

Diplomarbeit

Anwendung von Virtual Reality in der Planungspraxis

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung

Hauptbetreuung:

Forster, Julia; Projektass. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Mitbetreuung:

Voigt, Andreas; Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Arbeitsbereich Räumliche Simulation und Modellbildung

SimLab - Stadtraumsimulationslabor

von

Andreas Leimer

01127087

Wien, 20.9.2018



Kurzfassung

Klassische Visualisierungsmethoden der Raumplanung sind für Laien oft schwer verständlich. Virtual Reality bietet sich hier als Alternative zur Visualisierung von Planungsvorhaben an. Der entstehende Mehraufwand durch die Umsetzung eines Entwurfs in VR macht sich durch die qualitativere Diskussionsgrundlage für BürgerInnen und ExpertInnen bezahlt. Mit der Umsetzung der Neugestaltung des Schwedenplatzes in VR konnte mit einem eigenen Projekt der Erstellungsprozess erprobt und dokumentiert werden. In einer anschließenden empirischen Studie wurde die VR-Visualisierung mit klassischen Darstellungsmethoden der Raumplanung verglichen. Hierbei hat sich gezeigt, dass Virtual Reality den BetrachterInnen ein besseres Planungsverständnis als Pläne und Fotomontagen vermitteln konnte. Virtual Reality sollte daher vor allem in partizipativen Prozessen im Rahmen von kommenden Stadtentwicklungsprojekten eingesetzt und weiter erforscht werden.

Abstract

Traditional visualization methods used in Spatial Planning are not always easily comprehensible for lay people. Virtual Reality offers an alternative method of visualization for planning projects. The additional effort caused by the implementation of VR pays off in a better discussion basis for citizens and experts. The process of creation of a VR project was tested and documented with the implementation of the redesign of the Schwedenplatz in VR. A following empirical study compared the VR-visualization with traditional visualization methods. The results showed that Virtual Reality could convey a better understanding of the redesign than plans and photomontages. Therefore Virtual Reality should be utilized and researched in participative processes in upcoming urban development projects.

Eidesstattliche Erklärungen

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

20.9.2018

Datum



Unterschrift

“

Tell me and I forget;

teach me and I may remember;

involve me and I will learn.

Xun Kuang

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
1.1. Ausgangssituation und Problemstellung	7
1.2. Zielsetzung und Forschungsfrage	11
1.3. Aufbau der Arbeit und Methodenwahl	12
1.4. Fazit	14
2. Theoretische Grundlagen der Virtual Reality	15
2.1. Grundlagen und Begriffsdefinition	15
2.2. Geschichtliche Entwicklung	19
2.3. Aktuelle Virtual Reality Geräte, Engines und Anwendungsfelder	22
2.3.1. Virtual Reality Geräte	22
2.3.2. Virtual Reality Plattformen	28
2.3.3. Virtual Reality Anwendungsfelder	30
2.4. Zukünftige Entwicklung	33
2.5. Fazit	34
3. Anwendung von Virtual Reality in der Raumplanung	36
3.1. Virtual Reality als Darstellungsmethode in der Planungspraxis	36
3.2. Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur	38
3.3. Zukünftige Entwicklung von Virtual Reality in der Raumplanung	53
3.4. Kritik	55
3.5. Fazit, Hypothesen und explorative Fragestellungen	59
4. Virtual Reality Projekt	64
4.1. Zielsetzung des Projekts	64
4.2. Auswahl des Projektgebiets	64
4.2.1. Projektinformationen - Neugestaltung Schwedenplatz	65
4.2.2. Auswahl der Wettbewerbsbeiträge	67

4.3. Verwendete Soft- und Hardware	70
4.4. Umsetzung der Neugestaltung in Virtual Reality	71
4.4.1. Vorarbeit.....	71
4.4.2. Beschreibung des Erstellungsprozesses	73
4.4.3. Schwedenplatz Neu in Virtual Reality	78
4.4.4. Zeitlicher Aufwand und Problemfelder.....	84
4.5. Fazit	86
5. Empirische Untersuchung	87
5.1. Studiendesign.....	87
5.2. Beschreibung der Stichprobe	88
5.3. Datenanalyse und Ergebnisse	89
5.3.1. Haupthypothese.....	89
5.3.2. Unterhypothesen.....	92
5.3.3. Explorative Fragestellungen.....	94
5.4. Empirisches Zwischenfazit	101
6. Anwendung von Virtual Reality in der Planungspraxis.....	104
6.1. Eignung der erstellten VR-Anwendung.....	104
6.2. Eignung von sonstigen VR-Anwendungen.....	106
6.3. Fazit	108
7. Conclusio.....	109
8. Diskussion und Ausblick.....	111
9. Verzeichnisse.....	113
9.1. Quellenverzeichnis.....	113
9.2. Abbildungsverzeichnis.....	118
10. Anhang	122

1. Einleitung

1.1. Ausgangssituation und Problemstellung

Das breite Aufgabengebiet der Raumplanung befindet sich in einer stetigen Weiterentwicklung. Prozesse werden optimiert, moderne Methoden angewandt und neue Instrumente entwickelt, um den sich stetig ändernden Anforderungen, der Gesellschaft, für die geplant wird, gerecht zu werden. Kuhlmann hat dabei den Wandel im Selbstverständnis der PlanerInnen erkannt: „[...] von schöpferischen Helden im linearen Planungsprozess zu Moderatoren von kooperativen, iterativen Planungsprozessen.“ (Kuhlmann, 1999, S. 155) In diesem Wandel haben sich nicht nur Prozesse verändert und wurden angepasst, sondern es ergeben sich neue Aufgabenfelder für PlanerInnen, welche ebenfalls innovative methodische Zugänge voraussetzen. Selle und Bischoff et al. haben festgestellt, dass die Kommunikations- und Vermittlungsarbeit elementare Bestandteile dieser Planungsaufgabe sind und nennen darunter wesentliche Teilaufgaben wie Erkunden, Informieren, Präsentieren, Diskutieren, Moderieren, Beteiligen und zum Handeln anregen. (Selle, 1996, S. 11; Bischoff et al., 2007, S. 9)

Auch die Stadt Wien hat die Bedeutung dieser vielfältigen Aufgabe in der Stadtentwicklung erkannt und legt mit dem *Masterplan partizipative Stadtentwicklung* die Grundlagen der BürgerInnenbeteiligung fest. (Masterplan Partizipative Stadtentwicklung, 2017) Mit dem *Praxisbuch Partizipation* wurde ein Handbuch zur professionellen Vorbereitung und Durchführung von Beteiligungsprozessen erstellt. (Praxisbuch Partizipation, 2012) Der Nutzen dieser Partizipation ist laut dem Praxisbuch vielfältig. Lösungen sollen gemeinsam mit der Bevölkerung gefunden werden, die Akzeptanz für Projekte soll erhöht werden, was bessere Ergebnisse und reibungsloseres Arbeiten garantieren soll und im Endeffekt ein Element zur Stärkung direkter Demokratie bildet. (Praxisbuch Partizipation, 2012, S. 8) Partizipation gliedert sich dabei in drei Intensitätsstufen: Information beinhaltet klassische Einweg-Kommunikation, bei der die Beteiligten etwas über die Planung erfahren, wodurch mehr Akzeptanz erwirkt werden kann. Konsultation bietet BürgerInnen die Möglichkeit, zu Entwürfen Position zu beziehen und Fragen zu stellen. Die Kooperation bildet die höchste Stufe der Partizipation und ermöglicht es Beteiligten, gemeinsam mit der Verwaltung Pläne zu entwickeln. (Praxisbuch Partizipation, 2012, S. 11) Da mit höherer

Intensität der Beteiligung oft auch der Zeit- und Kostenaufwand steigt, werden häufig nur verpflichtende formelle Beteiligungsverfahren abgehalten, wodurch die Qualität der Planung leidet.

Betrachtet man aktuelle Großprojekte, wie etwa die Mariahilferstrasse und den regen Diskurs sowie die laute Kritik, die von verschiedenen Bereichen aus Politik, Wirtschaft und Bevölkerung ausgegangen sind, so erkennt man, dass geeignete Prozesse und Methoden dringend benötigt werden. Obwohl das Projekt der Neugestaltung der Mariahilferstrasse gut abgeschlossen werden konnte und heute kaum mehr auf negative Kritik stößt, war der positive Ausgang nicht immer klar. Es gibt auch Negativbeispiele, bei denen Projekte durch Initiativen besorgter BürgerInnen gestoppt oder zumindest stark verzögert wurden, was zu einem erheblichen Kostenfaktor und Imageschaden für Stadt und InvestorInnen führen kann.

Klaus Selle spricht in diesem Zusammenhang von Fehlern, die oft ganze Beteiligungskonzepte scheitern lassen und sieht einen bedeutenden Faktor in der verwendeten Fachsprache, die möglicherweise für Laien nicht verständlich ist. (Selle, 1996, S. 168) Er spricht damit eine Problematik an, die in der Kommunikationswissenschaft bereits lange bekannt ist. Das grundlegende Modell der Kommunikation liefert hierbei eine gute Erklärung.

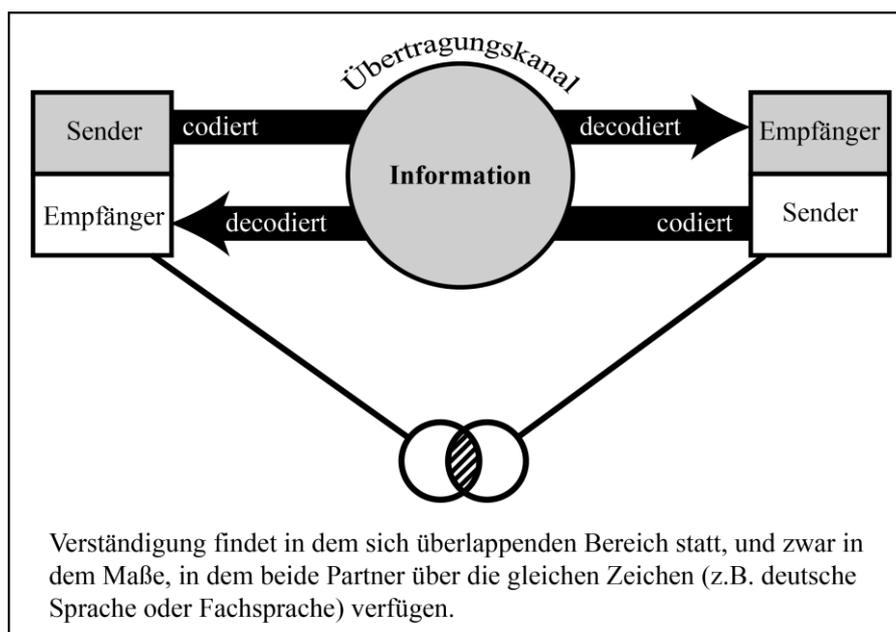


Abbildung 1: Grundlegendes Modell der Kommunikation (Simon, 2012, S. 17)

Der Sender codiert die Information mit dem ihm zur Verfügung stehenden Zeichenrepertoire und der Empfänger decodiert diese mit dem ihm zur Verfügung stehenden Repertoire an Zeichen. (Bspw. Fachsprache) Ist das verfügbare Zeichenrepertoire der Kommunizierenden dabei nicht ähnlich genug, sind Probleme in der Kommunikation die Folge. (Simon, 2012, S. 17)

Laut Lehmkuhler kann von der breiten Öffentlichkeit jedoch nicht erwartet werden expertenspezifische Kommunikationstechniken zu erlernen, was den Beteiligten allerdings die Chance nimmt, unabhängig Informationen aufzunehmen und eine fundierte eigene Meinung im Planungsprozess zu bilden. (Lehmkuhler, 1998, S. 2)

