

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors



### H1: Überprüfung der Linearität



*H2: Überprüfung der Verteilung*

**Tests auf Normalverteilung**

	Sex	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
AverageSpeed_mean	1.00	.148	18	.200*	.915	18	.105
	2.00	.199	14	.139	.942	14	.444

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

*H2: Überprüfung der Varianzhomogenität*

**Test bei unabhängigen Stichproben**

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
AverageSpeed_mean	Varianzen sind gleich	.734	.398	3.321	30	.002	4.77579	1.43815	1.83869	7.71290
	Varianzen sind nicht gleich			3.174	22.186	.004	4.77579	1.50476	1.65663	7.89495