Eine amerikanische Studie zur sensorischen Wahrnehmung der Umwelt ist zu dem Ergebnis gekommen, dass mit 87% die Sehwarnehmung mehrheitlich vor Hören, Riechen, Tastsinn und Geschmack der einflussreichste Sinn für die menschliche Wahrnehmung ist. (Wietzel et al., 2009, S. 83) Daher ist es kein Wunder, wenn in der Raumplanung Ideen oft mit Visualisierungen, also Skizzen, Plänen bzw. 3D Renderings gezeigt werden. Doch auch solche Visualisierungen setzen ein gewisses Zeichenrepertoire voraus. Zum Lesen von spezialisierten Plänen wird zum Beispiel eine Planzeichenverordnung benötigt. So berichtet auch Sunesson von Verständnisproblemen bei der Anwendung von bestimmten Visualisierungen gegenüber der Öffentlichkeit. (Sunesson, 2008, S. 255) Versucht man eine Drei-Dimensionale Realität in Wörter zu fassen, bzw. auf zweidimensionale Pläne und Ansichten zu übertragen, wird die Folge immer zumindest ein gewisser Informationsverlust sein. (Wietzel et al., 2009, S. 83) Es ergibt sich ein Dilemma nach Abstraktionsgrad: Desto abstrahierter die Pläne und Darstellungen gestaltet sind, desto leichter sind sie zwar für Laien verständlich, doch umso höher gestaltet sich auch der Informationsverlust. Auch Broschart et al. erkennen die Bedeutsamkeit von Visualisierungen zur Kommunikation von Inhalten in der Planung und plädieren für die Nutzung von Visualisierung- und Kommunikationstechniken „[...]“, die eine vielseitig verständliche Vermittlung der Inhalte zulassen.“ (Broschart et al., 2014, S. 1) Ausgehend von der individuellen Informationswahrnehmung, die sich für jeden Mensch nach eigenen Merkmalen (Bspw. Interesse, Motivation, Erfahrung und Wissen) gestaltet, empfehlen Buziek et al.

interaktive und dynamische Darstellungsformen zu wählen, welche den individuellen Wahrnehmungsgewohnheiten besser entsprechen. (Buziek et al., 2000, S. 16)

Solche Darstellungsformen sollen nicht nur für die breite Öffentlichkeit, welche sich am Planungsprozess beteiligen will, Vorteile bringen, sondern können auch auf Seiten der ExpertInnen Kommunikations- und Verständnisproblemen vorbeugen. Alle AkteurInnen gehen mit unterschiedlichen Wissensständen, die sich jede Person im Zuge der Ausbildung und Arbeit als Erfahrung und Wissen angesammelt hat, in einen Planungsprozess. Visualisierungen, die eine leicht verständliche und nutzbare Repräsentation der realen Welt wiederspiegeln, können daher eine gemeinsame Daten- und Verständnisgrundlage für alle AkteurInnen eines Planungsprozesses bieten. Lehmkühler bezeichnet solch eine Datengrundlage als „eine realistische, nicht abstrahierende Darstellung von Planung [...]“ welche den besten Weg zur Kommunikation von Planungsvorhaben darstellt. (Lehmkühler, 1998, S. 6 f.)

Als solch eine Darstellungsform bietet sich die Virtual Reality, kurz VR, an. Bricken bezeichnet als Hauptmerkmal einer Virtual Reality die „Inklusion“. Umgeben von einem Abbild der realen Welt befinden sich die Nutzerinnen und Nutzer direkt in der Information wieder. (Bricken, 1990, S. 3) Höhl et al. sprechen von der spielerischen Herangehensweise solcher Methoden und heben die Möglichkeit hervor, dass sich BürgerInnen auf diese Weise eine informierte Meinung bilden können, mit der sie sich in weiteren Planungsphasen qualitativ einbringen können. (Höhl et al., 2015, S. 28)

Warum hat sich die Virtual Reality dann aber noch nicht als geeignete Darstellungsmethode in der Raumplanung etabliert? Obwohl Virtual Reality bereits seit den 1960er Jahren beliebter Forschungsgegenstand ist, konnte sich VR in der Praxis erst in den letzten Jahren im Zuge der Verbreitung sogenannter Head-Mounted-Displays, kurz HMD, vorerst vor allem am Videospielemarkt etablieren. Vor diesem Boom waren VR-Anwendungen meist kostspielig und die Grafikleistung durch die Hardware beschränkt. So kritisieren Höhl et al. trotz verschiedener Ansätze die schlechte Darstellungsqualität praktischer Anwendungen in der Planung. (Höhl et al., 2015, S. 28) Dank moderner Spiele-Engines zur Erstellung von 3D Welten für Videospiele bietet sich hier eine praktische Alternative zu klassischen 3D Anwendungen an.

Durch die vergleichsweise günstigen Head-Mounted-Displays zur Betrachtung von Virtual Reality, der hohen Rechenleistung moderner handelsüblicher Computersysteme und der grafisch beeindruckenden Leistung von Computerspiel-Engines bietet sich auch für PlanerInnen mehr und mehr die Möglichkeit, Virtual Reality Darstellungen in den Planungsprozess zu integrieren.

1.2. Zielsetzung und Forschungsfrage

Die Virtual Reality war bereits vor Aufkommen der ersten kommerziellen Computersysteme beliebter Forschungsgegenstand. Spätestens mit der Entwicklung von 3D fähigen Programmen für den kommerziellen Computergebrauch wurde auch in der Raumplanung sowie verwandten Disziplinen die Nutzung von VR als Darstellungsmethode erforscht, was allerdings durch hohe Kosten und eine mäßige Darstellungsqualität teilweise gebremst wurde. Durch die technischen Weiterentwicklungen im Bereich der Virtual Reality in den letzten Jahren haben sich neue Anwendungsmethoden entwickelt, welche in dieser Form noch kaum erforscht wurden.

Diese Arbeit soll daher die Anwendungen moderner Virtual Reality Methoden und Geräte für die Planungspraxis erforschen. Unter dem Begriff *Planungspraxis* werden hier vor allem Ereignisse wie Informationsveranstaltungen, Beteiligungsverfahren oder Architektur-/Planungswettbewerbe verstanden. Daher, sich die Möglichkeit ergibt anderen AkteurInnen das Geplante visuell vorzustellen.

Konkret soll es sich bei den VR Visualisierungen um zeitgerechte realitätsnahe Darstellungen handeln. Dabei liegt der Fokus der Forschung auf der Immersion der Nutzerinnen und Nutzer durch die Visualisierung, sowie dem Verständnis des Planungsvorhabens. Das Stichwort *Immersion* beschreibt daher das Eintauchen der Nutzerinnen und Nutzer in die virtuelle Welt. Es gilt desto höher der Grad der Immersion, desto realer und intuitiver das Erleben der zukünftigen Planung. Ein höheres Verständnis des Planungsvorhabens soll, wie bereits im vorhergehenden Kapitel angemerkt, zu mehr Akzeptanz von beteiligten AkteurInnen gegenüber dem Gegenstand der Planung führen. Dies kann über die höhere Immersion und die fehlende Schwelle der Kommunikationsproblematik von Virtual Reality Darstellungen erreicht werden.

Damit ein Vergleich hergestellt werden kann, werden die erwähnten Virtual Reality Visualisierungen als Alternative zu klassischen Darstellungsmethoden in der Planungspraxis, wie zum Beispiel 2D Karten und 3D Renderings, untersucht. Faktoren wie die Effizienz beim Erstellen der Virtual Reality Darstellung, und der praktischen Anwendbarkeit sind hier erhebliche Gesichtspunkte, anhand deren ein Vergleich zu klassischen Methoden angestellt werden kann.

Aus diesen vielfältigen Gegenständen der Forschung, die es in dieser Arbeit zu untersuchen gilt, wurde folgende Forschungsfrage entwickelt:

Bieten realitätsnahe Virtual Reality Darstellungen eine Alternative zu klassischen Darstellungsmethoden in Bezug auf Immersion und Verständnis des Planungsvorhabens?

Der erwartete Erkenntnisgewinn der Arbeit ist die Überprüfung der Eignung von realitätsnahen Virtual Reality Darstellungen in der Planungspraxis, bezogen auf die verschiedenen genannten Forschungsschwerpunkte, durch theoretische Analyse und praktische Anwendung von Virtual Reality.

1.3. Aufbau der Arbeit und Methodenwahl

Die Arbeit gliedert sich in fünf Überkapitel welche im Folgenden kurz beschrieben werden. Jedes Überkapitel schließt mit einem zusammenfassenden Fazit.

1. Einleitung: Erklärung der Ausgangssituation und Problemstellung der Thematik, der Zielsetzung und gestellten Forschungsfrage sowie des Aufbaus der Arbeit und der methodischen Vorgehensweise.

2. Theoretische Grundlagen der Virtual Reality: Mit einer einleitenden Begriffsdefinition sollen die wichtigsten Termini definiert und abgegrenzt werden. Die geschichtliche Entwicklung der Virtual Reality gibt interessante Einblicke in die technische und gesellschaftliche Entwicklung von Virtual Reality Geräten und Anwendungen. Im darauffolgenden Kapitel wird zudem auf den aktuellen Stand dieser eingegangen. Die zukünftige Weiterentwicklung im Bereich Virtual Reality ist vor allem in Anbetracht des schnellen Fortschritts, bzw. der Kurzlebigkeit von technischen Trends von hohem Interesse.

3. Anwendung von Virtual Reality in der Raumplanung: In diesem Kapitel wird die Anwendung von Virtual Reality als Darstellungsmethode in der Planungspraxis vorerst theoretisch und anschließend anhand von Praxisanwendungen aus Literatur und Wissenschaft untersucht. Abschließend wird neben gesammelter Kritik ein Ausblick auf die künftige Entwicklung von Virtual Reality als Visualisierungstool in der Raumplanung gegeben.

Die theoretische Aufarbeitung der Kapitel 2. *Theoretische Grundlagen der Virtual Reality* sowie 3. *Anwendung von Virtual Reality in der Raumplanung* findet in Form einer Literaturrecherche und anschließender Literaturanalyse statt. Anfangs wurde mit einer online Suche in Google sowie im Bibliothekskatalog der TU Wien eine systematische Recherche nach bestimmten Stichwörtern durchgeführt. Durch die Ausweisung von Literatur in den gefundenen Texten konnte durch das Schneeballsystem vor allem auch viel internationale Literatur aus verschiedenen Jahrzehnten akkumuliert werden. Nach eingehender Literaturrecherche wird ein theoretischer Überblick über die Entwicklung von VR im Allgemeinen und im Konkreten, bezogen auf Anwendungen in der Planungspraxis, gegeben.

4. Virtual Reality Projekt und 5. Empirische Untersuchung: Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird – neben der Literaturanalyse – ein eigenes VR-Projekt durchgeführt. Ziel des Projekts ist es, die Eignung von Virtual Reality für die Planungspraxis anhand eines konkreten Beispiels empirisch zu untersuchen. Einerseits soll dabei der Aufwand beschrieben werden, der für das Erstellen der VR-Welt anfällt, andererseits soll die VR-Visualisierung im indirekten Vergleich mit klassischen Darstellungsmethoden von NutzerInnen durch einen Fragebogen verglichen und anschließend in dieser Arbeit evaluiert werden. Um das Projekt umzusetzen, wird ein detailliert ausgeführtes VR-Modell benötigt, welches ein Stadtplanungsprojekt visualisiert. Das Modell wird mithilfe der Unreal Engine erstellt und durch die HTC Vive dargestellt. Als Grundlage und für den weiteren Vergleich werden die Entwürfe in Form von 2D Plänen und 3D Renderings der jeweiligen Büros verwendet.

6. Eignung der bearbeiteten Virtual Reality Anwendung in der Planungspraxis: Fazit aus der Erstellung des Virtual Reality Projekts aus Kapitel Vier und den Ergebnissen der Auswertung der empirischen Untersuchung des fünften Kapitels.

7. Conclusio und **8. Diskussion und Ausblick**: Abschließend erfolgen eine Zusammenfassung aller Themenblöcke, Schlussfolgerungen des Autors sowie ein Ausblick.

1.4. Fazit

Während die Arbeit von PlanerInnen früher meist von einem klassischen Top-Down Standpunkt aus erfolgte, wurden in den letzten Jahrzehnten immer mehr partizipative Bottom-Up Ansätze in die Planung integriert. Die Kommunikation der Planungsaufgabe ist daher zu einem integralen Bestandteil der Arbeit von PlanerInnen geworden. (vgl. Kuhlmann, 1999; Selle, 1996; Bischoff et al., 2007) Findet die Kommunikation jedoch auf einem Niveau statt, welches für Laien nicht verständlich ist, kann es zu Kommunikationsschwierigkeiten und in Folge dessen zu Problemen in Beteiligungsprozessen kommen. (vgl. Selle, 1996; Lehmkuhler, 1998) Visualisierungen bieten hier eine Methode zur Kommunikation von Planungsvorhaben. Allerdings stoßen klassische Darstellungsmethoden wie 2D Pläne und 3D Renderings in ihrer Fähigkeit zur Kommunikation von komplexen Planungsvorhaben an ihre Grenzen. (vgl. Sunesson, 2008; Wietzel et al., 2009) Aufgrund ihrer Eigenschaften, die reale Welt zu simulieren bieten, sich daher VR-Visualisierungen als Darstellungsmethode für Planungsvorhaben an. (vgl. Broschart et al., 2014; Buziek et al., 2000; Lehmkuhler, 1998) Technologische Entwicklungen der letzten Jahre haben einerseits einen kostengünstigen Einsatz von Virtual Reality ermöglicht und andererseits stehen verschiedene moderne Tools und Programme zur leichteren Erstellung von VR-Welten zur Verfügung, von denen auch die Raumplanung profitieren kann.

Diese Arbeit hat sich daher zum Ziel gesetzt, die Eignung von Virtual Reality für die Planungspraxis, im Vergleich zu klassischen Darstellungsmethoden, zu untersuchen.

Dazu werden neben einer theoretischen Aufarbeitung von Virtual Reality auch Praxisanwendungen in der Planung und Architektur analysiert. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird eine VR-Visualisierung eines Stadtplanungsprojektes erstellt und die partizipative Eignung empirisch evaluiert.

2. Theoretische Grundlagen der Virtual Reality

2.1. Grundlagen und Begriffsdefinition

Definitionen zu dem Begriff Virtual Reality lassen sich in Literatur und Internet viele finden, doch meistens werden ähnliche Charakteristika angeführt bzw. ähnliche Begriffe zur Beschreibung verwendet. Obwohl sich die Technik und Arten der Anwendung von VR in den letzten Jahrzehnten immer wieder verändert haben, sind Definitionen aus den frühen Jahren der Forschung in diesem Bereich immer noch anwendbar. In Folgendem wird der Begriff für diese Diplomarbeit eingegrenzt.

„Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer generated environments and the combination of technologies required to build these environments.“ (Cruz-Neira, 1993, k.A.)

In dieser Definition von Cruz-Neira wird sowohl die erzeugte virtuelle Welt als auch die notwendigen Technologien, um die Welt zu erstellen und darzustellen, miteinbezogen. Merkmale dieser computergenerierten Welt umfassen ein immersives, interaktives, auf die Betrachterin bzw. den Betrachter bezogenes und multi-sensorisch wahrnehmbares Erlebnis. Dörner et al. grenzen die Virtual Reality von klassischer 3D Computergrafik einerseits durch die Verwendung von Echtzeit-Computergrafik und andererseits durch die Voraussetzung ab, dass diese über dreidimensionale Displays dargestellt wird.

(Dörner et al., 2014, S. 13) Daraus kann man schließen, dass das Spielen eines Computerspiels in Echtzeit-Grafik auf einem normalen Computermonitor noch keine Virtual Reality Anwendung ist. Verwendet man anstatt des Bildschirms jedoch eine VR Brille, welche die NutzerInn oder den Nutzer umschließt und durch Features wie Head-Tracking ein immersives Gefühl vermittelt, kann von einer VR Anwendung gesprochen werden.

Immersion ist ein bedeutsamer Begriff, der oft genannt wird, um Virtual Reality von anderen 3D Darstellungen abzugrenzen. Slater und Wilbur stellen vier technische Anforderungen, welche von Ausgabegeräten erfüllt werden müssen, um als immersiv zu gelten: *Inclusive* verweist darauf, inwieweit die reale Welt ausgeblendet werden kann. *Extensive* gibt die Bandbreite an abgedeckter Sinneswahrnehmung an. *Surrounding* bezieht sich auf ein weites Sichtfeld statt nur einem schmalen Blickfeld. *Vivid* betrifft

Dinge wie Auflösung oder Wiedergabetreue und kennzeichnet, wie lebendig die virtuelle Welt dargestellt wird. (Slater und Wilbur, 1997, S. 3) Da VR Systeme diese Anforderungen meist in mehreren Bereichen erfüllen wird ersichtlich, weswegen sie als besonders immersiv wahrgenommen werden. Immersion bleibt dennoch ein subjektives Gefühl, das je nach Person, bzw. auch nach Gender variiert. So haben Felnhofer et al. in einer Studie Unterschiede zwischen Männern und Frauen in Bezug auf die Präsenz, also den Grad der Immersion, untersucht. Dabei wurde herausgefunden, dass Männer die virtuelle Welt stärker als realistischen Ort und sich selbst physikalisch präsenter wahrnehmen als Frauen. (Felnhofer et al., 2012, S. 6)

Da der Begriff der Virtual Reality, wie weiter oben festgestellt, mehrere Komponenten beinhalten kann, werden im Folgenden Unterscheidungen zwischen Unterbegriffen der VR nach Dörner et al. sowie Enderlein aufgelistet. (Dörner et al., 2014, S. 7; Enderlein, 2002, S. 62)

Ein VR-System ist ein Computersystem, welches sowohl Soft- als auch Hardware einschließt, welche die Darstellung einer Virtual Reality ermöglichen.

VR-Anwendungen beziehen sich hauptsächlich auf die Anwendungsfelder von VR-Systemen. In dieser Arbeit liegt der Fokus beispielsweise auf der Anwendung von architektur- und raumplanungsspezifischen VR-Anwendungen.

Werden dreidimensionale Inhalte in Echtzeit mit einem VR-System dargestellt, wird damit eine VR-Visualisierung/Darstellung/Simulation erzeugt, in die sich die NutzerInnen mit entsprechenden Ausgabegeräten hineinversetzen. Stone hat festgestellt, dass ein gutes Indiz für ein intuitives VR-Erlebnis das Fehlen von notwendigem Training von NutzerInnen zur korrekten Bedienung der virtuellen Welt ist. (Stone, 1993, k.A.) Dörner bezeichnet darüber hinaus die perfekte virtuelle Realität als eine, in der NutzerInnen aufgrund der realen Visualisierung und der einwandfreien Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine nicht mehr merken, dass sie sich in einer Simulation befinden. (Dörner et al., 2014, S. 9)

Zur Abgrenzung der Virtual Reality von verwandten Begriffen wie zum Beispiel Augmented Reality dient das *Reality-Virtuality Continuum* von Milgram et al.

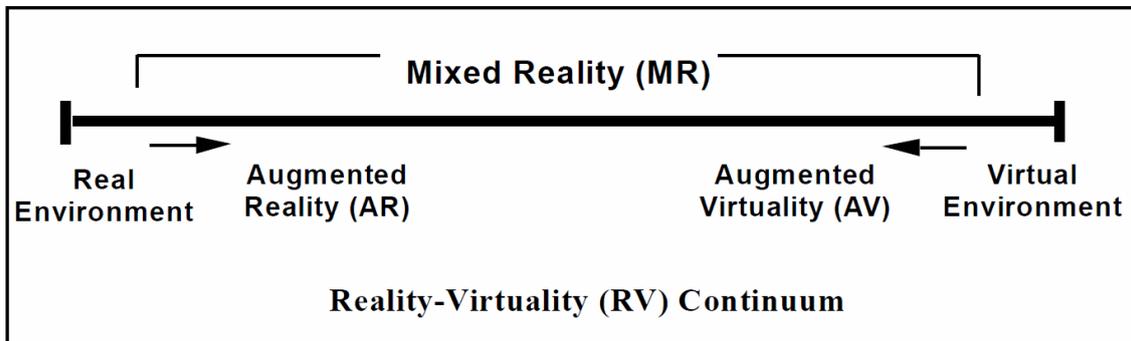


Abbildung 2: Reality-Virtuality Continuum (Milgram et al., 1994, S. 2)

Unter Augmented Reality, kurz AR, wird die Erweiterung der realen Wahrnehmung um virtuelle Inhalte verstanden. (Dörner et al., 2014, S. 246) Dies kann zum Beispiel durch das Einblenden von virtuellen Objekten in ein Video der realen Welt in Echtzeit geschehen. Ähnlich der Virtual Reality hat auch die Augmented Reality in den vergangenen Jahren stark an Popularität gewonnen. Aktuelle Smartphones, wie zum Beispiel das *Google Pixel*, haben AR-Anwendungen für die Kamera bereits vorinstalliert.

Augmented Virtuality steht im Gegensatz zur Augmented Reality für virtuelle Räume, in welche reale Objekte eingeblendet werden. (Wilson, 2012, S. 3.) Eine virtuelle Welt, in die ein Video einer realen Person eingeblendet wird, wäre ein Beispiel für Augmented Virtuality.

Mixed Reality kann hierbei als Überbegriff für Augmented Reality und Augmented Virtuality verstanden werden, stellt aber darüber hinaus ein Kontinuum zwischen der Realität und der Virtualität da. Während der Anteil an Realität abnimmt, nimmt der Anteil an Virtualität zu. (Dörner et al., 2014, S. 246)

Obwohl diese Arbeit die Erforschung der Anwendungsfelder von Virtual Reality behandelt, wird die Augmented Reality als verwandtes Forschungs-, und Anwendungsfeld hier ebenfalls, sofern thematisch relevant, miteinbezogen. Dies betrifft vor allem das Kapitel 3.2. *Praxisanwendungen von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur*, in welchem neben planerisch relevanten Anwendungen von Virtual Reality

ebenfalls einige Augmented Reality Anwendungen miteinbezogen werden. Dadurch soll auch diese technologische Entwicklung für die Anwendung in der Planungspraxis untersucht werden.

Unter Motion Sickness, Bewegungskrankheit, Cybersickness, oder auch VR-Krankheit versteht man das Auftreten von Übelkeit bei manchen NutzerInnen von VR-Anwendungen. Durch die unterschiedliche Information, die das Gehirn von der visuellen Wahrnehmung durch die VR-Brille und der körpereigenen Selbstwahrnehmung erhält, entsteht eine Abweichung welche vom Gleichgewichtsorgan als Störung wahrgenommen wird und sich in Symptomen wie Übelkeit, erhöhtem Speichelfluss, oder Schwindelgefühlen äußern können. Symptome der Motion Sickness lassen sich durch einen kürzeren Aufenthalt in der VR von maximal 5 - 10 Minuten verringern. Zudem arbeiten Spieleentwickler an verschiedenen Methoden, um das Auftreten der Motion Sickness zu verhindern bzw. abzuschwächen. (Dörner et al., 2014, S. 56)

Als Head-Mounted-Displays, kurz HMDs, werden visuelle Ausgabegeräte bezeichnet, welche aus kleinen Displays sowie speziellen Optiken bestehen, die fest an einen Helm oder eine Brille montiert sind und dadurch am Kopf getragen werden können. (Dörner et al., 2014, S. 142) Bekannte Systeme wie die Oculus Rift, oder die HTC Vive verfügen zusätzlich über Head-Tracking, Audioausgabe sowie ein großes Sichtfeld (engl. Field of View, FOV), was diese Head-Mounted-Displays zu idealen Ausgabegeräten für Virtual Reality Simulationen macht. Aus diesem Grund ist der Name VR-Brillen für solche Systeme ebenfalls geläufig.

Visualisierungen, die in wissenschaftlichen Settings erstellt und verwendet werden können wie folgt definiert werden: „Wissenschaftliche Visualisierung ist der Prozess der computergestützten Erstellung visueller Repräsentationen von Daten, welche dem Verständnis, sowie der Exploration und Kommunikation der Daten dienen.“ (Leitte, 2012, S. 9) Ausgehend von den theoretischen Grundlagen der Virtual Reality zeigt sich, dass diese Definition auch auf wissenschaftliche VR-Visualisierungen zutrifft. Des Weiteren kann die Qualität einer Visualisierung durch die drei Kriterien *Expressivität*, *Effektivität* und *Angemessenheit* bestimmt werden. Expressivität bezieht sich auf die Ausdrucksfähigkeit der Darstellung, wobei nur der Datensatz visualisiert werden soll,

der vorhanden ist und keine falsche Information dargestellt werden soll. Das Kriterium Effektivität soll garantieren, dass die Darstellung selbst sowie die gewählte Methode der Darstellung für die BetrachterInnen verständlich sind. Die Angemessenheit wiegt Kosten und Nutzen in Bezug auf das gewünschte Ziel des Visualisierungsprozesses ab. (Schumann, 2001, Web) Während Virtual Reality Visualisierungen – ausgehend von diesen Kriterien effizient sind – stellt sich vor allem die Frage der Angemessenheit und daher des Einsatzbereiches von solchen Darstellungen. Mithilfe verschiedener Beispiele aus der Praxis wird diese Fragestellung vor allem in den Kapiteln Drei und Vier behandelt.

2.2. Geschichtliche Entwicklung

Der Begriff der Virtual Reality lässt sich im Verlauf der Geschichte unter verschiedenen Gedanken wiederfinden. Daher gestaltet sich die konkrete zeitliche Eingrenzung von den Anfängen der Virtual Reality nicht einfach. Enderlein bezeichnet die Virtual Reality zudem als Konvergenztechnologie und daher gab es über die historische Entwicklung hinweg verschiedene Schwerpunkte, Anwendungsfelder und daher auch teilweise etwas abweichende Bedeutungen des Begriffs Virtual Reality. (Enderlein, (2002), S. 67) Im Folgenden kann daher nur ein unvollständiger Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Virtual Reality gegeben werden, welcher mit der Entwicklung moderner HMDs endet.

Der griechische Philosoph Platon hat mit seinem berühmten Höhlengleichnis bereits 300 v. Chr. das Verhältnis von Wahrnehmung und Erkenntnis sowie Realität und Illusion thematisiert. Um 1860 argumentierte der französische Theaterschreiber Antonin Artaud, dass zwischen Illusion und Realität kein Unterschied bestünde, sofern die Zuseher eines Theaterspiels ihren Unglauben aussetzen und das Schauspiel als Wirklichkeit wahrnehmen. Diese willentliche Aussetzung der Ungläubigkeit, zu Englisch *willing suspension of disbelief*, wird auch heute oft als erheblicher Faktor für das Gefühl der Immersion in virtuellen Welten genannt.

Der amerikanische Erfindern Morton Heilig hat ab den 1950er Jahren als Erster mit verschiedenen Erfindungen maßgebliche Meilensteine in der Virtual Reality Geschichte geschrieben, weswegen er auch als *Father of Virtual Reality* bezeichnet wird. 1956 hat

er mit dem Sensorama "Cinema of the future" versucht einen Heimkinoapparat mit 3D-Filmwiedergabe, Stereo Audioausgabe, Geruchsausgabe, Vibration und Windsimulation zu entwerfen. Heilig hat 1962 einen Prototyp gebaut und patentieren lassen, zur Serienproduktion ist es allerdings nie gekommen. Seine 1960 entwickelte und patentierte Telesphere Mask kann als erstes Head-Mounted-Display verstanden werden und bot Breitbild, stereoskopisches 3D Fernsehen sowie Stereo Sound. Wie das Sensorama schaffte es die Telesphere Mask jedoch nie über den Status eines Prototyps hinweg.

Mit dem *Headsight* entwickelte die Firma Philco im Jahr 1961 ein HMD, welches head-tracking unterstütze und dadurch Livebilder einer Kamera mit dem gewünschten Blickwinkel der Trägerin oder des Trägers übertragen konnte.

Der Informatiker Ivan Sutherland lieferte 1965 die Idee des „ultimativen Displays“ und 1968 mit dem wissenschaftlichen Artikel *A Head-Mounted-Three Dimensional Display* wichtige Grundlagen für die Entwicklung heutiger HMDs. Neben seiner theoretischen Arbeit entwickelte Sutherland 1968 ebenfalls ein VR-HMD, welches simple 3D Umgebungen darstellen konnte. Da der massive metallische Arm, der das head-tracking ermöglichte, fix mit dem HMD verbunden war und die Nutzerin oder der Nutzer sich mit dem Kopf in das HMD einschnallen mussten, bekam es den Spitznamen *The Sword of Damocles*.

In den folgenden Jahren bis Mitte der 80er Jahre gab es im Bereich der Virtual Reality vor allem aufgrund unausgereifter und zu leistungsschwacher Computertechnik keine nennenswerten Entwicklungen.

In den 1980er Jahren entwarf die NASA im Zuge der *VIEW – Virtual Environment Interface Workstations* – verschiedene Systeme, welche die Mensch/Maschine Interaktion erleichtern sollten. Die VR spezialisierte Firma *VPL Research* entwickelte eigenständig und im Auftrag der NASA unter anderem das *EyePhone*, ein HMD mit stereoskopischem Display, den Datenhandschuh *Data Glove* sowie den Data Suit, um Bewegungen der TrägerInn oder des Trägers zu erfassen.

Mit dem 1991 entwickelten Virtuality 1000CS Spieleautomat wurde der Beginn relevanter Virtual Reality Entwicklung im Videospielebereich eingeläutet. Merkmale

waren neben dem HMD, welches eines von vier 3D Videospiele anzeigte, ein Joystick welcher die Handbewegung der BenutzerInnen im Videospiele wiedergab, sowie ein Hüftgurt, welcher die Ausrichtung des Körpers als Blickrichtung in die VR-Simulation übertrug. Anwendung fanden die Virtuality 1000CS Automaten aufgrund ihrer Größe und dem hohen Anschaffungspreis hauptsächlich in Spielhallen.

1992 wurde an der University of Illinois die CAVE - cave automatic virtual environment – entwickelt. Der Name nimmt Bezug auf Platons weiter oben beschriebenes Höhlengleichnis. Eine CAVE ist ein Raum aus drei bis sechs Wänden, auf welchen mithilfe von Displays oder Rück- bzw. Kurzdistanzprojektoren eine virtuelle Welt dargestellt wird. Die Nutzerin bzw. der Nutzer sehen mithilfe stereoskopischer LCD Shutterbrillen eine 3D Darstellung, welche bei Verwendung von motion tracking abhängig von der Position der Nutzerin oder des Nutzers in der CAVE dargestellt wird. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten, des hohen Platzbedarfs und den – für damalige Verhältnisse – hohen Rechenaufwand waren CAVEs jedoch kein VR-Visualisierungsinstrument für den breiten Markt. So wurden CAVEs unter anderem in Ingenieurwissenschaften im Bereich der Produktentwicklung oder aber auch in der Architektur und Raumplanung zur immersiven Darstellung von Planungsvorhaben angewendet.

Mitte der 90er versuchten verschiedene Videospielefirmen Virtual Reality HMD-Systeme für Videospiele zu etablieren. SEGA VR, Nintendo Virtual Boy, Sony Glasstron oder Phillips Scuba VR sind Beispiele von VR-Systemen von bekannten Firmen. Aufgrund leistungsschwacher Grafikkarten und der daraus resultierenden zu geringen Rechenleistung für die höher aufgelösten 3D Anwendung konnten sich die Geräte jedoch nie am Markt etablieren und die weitere Entwicklung wurde wieder eingestellt.

Obwohl in den folgenden Jahren das Interesse an VR wieder abgeflacht ist, wurden bedeutsame Fortschritte im Bereich der 3D Computergrafik sowie der Computerhardware gemacht. Computerchips konnten auf der gleichen Größe immer bessere Leistungen erzielen und leistungsstarke Grafikkarten wurden immer kostengünstiger. Die Weiterentwicklung von Spiele-Engines, welche diese Hardware

ausnutzen konnten, war ebenfalls ein maßgeblicher Faktor für den Aufschwung zukünftiger VR-Hardware. (Levy, 2011, S. 3)

Im Jahr 2012 hat das Startup *Oculus VR* mit dem ersten Prototyp seines VR-HMDs *Oculus Rift* den Grundstein für die Entwicklung moderner Virtual Reality Geräte und Anwendungen gelegt. Nach einer sehr erfolgreichen Crowdfunding-Kampagne kam die *Oculus Rift* Anfang 2016 auf den Markt. Im selben Jahr haben ebenfalls die Firmen HTC und Valve ihre – in Kooperation entwickelte – VR-Brille *HTC Vive* veröffentlicht.

2.3. Aktuelle Virtual Reality Geräte, Engines und Anwendungsfelder

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über ausgewählte aktuelle Virtual Reality Hardware sowie verschiedene Anwendungsfelder gegeben. Dies soll die Bandbreite an technischen Möglichkeiten unterschiedlicher heutiger VR fähiger Geräte aufzeigen. Der Fokus liegt hierbei etwas stärker auf VR-Ausgabegeräten und weniger auf den Eingabegeräten. Allerdings vermischen sich diese Begriffe bei modernen HMDs, da sie zum Beispiel durch die Displays einerseits Ausgabegeräte und andererseits durch head-tracking gleichzeitig auch Eingabegeräte sind. Ein Querschnitt vielfältiger Anwendungsbeispiele aus der Praxis soll darüber hinaus auch zeigen, in welchen Arbeitsfeldern und auf welche Weise Virtual Reality genutzt werden kann.

2.3.1. Virtual Reality Geräte

Oculus Rift

Die Oculus Rift von der Firma Oculus VR ist ein Head-Mounted-Display, welches erstmals im Jahr 2012 vorgestellt wurde. In den folgenden Jahren wurden zwei Development Kit Versionen veröffentlicht, welche verhältnismäßig geringer aufgelöste Displays verbaut hatten und mit einer höheren Latenzzeit nicht immer ein flüssiges Erlebnis liefern konnten. Mit der Consumer Version 1 wurde 2016 die fertige Version der Oculus Rift veröffentlicht. Diese bietet mit einem geteilten OLED Display eine gesamte Auflösung von 2060x1200 px, bzw. 1080x1200 px pro Auge, sowie 90 Hz Bildwiederholrate. Mithilfe spezieller optischer Linsen wird ein Sichtfeld von 110° diagonal und 90° horizontal ermöglicht. Bei Bedarf wegklappbare Stereo Kopfhörer sowie ein Mikrofon sind fix in das HMD verbaut. Durch eine Kombination von

verschiedenen Sensoren, welche in das HMD eingebaut sind, können Kopfbewegungen erfasst und in die virtuelle Welt übertragen werden. Das von Oculus entwickelte Constellation System ermöglicht zudem mithilfe von Infrarot Kameras das Tracking des Headsets in einem Raum. Zwei Sensoren ermöglichen das Tracking einer etwa 2,3 m² großen Fläche, während sich mit drei Sensoren ein Raum von knapp 6 m² abdecken lässt. (Martindale, 2018, Web) Über den offiziellen Oculus Onlinestore ist die Oculus Rift inklusive zwei Oculus Touch Controllern sowie zwei Oculus Sensoren derzeit für 450€ erhältlich. Sofern man die Rift jedoch kommerziell nutzen möchte, muss man das *Oculus for Business* Paket erwerben. Dies enthält neben dem standardmäßigen VR-Headset und den Touch-Controllern zusätzlich drei Sensoren statt nur zwei, eine Fernbedienung sowie gewerbliche Garantie und gewerbliche Lizenz. Das Business Paket von Oculus kostet etwa 730€.

HTC VIVE

Die HTC VIVE ist ein HMD, welches von den Firmen HTC und Valve in Kooperation entwickelt wurde. Valve hat bereits seit 2012 einflussreiche Grundlagenforschung im Bereich Virtual Reality erarbeitet und teilte diese ebenfalls mit Oculus VR. Mitte 2015 wurden erste Development Kits versandt und bereits 2016, kurz nach der Oculus Rift, ist die HTC-VIVE Brille auf dem Markt erschienen. In Aufbau und Spezifikationen ähneln sich die HTC-VIVE und die Oculus Rift in vielen Bereichen. Bildschirmart und Auflösung sind gleich, die Bildwiederholrate liegt bei 90 Hz, das Sichtfeld beträgt 110° und die VIVE verfügt ebenfalls über eingebaute Kopfhörer und Mikrofon. Eines der beiden großen Unterscheidungsmerkmale zum direkten Konkurrenten Oculus Rift ist das Tracking System. Während im HMD selbst ähnliche Sensoren verwendet werden, ist das Tracking im Raum bei der HTC Vive ausgefeilter als bei der Oculus Rift. Durch das sogenannten *Lighthouse laser tracking system* kann mit zwei Basisstationen welche an gegenübergesetzten Positionen im Raum aufgestellt werden, bereits ein Raum von bis zu 25 m² abgedeckt werden. Das zweite Unterscheidungsmerkmal zwischen HTC VIVE und Oculus Rift ist der Preisunterschied zwischen den beiden Systemen. Für das Standard Paket bestehend aus HMD, zwei Controllern sowie zwei Basisstationen für das räumliche tracking sind 599 € zu veranschlagen. Das ist ein Preisunterschied von 150 € zum ähnlichen Paket der Oculus Rift. Die VIVE Business Edition, welche ähnlich

dem Business Paket von Oculus zur kommerziellen Nutzung vorgeschrieben ist, liegt mit einem Preis von 1150 € sogar deutlich höher als die Konkurrenz. In Bezug auf Hardwareanforderungen der PC-Systeme nennt HTC zwar etwas höhere Mindestanforderungen, dieser Unterschied spielt in der Praxis und vor allem bei aufwendigeren Anwendungen allerdings keine Rolle. Aus diesem Grund sind die – weiter oben bei der Oculus Rift genannten – Richtwerte für VR fähige PC-Systeme hier ebenfalls anwendbar.

Erforderliches PC-System

Für das Betreiben einer Oculus Rift, oder HTC Vive ist auf alle Fälle auch ein geeigneter Computer vonnöten, welcher mehr als die genannten HMD-Sets kostet. Oculus VR listet beispielsweise auf Ihrer Webseite Hardware-Mindestanforderungen für VR fähige PCs und bewirbt ebenfalls vorgefertigte PC Systeme mit verschiedenen Schwerpunkten. Für 800 US-Dollar (umgerechnet 654 €) wird ein Einsteigermodell für Heimkino oder Homeoffice beschrieben. Um 1699 US-Dollar (1389 €) ist ein klassischer Desktop PC für VR-Gaming erhältlich. Ein VR-fähiger Laptop ist ab 1716 € gelistet. (oculus.com, 2018, Web) Preise für Computer Hardware, vor allem Grafikkarten, sind derzeit durch Bitcoin-Mining von starken Schwankungen betroffen, die oben genannten Preise bieten jedoch einen guten Anhaltspunkt für die Kosten von VR fähigen Systemen. Will man mit einer Oculus Rift oder HTC Vive 3D Computersimulationen in Echtzeit wiedergeben, wie dies zum Beispiel bei Computerspielen oder ähnlichen Darstellungen der Fall ist, beträgt der Kostenaufwand 1000 € - 1500 € Kosten für ein PC-System.

Diese gesteigerten Anforderungen an die Rechenleistung liegen an der höheren notwendigen Bildrate zum flüssigen Darstellen von VR Simulationen. Sobald die Rechenleistung des PC-Systems nicht ausreicht, um genügend Bilder pro Sekunde (frames per second/fps) an die VR Brille zu senden, erscheint die Darstellung zu ruckeln. Stark schwankende oder zu niedrige fps können schnell zu, der bereits angeführten, Motion Sickness führen, weswegen bei der Erstellung von VR Simulationen auf ein möglichst optimiertes und flüssiges Spielerlebnis geachtet werden sollte.

Playstation VR

Sony hat mit der Playstation VR ein eigenständiges HMD für die hauseigene Spielekonsole Playstation 4 entwickelt. Erstmals bekanntgegeben wurde die Entwicklung der Playstation VR 2014, auf dem Markt erschienen ist sie im Oktober 2016. Die Playstation VR ist derzeit nur mit der Spielekonsole Playstation 4 und der Hardware-technisch etwas stärkeren Playstation 4 Pro nutzbar. Das Display ist mit einer gesamten Auflösung von 1920x1080 Pixeln etwas schlechter als die oben genannten VR-Brillen, allerdings kann die Playstation VR, laut Sonys Angaben, das mit besserer Display Technik sowie einer hohen Bildwiederholrate von bis zu 120 Hz ausgleichen. Als großer Kritikpunkt – bezogen auf die Playstation VR – wird das verwendete Tracking System genannt. Durch Verwendung von lediglich einer Kamera ist der Bewegungsspielraum während der Benutzung des Headsets stark eingeschränkt. Obwohl die Playstation VR in manchen Bereichen hinter den direkten Konkurrenten liegt, konnte Sony durch den niedrigen Preis des Systems weitaus bessere Verkaufszahlen als HTC VIVE und Oculus Rift erwirtschaften. Für knapp 250€ ist das HMD im Set mit notwendiger Hardware, allerdings ohne Controller und Kamera, erhältlich. Für Anwendungen außerhalb der Spielentwicklung für die Playstation ist die Playstation VR allerdings nicht einsetzbar. Während mit VR-Brillen wie der HTC Vive bzw. der Oculus Rift relativ unkompliziert selbst erstellte Inhalte visualisiert werden können, müsste für die Playstation VR konkret für die Spieleplattform Playstation entwickelt werden.

Samsung Gear VR

Samsung hat bereits 2005 ein Patent für ein HMD, welches ein Mobiltelefon als Display nutzt, angemeldet. Da die Mobiltelefon-Technologie zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht ausgereift genug für eine Anwendung als HMD Display waren, hat das Unternehmen erst im Jahr 2013 an konkreter Entwicklung eines HMD gearbeitet. 2014 wurde eine Partnerschaft mit Oculus VR eingegangen, um die Entwicklung des Geräts zu unterstützen. Die Erste Version der Samsung Gear VR wurde Ende 2014 veröffentlicht, war jedoch noch hauptsächlich an Entwickler gerichtet. Seit dem Jahr 2015 bis heute wurden die marktreifen Headsets mit regelmäßigen technischen Neuerungen veröffentlicht. Die neueste Version bietet ein Sichtfeld von 101°, ähnlich

der VIVE und Rift Sensoren, um Kopfbewegungen zu tracken, unterstützt jedoch kein Raum-tracking. Diese Version unterstützt folgende Smartphones: Galaxy S9, S9+, Note8, S8, S8+, S7, S7 edge, Note5, S6 edge+, S6, S6 edge, A8, A8+. Aufgrund dieser großen Bandbreite an unterstützten Geräten variiert die Auflösung je nach eingesetztem Gerät. Während Smartphones der Modellreihen Galaxy S6 oder S7 beispielsweise eine Displayauflösung von 2560 x 1440 px bieten, können durch ein S8 oder S9 eine Auflösung von 2960 x 1440 px erreicht werden. Verglichen mit der Oculus Rift oder der HTC VIVE berichten NutzerInnen der Gear VR in Bezug auf Darstellungsqualität von keinen merkwürdigen Unterschieden, bemängeln allerdings einerseits das fehlende Raum-tracking, welches die Immersion, verglichen mit den anderen Geräten, beeinträchtigt, sowie andererseits das tracking der Handbewegungen durch den Controller, welches nicht so flüssig verläuft wie bei VIVE oder Rift. Ein Vorteil, welcher sich durch die Verwendung des Smartphones als Hardware und Software ergibt, ist das Fehlen von Kabeln, die bei VIVE, Rift oder Playstation VR zum Rechner laufen müssen. Der Preis des Headsets liegt bei etwas über 100€ für die aktuellste Version und bei 80€ für das Vorgängermodell, das noch nicht die Galaxy S9 Smartphone-Reihe unterstützt. Allerdings müssen hier noch die Kosten für ein unterstütztes Smartphone eingerechnet werden, welche je nach Modell zwischen 300€ und 850€ liegen können.

Oculus Go

Die Oculus Go ist ein noch nicht veröffentlichtes Stand-Alone HMD der Firma Oculus VR, welches im Oktober 2017 angekündigt wurde. Es werden daher weder Smartphone, wie bei der Samsung Gear VR, benötigt, noch verlaufen störende Kabel weg von dem Headset. Das eingebaute Display nutzt eine spezielle Rendertechnik namens *Fixated Foveated Rendering*. Mithilfe dieser Technologie wird nur der aktive Bereich des Blickfelds, der gerade betrachtet wird, in der vollen Auflösung 2560x1440 px gerendert, während die periphere Sicht geringer aufgelöst dargestellt wird. Dadurch soll die Rechenleistung der Oculus Go gezielt eingesetzt werden, um eine optimale Darstellung zu bieten. Soundausgabe und tracking der Kopfbewegungen verlaufen ähnlich wie bei bereits beschriebenen Geräten. Während die Oculus Go technisch zwar am besten mit der Samsung Gear VR verglichen werden kann, benötigt die Go allerdings kein extra

Smartphone und wäre daher mit dem genannten Preis von 199\$, umgerechnet etwas mehr als 160€, aktuell die günstigste Möglichkeit VR zu erleben.

CAVE - Cave Automatic Virtual Environment

Wie bereits oben beschrieben, handelt es bei einer CAVE um einen Raum aus drei bis sechs Seiten, auf welchem durch Displays oder Rück-, bzw. Kurzdistanzprojektoren eine virtuelle Welt dargestellt werden kann. Werden 3D Shutterbrillen verwendet, entsteht bei einer stereoskopischen Darstellung ein immersives 3D Gefühl für die NutzerInnen. Mithilfe von tracking ist es in CAVE Systemen möglich, die dargestellte Visualisierung an die Position und Perspektive der NutzerInnen, bzw. des Nutzers anzupassen. In diesem Fall wird die Visualisierung allerdings nur für die getrackte Person im richtigen Betrachtungswinkel dargestellt und andere NutzerInnen müssten sich genau hinter dieser Person befinden, um die Darstellung getreu wahrnehmen zu können.

Die derzeit modernste CAVE ist die *aixCAVE* der *Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen*. Mit einer Grundfläche von 27,5 m² und einer Höhe von 3 Metern ist sie derzeit die größte CAVE (basierend auf Projektoren) der Welt. Zur Visualisierung werden 24 überlappende Projektoren mit je einer Auflösung von 1920 x 1080 px verwendet. Diese projizieren auf die vier Seitenwände sowie den Boden der CAVE. Für die Rechenleistung werden unter anderem 48 leistungsstarke Grafikkarten in einem Rechnercluster betrieben. (Dörner et al., 2014, S. 297 f.)

Eine alternative Visualisierungsmethode für CAVES bieten Powerwalls, welche statt Projektoren Displays zur Darstellung der virtuellen Welt verwenden. Um eine möglichst hohe Auflösung zu erzielen, werden mehrere Bildschirme direkt nebeneinander an die Wände der CAVE montiert, auf denen die Visualisierung bildschirmübergreifend verläuft. An der amerikanischen Stony Brook Universität wurde eine CAVE mithilfe von Powerwalls gebaut, das sogenannte *Reality Deck - Immersive Gigapixel Display*. Mit einer Grundfläche von knapp 60 m² und mehr als drei Metern Höhe weist das *Reality Deck* deutlich mehr Platz auf als zum Beispiel die oben genannte *aixCAVE*. Während das Visualisieren abhängig von getrackten Personen, ähnlich der *aixCAVE*

möglich ist, bietet das *Reality Deck* aufgrund der ausgewählten Displays keine stereoskopische 3D Darstellung. (Papadopoulos, 2015, S. 5)

Diese Beispiele von CAVEs zeigen ebenfalls verschiedene Kritikpunkte von solchen Systemen auf. Einerseits muss extra ein Raum für eine CAVE bereitgestellt werden, oder im Fall von Rückprojektion extra in einem größeren Raum aufgestellt werden. Obwohl der Platzbedarf damit teilweise recht groß sein kann, ist die Zahl gleichzeitiger BenutzerInnen einer CAVE trotzdem beschränkt und die Perspektive nur von einem bestimmten Blickwinkel darstellungsgetreu. Ebenfalls dürfen die hohen Kosten für Projektoren, bzw. Displays und Rechner zum Betreiben nicht unterschätzt werden.

Augmented Reality

Obwohl zwischen Augmented Reality und Virtual Reality per definitionem ein Unterschied besteht, ist es trotzdem technisch verwandt und ist ähnlich wie Virtual Reality derzeit beliebter Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Ein Vorteil für AR-Anwendungen ergibt sich aus den hardwaretechnisch geringen Anforderungen verglichen mit VR-Simulationen. Moderne Smartphones können durch Verwendung bestimmter Apps, kombiniert mit der Kamera, AR-Darstellungen in eine Echtzeitansicht der echten Welt einbetten. Durch die enorme Verbreitung von Smartphones in allen Bevölkerungsschichten lassen sich so leicht potentiell interessierte Personen in der Raumplanung erreichen. Durch das Bereitstellen einer eigenen App könnten diese Personen leicht verständliche Ansichten von beispielsweise künftigen Planungen in die reale Welt eingebettet, mithilfe ihres bereits vorhandenen Smartphone betrachten. Augmented Reality bietet sich daher als praktikable Methode für spezielle Anwendungsfälle an. In den folgenden Kapiteln werden daher auch Anwendungen von Augmented Reality präsentiert und diskutiert.

2.3.2. Virtual Reality Plattformen

Zur Darstellung der 3D Modelle werden keine speziellen VR-Programme benötigt, vielmehr wird auf bewährte 3D Standards gesetzt, welche dann mittels beschriebenen Virtual Reality Geräten immersiv dargestellt werden können.

In den 90er Jahren war die Auswahl an 3D Software noch eingeschränkt, allerdings gab es einen Standard, welcher in der VR-Literatur häufig verwendet wurde. Die Virtual Reality Modeling Language (VRML) ist ein 1995 von der Firma Silicon Graphics eingeführter 3D Standard, welcher für die Verwendung mit dem Internet entwickelt wurde. Buziek et al. definieren die VRML wie folgt: „Standard der Beschreibung der Geometrie und des Verhaltens von 3D-Objekten. (Buziek et al., 2000, S. 84) Allerdings wurde die zukünftige Bedeutung von VRML als 3D Standard von Entwicklern und Wissenschaftlern überschätzt. Heute findet die VRML kaum mehr Verwendung und wurde seit Ende der 90er Jahre von moderneren und weiter verbreiteten 3D Standards abgelöst.

Obwohl es leicht möglich ist 3D Objekte auf VR-Brillen darzustellen, ist dies selbst noch keine immersive Visualisierung. Um Bewegung, Sound und Interaktion ohne erheblichen Programmieraufwand in virtuellen Welten zu ermöglichen, können Spiele-Engines verwendet werden. Als Spiele-Engines werden Plattformen bezeichnet, welche das Programmieren und Darstellen von Echtzeit-3D Computerspielen ermöglichen. Bekannte und weit verbreitete Spiele Engines sind zum Beispiel Unity, Unreal oder die CryEngine. Obwohl diese Engines standardmäßig nicht für die Darstellung von VR ausgelegt waren, haben die Entwicklerstudios der jeweiligen Engines mit dem Aufkommen der ersten modernen HMDs Kompatibilität für die Geräte ermöglicht.

Ähnlich wie in bekannten 3D Programmen wie AutoCAD oder Blender, lassen sich mit etwas Einarbeitungszeit 3D Objekte und Welten in Spiele-Engines erschaffen. Moderne Engines benötigen zur Erstellung einer simplen 3D Welt keine Programmierkenntnisse mehr. Komplexere Funktionen und Interaktionsmöglichkeiten können, je nach verwendeter Engine, in Programmiersprachen erstellt werden. Alternativ werden auch visuelle Scripting-Systeme, wie zum Beispiel das Unreal *Blueprint System*, zur Verfügung gestellt, welche zwar auch komplex sein können, jedoch noch keine Programmierkenntnisse erfordern.

Die Wahl der verwendeten Engine ist hauptsächlich von persönlichen Präferenzen abhängig, denn bezogen auf die Grafikleistung haben die meisten modernen Spiele-Engines ähnliche Standards. Die genannten Engines bieten jedoch verschiedene Kostenmodelle, welche bei kommerzieller Nutzung beachtet werden müssen.

Die Unity Engine verwendet ein dreistufiges Abonnementsystem mit monatlicher Zahlung. Die erste Stufe *Personal* ist kostenlos und richtet sich an Anfänger, Studenten und Hobby-Entwickler, welche nicht mehr als 100.000\$ Einkünfte pro Steuerjahr erwirtschaften. Auf der zweiten Stufe *Plus* werden 32€ pro Monat fällig, solange die jährlichen gesamten Einkünfte oder Zuwendungen der Firma unter 200.000\$ liegen. Die letzte Stufe *Pro* kostet monatlich 115€ und richtet sich an alle Entwickler und Firmen, welche die Schwellenwerte der Kategorien davor überschreiten. (store.unity.com, 2018, Web)

Die Unreal Engine wurde von dem Videospielehersteller Epic Games entwickelt und ist grundsätzlich gratis nutzbar; allerdings werden nach mehr als 3.000\$ Brutto-Produktumsatz pro Quartal 5% Royalties, bzw. Tantiemen fällig. (unrealengine.com, 2018, Web) Im Jahr 2017 hat Epic Games *Unreal Studio* angekündigt, welches speziell für Anwendung in Architektur, Produktdesign und Fertigung entwickelt wurde. Mit dem *Datasmith* Toolkit können verschiedene Formate von Programmen wie 3ds Max, Rhino 3D, SolidWorks, Inventor u.ä. direkt in die Unreal Engine importiert werden. Im Gegensatz zur standardmäßigen Unreal Engine muss für Unreal Studio eine Lizenz erworben werden, welche als Jahresabonnement 49\$ pro Monat kosten soll. Derzeit ist Unreal Studio noch frei zugänglich als Beta Testversion erhältlich und die fertige Version soll mit Oktober 2018 käuflich erhältlich sein.

Die Cryengine V ist seit 2016 frei verfügbar und bietet lediglich ein „Pay What You Want“ Modell für NutzerInnen. (press.cryengine.com, 2016, Web)

2.3.3. Virtual Reality Anwendungsfelder

Ein folgender Überblick über ausgewählte praktische Anwendungen von Virtual Reality soll die vielfältigen Einsatzbereiche und Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie aufzeigen.

Unterhaltungsindustrie

In den letzten Jahren kamen einige der bedeutsamsten Entwicklungen moderner VR Hardware aus dem Bereich der Videospiele. Wie in Kapitel 2.2. *Geschichtliche Entwicklung* beschrieben, wurden bereits in den 90er Jahren Versuche gemacht, HMDs

kommerziell für den Videospielemarkt zu entwickeln. Während diese aufgrund zu hoher technischer Anforderungen gescheitert sind, konnte bei modernen HMDs der Durchbruch zu kostengünstigen Geräten mit ansprechender Grafikleistung realisiert werden. Das Interesse und die Nachfrage nach Virtual Reality im Bereich der Videospiele kann daher ein guter Indikator für künftige Entwicklung von Geräten und Anwendungen sein.

Auch Augmented Reality erfreut sich – vor allem in der mobilen Spielebranche – großer Beliebtheit. Pokémon Go bietet beispielsweise einen Augmented Reality Modus, in welchem Pokémon mithilfe der Front-Kamera in die reale Welt eingebettet werden und anschließend in einem interaktiven Spiel gefangen werden können.

Neben Spielhallen gibt es bereits eigene Cafés, wie zum Beispiel das *VREI - VR Café* in Wien, welche VR-Spiele und Hardware wie HMDs zur Verfügung stellen. Gegen Bezahlung können KundInnen diese für bestimmte Zeit nutzen.

Industrie

Im Bereich der Produkterzeugung werden virtuelle Prototypen schon seit den 90er Jahren genutzt. Damit können DesignerInnen und IngenieurInnen eine Ansicht des fertigen Produkts schon vor dem ersten echten Prototypen bekommen, oder im Fahr- und Flugzeugbau virtuelle Strömungssimulationen visualisieren. Durch eine Kooperation des deutschen Automobilherstellers Audi mit Oculus VR haben KundInnen in Autohäusern die Möglichkeit mithilfe der Oculus VR-Brille Zusatzausstattung oder andere Lackierungen für ein gewünschtes Automodell vor dem Kauf virtuell zu betrachten.

Ausbildung und Training

Da es mit Virtual Reality möglich ist, verschiedenste Situationen aus dem Arbeitsalltag zu simulieren, wird VR in der Ausbildung in verschiedenen Sparten schon seit geraumer Zeit eingesetzt.

Obwohl Flugsimulatoren auch als eine Art Videospiele gesehen werden können und auch verschiedene Simulatoren als Videospiele verbreitet und beliebt sind, geht es hier um die Anwendung als Trainingstool für PilotInnen. Um Flugsituationen möglichst genau

und immersiv nachzustellen, wird hierbei auf möglichst realitätsnahe Darstellungen geachtet. Neben Flugsimulatoren werden ebenfalls Simulationen zum Training für Schiffe, Straßenbahnen, Züge usw. verwendet.

DHL Express hat – ähnlich wie die Firma Audi – eine Kooperation mit Oculus geschlossen und nutzt die Oculus Rift um Training für Mitarbeiter zu simulieren. Mit der DHL Hangar VR Experience kann das Be- und Entladen eines DHL Flugzeugs von mehreren Leuten gleichzeitig geübt werden.

Mit dem *Dismounted Soldier Training System* hat das US Militär ein immersives VR Trainingstool für SoldatInnen erschaffen. Der Leiter des Trainingsprogramms hat angemerkt, dass das virtuelle Training als sichere und kostengünstige Ergänzung zum standardmäßigen Training der SoldatInnen dient. (Bymer, 2012, Web)

Medizin und Therapie

Während bislang die Anzahl der Personen, die in einem Operationssaal direkt dem Arzt über die Schulter schauen können, beschränkt war, ist es dank 360° Kameras und VR-Headsets für StudentInnen möglich, immersiv in den Operationssaal einzutauchen. Für das praktische Training gibt es bereits Simulationen, welche verschiedene Arten von Operationen simulieren und dadurch überall ein gefahrloses Üben ermöglichen.

Der therapeutische Einsatz von VR ermöglicht es PatientInnen in Situationen einzutauchen, welche real schwer nachstellbar wären. In einer Studie wurde festgestellt, dass eine VR-Simulation ein effektives Instrument zur Behandlung von Arachnophobie ist. 83% der PatientInnen haben deutliche Verbesserungen im Umgang mit Ihrer Angst vor Spinnen gezeigt. (Garcia-Palacios et al., 2002, S. 1)

Architektur und Raumplanung

Virtual Reality wurde bereits in verschiedenen Formen in der Architektur und Raumplanung angewandt. Mithilfe solcher immersiven Darstellungsformen können zukünftige Planungen realitätsnah schon im Vorhinein visualisiert werden, sodass verschiedenste AkteurInnen ein besseres Verständnis des Vorhabens erlangen. In Österreich wurde zwar auch schon VR zur Visualisierung von geplanten Vorhaben verwendet wie im Beispiel *Holzhochau HoHo Wien*, welches in der Aspern Seestadt

entstehen wird –dies dient allerdings nur rein marketing-technischen Zwecken. In Kapitel 3.2. *Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur* wird umfassend auf verschiedenste Anwendungsbeispiele eingegangen.

Kunst und Kultur

Der amerikanische Künstler David Em hat bereits in den 70er Jahren in NASAs virtuellem Labor eine virtuelle Welt als Kunstwerk erschaffen, in der sich BetrachterInnen frei bewegen konnten. (Carlson, 2017, S. 284)

Im MAK - Museum für angewandte Kunst in Wien wird seit Februar 2018 die virtuelle Ausstellung *Klimt's Magic Garden: A Virtual Reality Experiment by Frederick Baker* gezeigt. Mit einem HTC Vive HMD kann von BesucherInnen des Museums eine virtuelle Welt im Stile von Gustav Klimts Gemälden betrachtet werden. (mak.at, 2018, Web)

2.4. Zukünftige Entwicklung

HTC hat bereits die nächste Generation seines HMDs angekündigt, die VIVE Pro, welche bereits im Mai 2018 am Markt erscheinen soll. Wesentliche Features sind die gesamte Auflösung von 2880 x 1600 Pixeln und die Möglichkeit der kabellosen Übertragung von Headset zu Basisstation. Allerdings wird die VIVE Pro mit einem Preis von 879 € schon alleine für das HMD keine Käufer ansprechen, die auf eine Preissenkung gewartet haben. (vive.com, 2018, Web)

Auch Oculus arbeitet derzeit an dem *Project Santa Cruz*, einem Nachfolger der Rift. Während über verschiedene technische Daten sowie den Preis noch keine Informationen bekannt sind, bietet das HMD mit dem inside-out tracking Feature eine Interessante Alternative zu bekannten externen Sensoren. So soll die Position der NutzerInnen im Raum mit direkt in dem HMD verbauten Kameras getrackt werden. (oculus.com, 2018, Web)

Mit der Windows Mixed Reality will Microsoft in den VR Markt einsteigen. Als Plattform soll Windows die VR-Geräte unterstützen und eine Vielzahl an verfügbaren Apps anbieten. Headsets und Controller werden dabei nicht von Microsoft selbst entwickelt, sondern von Medion, Dell, Acer, Lenovo und HP in Kooperation mit

Windows Mixed Reality angeboten. Die Headsets sind vom Aussehen konform gehalten und orientieren sich hardware- und preistechnisch an den etablierten Geräten von Oculus und HTC. (microsoft.com, 2018, Web)

Prognosen zur Entwicklung von neuen und sich rasant verbreitenden Technologien sind meist mit Vorsicht zu genießen. Bezüglich Virtual Reality veröffentlicht das Schweizer Investment- und Marktforschungsunternehmen *Digi-Capital* jährliche Berichte über die Entwicklung des AR/VR Markts. Aufgrund der leichten Verbreitung durch vorinstallierte Apps wird Augmented Reality für Smartphones als am weitaus stärksten wachsende Technologie in den nächsten Jahren prognostiziert. Obwohl die Verkaufszahlen der bekannten VR HMDs scheinbar weit hinter den Erwartungen der Entwickler geblieben sind, könnte durch neue Geräte und niedrigere Preise die Nachfrage nach solchen Geräten in den kommenden Jahren steigen. Als langfristige Zukunft dieser Branche beschreibt *Digi-Capital* sogenannte Smartglasses. (digi-capital.com, 2018, Web) Obwohl *Google* sich mit seinem *Google Glass* erst vor einigen Jahren an dieser Technologie versucht hat und schlussendlich aufgrund fehlenden Interesses und zu hohem Preispunkt gescheitert ist, befinden sich derzeit verschiedene Datenbrillen von großen Firmen wie Microsoft und Apple in Entwicklung.

2.5. Fazit

Dank der wachsenden Bandbreite an vorhandener Hardware stehen PlanerInnen und ArchitektInnen verschiedene Geräte zur Verfügung, welche für immersive Visualisierungen genutzt werden können. Während moderne CAVE und Powerwall Systeme Visualisierungen auf größeren Maßstäben realisieren können, sind die hohen Kosten und der teilweise große Platzbedarf nicht außer Acht zu lassen. Hier bieten HMDs eine praktischere und unkompliziertere Alternative für planerische und architektonische Visualisierungen.

Mit modernen Spiele-Engines lassen sich virtuelle Welten mit genügend Einarbeitungszeit selbstständig erstellen. Ein Planungsprojekt in einer Spiele-Engine zu verwirklichen ist – mit hinreichender Erfahrung – mit nicht viel Mehraufwand verbunden als die 3D Darstellung für klassische Renderings zu erzeugen. Die Vorteile, sich frei in der geplanten Welt – noch vor Umsetzung – bewegen zu können und die

Idee des Planungsvorhabens so auch für Laien veranschaulichen zu können, müssen je nach Zeit und Budget abgewogen werden. Das Umsetzen eines eigenen Projekts in Kapitel Vier soll einen Einblick in Arbeits- und Zeitaufwand einer solchen Visualisierung geben.

Die Anwendung von VR in bestimmten Bereichen wie beispielsweise der Industrie findet teilweise stark spezialisiert statt und verwendet oftmals noch eigens für diesen Zweck angefertigte Hard- und Software. Dank des technologischen Fortschritts im Bereich der HMDs und der damit einhergehenden Verfügbarkeit am Markt öffnen sich neue Anwendungsfelder, in denen kostengünstige VR eingesetzt werden kann. Von dieser Entwicklung kann auch die Raumplanung und Architektur profitieren.

Die künftige Entwicklung am VR-HMD Markt wird sich vermutlich in zwei Teilbereiche aufspalten. Auf der einen Seite die leistungsstarken und teureren HMDs wie beispielsweise die VIVE Pro, welche vor allem für den Videospielebereich interessant sind. Auf der anderen Seite werden gerade kostengünstige Standalone-HMDs, wie zum Beispiel Oculus Go, auf den Markt gebracht, welche neue NutzerInnengruppen und andere Einsatzbereiche ansprechen soll. Allerdings hängt der Erfolg der VR-HMDs nicht nur von der Technologie ab, sondern auch von dem Angebot an Anwendungen. Alternativ wird Augmented Reality eine große Zukunft prognostiziert. Trotz der großen Unterschiede in Technologie und Anwendungsbereichen kann auch dieses Feld interessante Möglichkeiten für die Visualisierung von Planungsvorhaben bieten.

3. Anwendung von Virtual Reality in der Raumplanung

Nach einem Überblick über die theoretischen Grundlagen der Virtual Reality wird in den folgenden Kapiteln spezifisch die Anwendung von VR (und AR) in der Raumplanung, Architektur und ähnlichen verwandten Gebieten analysiert. In Kapitel 3.1. *Virtual Reality als Darstellungsmethode in der Planungspraxis* wird die Notwendigkeit neuer Darstellungsmethoden für die Raumplanung anhand verschiedener Meinungen aus der Literatur diskutiert. Anhand von konkreten Beispielen aus der Praxis, welche oft auch wissenschaftlich in der Literatur festgehalten wurden, wird in Kapitel 3.2. *Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur* ein Überblick über verschiedene Techniken, Einsatzbereiche und Anwendungsmöglichkeiten gegeben. Zum Schluss werden die künftige Entwicklung sowie kritische Stimmen zu Virtual Reality in der Raumplanung eingehend behandelt.

3.1. Virtual Reality als Darstellungsmethode in der Planungspraxis

Wissenschaftliche Disziplinen sind einem ständigen Wandel unterzogen, welcher sich immer wieder in Paradigmenwechseln äußern kann. Auch in der Raumplanung hat solch ein Werdegang bereits stattgefunden, allerdings finden neu entwickelte Methoden und Instrumente aus verschiedenen Gründen nicht immer Beachtung. Durch weniger Top-Down Planung und dafür mehr kommunikative und kooperative Bottom-Up Ansätze sollen nachhaltige Lösungen gemeinsam mit BürgerInnen entwickelt werden. Solche Prozesse sind allerdings aufwendiger, verursachen auf den ersten Blick mehr Kosten für InvestorInnen und scheinen oft nicht in zufriedenstellendem Ausmaß von der Bevölkerung in Anspruch genommen zu werden. Dass sich diese Kosten – auf lange Sicht gesehen – aufgrund der besser akzeptierten Planung relativieren und möglicherweise auch nicht der richtige Prozess gewählt wurde um die BürgerInnen anzusprechen, wird oft außer Acht gelassen. Bereits Klaus Selle hat 1996 erkannt, dass eine effektive und aufgeklärte Beteiligung nur stattfinden kann, wenn allen der Zugang zur Information gewährleistet wird. (Selle, 1996, S. 141) Eine Form dieser Informationsgrundlage fand in der Raumplanung jeher in Form von Visualisierungen statt, früher wie heute überwiegend mit 2D Plänen.

Vergleichbar der angeführten Definition, bezeichnen auch Johnson et al. Visualisierungen als externen Ausdruck von Modellen, die im Gehirn entstanden sind und bestmöglich an das Verständnis der BetrachterInnen angepasst sein sollten. (Johnson et al., 2010, S. 1) Bei einer Vielzahl von unterschiedlichen AkteurInnen mit unterschiedlichem Wissensstand kann sich diese Aufgabe schwierig gestalten. Levy hat darin das Problem erkannt, dass beteiligte Personen bei Vorhandensein von lediglich einem 2D Plan selbst eine 3D Ansicht in Ihrem Kopf erzeugen müssen, um den Plan besser zu verstehen. Dadurch können alle BetrachterInnen eine andere Vorstellung des Plans im Kopf haben, was Kommunikationsschwierigkeiten zur Folge haben kann. (Levy, 2011, S. 3) 3D Renderings von geplanten Gebäuden, Parks und ähnlichen Orten helfen zwar ein besseres Bild zu bekommen; wie Sunesson et al. und Whyte bemerkt haben, bieten solche Ansichten allerdings oft nur wenige Blickwinkel, welche fix durch den Ersteller des Renderings vorgegeben wurden. Dadurch fällt es leicht, nur gewünschte Ansichten zu zeigen und unfertige oder unerwünschte Ansichten zu verdecken. (Sunesson et al., 2008, S. 256; Whyte, 2004, S. 107)

Virtual Reality bietet sich hier als geeignete Visualisierungsmethode an. Per definitionem von VR und wissenschaftlichen Visualisierungen ist die Effizienz, also die leichte Verständlichkeit, gegeben. Gleichzeitig kann man sich in einer virtuellen Welt frei bewegen und daher das Modell aus allen gewünschten Blickwinkeln betrachten. Betrachtet man die drei Intensitätsstufen der Partizipation – Information, Konsultation, und Kooperation – scheinen auf den ersten Blick VR-Visualisierungen von Plänen nur für die beiden Stufen Information und Konsultation interessant zu sein. Mit der Hilfe von virtuellen Welten können Beteiligte leicht verständliche Einblicke in die Planung erhalten und dadurch auch fundierte Fragen und Meinungen zu den Entwürfen stellen und entwickeln. Whyte sieht den Nutzen von VR-Darstellungen in der Planung als Methode zur Unterstützung von Bottom-Up Prozessen, weil dadurch Leute motiviert werden oder sie wenigstens die möglichen Optionen kennenlernen und verstehen. (Whyte, 2004, S. 107) Setzt man die Virtual Reality richtig ein, lässt sich eventuell sogar ein gewisser Grad an Kooperation ermöglichen. Mit den Controllern lassen sich beispielsweise Objekte wie Bänke, Bäume oder sogar ganze Häuser frei bewegen und so den zu planenden Raum nach eigenem Wunsch gestalten. Das Partizipationshandbuch Wien führt im Methodenraster bereits einen „virtuellen 3-D-

Rundgang“ als online Werkzeug, unter den Punkten „Informieren, Reaktionen und Feedback einholen“, sowie „Planen auf der grünen Wiese - potenzielle NutzerInnen einbeziehen“. (Praxisbuch Partizipation, 2012, S. 53) Bourdakis et al. argumentieren, dass detailliertere und konkreter formulierte Entwürfe mehr InteressentInnen anziehen als frühe abstraktere Stufen der Planung, weswegen mithilfe von Virtual Reality genaue Entwürfe leichter zugänglich gemacht und verständlicher kommuniziert werden können. (Bourdakis et al., k.A., Web)

In welcher konkreten Form und zu welchem Zeitpunkt in der Planung VR-Visualisierungen am besten eingesetzt werden, wird in den folgenden Kapiteln auch mithilfe von Beispielen aus der Praxis diskutiert. Allerdings ist klar, dass Virtual Reality keine alleinstehende Methode ist oder gar Partizipationsprozesse ersetzen kann. Auch Levy hat erkannt, wie entscheidend die Integration von neuen Methoden und Tools wie VR in den Planungsprozess ist, um damit Transparenz zu schaffen und die Öffentlichkeit anzusprechen. (Levy, 2005, S. 22) Whyte bemerkt, dass VR nicht unüberlegt eingesetzt werden darf, sondern im Rahmen eines größeren Prozesses als Diskussionsgrundlage angewandt werden kann, um alle Beteiligten einzubeziehen. (Whyte, 2004, S. 110 f.) Neben dem Einsatz als alternative Visualisierungsmethode zu 2D Plänen und 3D Renderings, bietet VR einen weiteren Vorteil für die Anwendung in Partizipationsprozessen. Aufgrund des Status als moderne Technologie genießt Virtual Reality aktuell einen bestimmten Grad an Medienhype und ist vor allem beim jungen Publikum beliebt. Wird der Einsatz von VR in Partizipationsprozessen durch gutes Marketing beworben, bekunden gegebenenfalls mehr Personen, vielleicht sogar von bisher unterrepräsentierten Zielgruppen, ihr Interesse für die Planung. Dadurch würde sich eine qualitativ umfassendere Beteiligung für den Planungsprozess erzielen lassen.

3.2. Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur

In der Literatur und im Internet lassen sich eine Vielzahl verschiedener Anwendungsbeispiele von Virtual Reality in der Raumplanung finden. In diesem Kapitel wird eine Auswahl solcher Praxisanwendungen beschrieben und bezüglich der Kosten und Nutzen für den Einsatz der jeweiligen Methode in Planungsprozessen diskutiert. Die Fallbeispiele sind annäherungsweise von den frühen 90er Jahren bis heute chronologisch geordnet. Soweit vorhanden wurden Grafiken von den Beispielen

eingefügt, um ein besseres Bild der Methode zu bekommen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass nicht alle der hier angeführten Beispiele vollständig als VR-Anwendungen laut der Definition im Kapitel 2.1. *Definitionen* gelten. Da sie aber geschichtlich relevant sind bzw. verwandte Technologien zu VR verwenden und daher mögliche Alternativen aufzeigen, werden sie gerade aus diesem Grund ebenfalls einbezogen.

Hollywood Style Urban Model

Bevor Computer verfügbar waren mussten PlanerInnen auf alternative Methoden zur Visualisierung von Entwürfen zurückgreifen. Neben Plänen, Skizzen und perspektivischen Zeichnungen wurde auch mit dynamischen Visualisierungen experimentiert. Das Hollywood Style Urban Model, welches im Environmental Simulation Center in New York erstellt wurde, ist ein Beispiel für eine solche Visualisierung. Nachdem ein Modell des Entwurfs gebaut wurde, konnte mithilfe einer Kamera, welche auf einem Gerüst durch das Modell gefahren wurde, eine realitätsnahe Ansicht auf Augenhöhe gefilmt werden. Mithilfe dieser Darstellung sollte eine Grundlage für die Entscheidungsfindung gemeinsam mit der Bevölkerung geschaffen werden. Diese Aufgabe konnte laut Whyte auch gut erfüllt werden, allerdings war der Aufwand welcher das Modell, die Beleuchtung und das Kameragerüst erforderten, relativ hoch und das Modell kaum anpassungsfähig. (Whyte, 2004, S. 108) Aus diesem Grund wurde seit den frühen 1990ern nach flexibleren Methoden und Tools gesucht, um Planung leichter für die Bevölkerung verständlich zu machen. Das Environmental Simulation Center ist daher in den Jahren 1992–1993 von Kartonmodellen und Kamerafahrten auf – für den damaligen Stand der Technik – hochwertige Computervisualisierungen umgestiegen. (Whyte, 2004, S. 108)

Auch wenn diese Modelle keine „echte“ Virtuelle Realität waren, zeigen sie doch die Notwendigkeit für realitätsnahe und leicht verständliche Ansichten, die in der Partizipation angewandt werden können.



Abbildung 3: Hollywood Style Urban Model (Whyte, 2004, S. 108)

Frühe „Virtual Reality“ Anwendungen mit der VRML

Lehmkühler hat die – im Kapitel 2.3.2. *Virtual Reality Plattformen* erwähnte – Virtual Reality Modelling Language mit dem Programm VRMLView im Jahr 1998 zur Darstellung von Planungsentwürfen und zur Einbindung dieser in ein digitales Diskussionsforum im Internet genutzt. Lehmkühler wollte dadurch einerseits leicht verständliche Visualisierungen schaffen, welche von möglichst vielen Personen durch das Internet betrachtet werden können und andererseits die Meinungen der BetrachterInnen zu den Plänen in dem Forum sammeln. (Lehmkühler, 1998, S. 8) Durch diese Arbeit wurde ein maßgeblicher Grundstein für die Nutzung von Online-Visualisierungen gelegt, um die breite passive Öffentlichkeit anzusprechen.

Eine ähnliche Anwendung der VRML beschreibt Bourdakis durch das *Centre for Advanced Studies in Architecture (CASA)* der University of Bath. Bereits 1991 hat CASA den Auftrag von der Stadt bekommen, ein virtuelles Modell der Stadt Bath anzufertigen. Das Modell wurde von PlanerInnen erfolgreich zum Testen der visuellen Auswirkungen von verschiedenen Entwürfen auf das Stadtbild genutzt. Bourdakis schlussfolgert, dass virtuelle 3D Modelle eine entscheidende Rolle neben klassischen Darstellungsmethoden einnehmen können. (Bourdakis, k.A., Web)

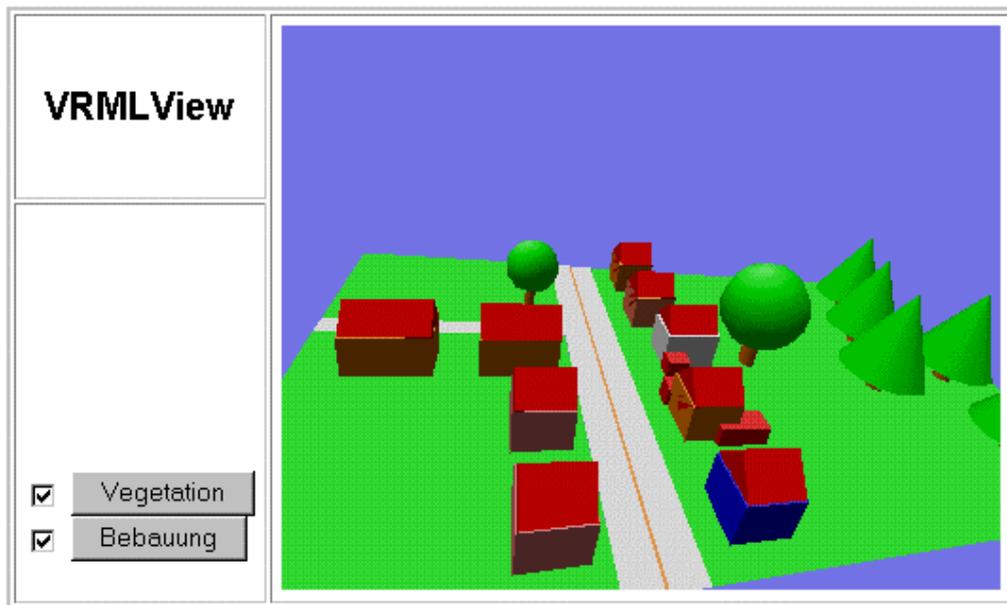


Abbildung 4: Darstellung eines Entwurfs in VRMLView (Lehmkühler, 1998, S. 9)

Studie: Evaluation eines Virtual Reality Modells

Im Jahr 2005 haben Westerdahl et al. eine Studie zur Evaluierung eines architektonischen VR-Modells, verglichen mit dem fertiggestellten Gebäude, durch die NutzerInnen durchgeführt. Ein 3D Modell wurde entworfen, in dem sowohl Innen- als auch Außenbereiche des Bürogebäudes visualisiert wurden und mithilfe eines Powerwalls und 3D Shutterbrillen stereoskopisch dargestellt werden konnten. In dem Modell wurden verschiedene Gestaltungsvarianten der Arbeitsplatzanordnung vergleichend dargestellt. Die StudienteilnehmerInnen, welche auch die späteren NutzerInnen des Gebäudes waren, stellten fest, dass das Modell eine brauchbare Hilfe im Entscheidungsprozess im Hinblick auf ihren zukünftigen Arbeitsplatz war. Mit den Ergebnissen der empirischen Studie konnte festgestellt werden, dass das VR-Modell eine realitätsnahe Abbildung des echten Gebäudes widerspiegelt. Die Autoren merken allerdings selbst an, dass die Methode der Visualisierung des Modells nicht immersiv gestaltet war. Die NutzerInnen des Powerwalls hatten zwar dank der Shutterbrillen eine stereoskopische 3D Darstellung, allerdings hatten sie keine Möglichkeit, sich selbst im Modell zu bewegen und ebenfalls keine Audioausgabe. Ungeachtet dessen hat den NutzerInnen das Modell zur Vorstellung der gewünschten Arbeitsumgebung gereicht, weswegen die Autoren schlussfolgern, dass nicht für alle Anwendungsfälle und Planungsphasen ein immersives VR-Modell benötigt wird. (Westerdahl et al., 2005, S.

162 ff.) Diese Studie stellt jedoch keinen Vergleich zwischen Virtual Reality und klassischen Visualisierungsmethoden auf, weswegen die hier gestellte Forschungsfrage mit diesem Beispiel nicht ausreichend beantwortet werden kann.



Abbildung 5: Beispielansichten der Innen- und Außenräume des erstellten VR Modells (Westerdahl et al., 2005, S. 153)

Levy beschreibt eine ähnliche VR-Anwendung des Urban Simulation Team der University of California. Das Modell eines geplanten Krankenhauses von Architekt I. M. Pei wurde in ein vorhandenes Los Angeles Modell geladen und konnte so zwei Jahre vor Baubeginn von medizinischem und nichtmedizinischem Personal virtuell begangen werden. Laut einem leitenden Mediziner hat das Modell jedem geholfen zu verstehen, was eigentlich geplant ist und Probleme zu identifizieren, welche sonst womöglich erst nach Fertigstellung aufgefallen wären. (Levy, 2005, S. 20)

Visualisierung von Neuplanung in Calgary

Die kanadische Stadt Calgary hat in den Jahren 2006-2007 wesentliche Planungsschwerpunkte für gewisse Gebiete der Stadt festgelegt. Mithilfe eines 3D Modells wurden die möglichen Planungen visualisiert und in einer CAVE als Entscheidungsgrundlage für ein Gremium, bestehend aus BürgerInnen, InvestorInnen und PlanerInnen dargestellt. Eine Online Version des 3D Modells wurde ebenfalls für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, welches mithilfe eines Computers und eines Webbrowsers angesehen werden konnte. Nennenswerte Punkte, welche mit dem Modell unter anderem adressiert wurden, waren die Gebäudehöhen von zwei geplanten Hochhäusern und die Straßenfluchtlinie von verschiedenen geplanten Gebäuden, welche anhand verschiedener Szenarien im Modell betrachtet werden konnten. Der Ersteller des Modells und Professor für Urban Design and Planning der Faculty of Environmental Design auf der University of Calgary; Richard M. Levy, hat in einer 2011 veröffentlichten Studie die Ergebnisse des VR unterstützten Planungsprozesses

veröffentlicht. (Levy, 2011, S. 6-9) Obwohl ein direkter Zusammenhang statistisch nicht überprüft wurde, vermutet Levy, dass die Beteiligten durch das Modell ein besseres Bild ihrer zukünftigen Nachbarschaft bekommen haben, was in der Folge zu mehr Akzeptanz und besserer Diskussion zu den Entwürfen geführt hat. Negative Reaktionen von BürgerInnen über Gebäudehöhe von Neubauten konnten abgeschwächt werden bzw. wurde den BürgerInnen der Kompromiss zwischen dichterem Bebauung und mehr Freiraum dadurch offensichtlicher. Levy kommt zu dem Schluss, dass moderne dynamische Visualisierungstechniken einen Vorteil gegenüber klassischen Plänen und 3D Renderings haben, welche keine Interaktionsmöglichkeiten bieten. Er erkennt ebenfalls die Problematik, dass solche Visualisierungen mehr Aufwand und Fachwissen von Seiten der PlanerInnen benötigen. Durch die wachsende Kenntnis von 3D Modellierungssoftware schätzt Levy, dass VR-Anwendungen in der zukünftigen Planung eine immer größere Rolle einnehmen werden. (Levy, 2011, S. 13 f.)



Abbildung 6: Vergleich Foto - VR-Modell (Levy, 2011, S. 17)

Architekturwettbewerb Stadtbibliothek Göteborg

Im Zuge eines Architekturwettbewerbs zur Neuplanung der Stadtbibliothek hat die schwedische Stadt Göteborg VR-Visualisierungen eingesetzt. Die teilnehmenden Architekturbüros wurden aufgefordert die 3D Modelle ihrer Entwürfe an ein externes Visualisierungslabor zu senden. Von diesem wurden die architektonischen Entwürfe in ein vorgefertigtes VR-Modell der Umgebung eingebettet. Die VR-Visualisierung erfolgte mittels Powerwall und stereoskopischen Shutterbrillen. Die aus acht Personen bestehende Jury konnte in der Darstellung zwischen den Entwürfen umschalten, während die Umgebung gleich blieb. Sunesson et al. haben im Anschluss an den

Wettbewerb ExpertInneninterviews mit den teilnehmenden StadtplanerInnen, ArchitektInnen, JurorInnen sowie den ErstellerInnen des VR-Modells zur Evaluation der angewandten Virtual Reality durchgeführt. Der Ersteller des VR-Modells berichtet von einem ungefähren Zeitaufwand von 60 Stunden und nimmt an, dass ArchitektInnen bei Etablierung von Virtual Reality in Zukunft selbst lernen müssen, VR-Modelle zu erstellen. Während die JurorInnen die Modelle als hilfreich in der Bewertung der Einreichungen empfanden, kam von allen teilnehmenden ArchitektInnenbüros Kritik aufgrund schlechter Ästhetik ihrer Entwürfe in der VR-Darstellung. Die StadtplanerInnen bemerkten das Potential von VR als Kommunikationstool und den Nutzen, welche eine solche Visualisierung für die Partizipation bringen kann. Sunesson et al. kommen zu dem Schluss, dass der Einsatz von Virtual Reality bei Wettbewerben in Zukunft häufiger vorkommen wird und dass die Büros lernen müssen ihre eigenen VR-Modelle anzufertigen. Darin erkennen sie auch die Problematik, dass kleinere Büros eventuell nicht die Mittel aufbringen, um die aufwendigeren VR-Darstellungen zu erstellen. (Sunesson et al., 2008, S. 256-260)



Abbildung 7: Vergleich der VR Modelle der bestehenden Bibliothek mit einem der Neuentwürfe
(Sunesson et al., 2008, S. 256-260)

Smartwalk Saarbrücken „Stadtmitte am Fluss“

Das Projekt Stadtmitte am Fluss beschäftigt sich seit 2009 mit der Revitalisierung und Erneuerung des Quartiers entlang der Saar in Saarbrücken. Zur besseren Vermittlung der Planung an alle BürgerInnen hat die Stadt das Projekt Smartwalk Saarbrücken durchgeführt. Neun Stationen entlang des Flusses bieten BürgerInnen die Möglichkeit, mit Smartphone oder Tablet geplante Änderungen zu betrachten. Verwendet wurde hierbei die Augmented Reality, um Modelle oder andere Informationen mit der Realität zu verschneiden. So konnte zum Beispiel ein Modell der geplanten Fußgängerbrücke

über die Saar auf dem Bildschirm des Smartphones oder Tablets an seinem zukünftigen Platz in der wirklichen Welt betrachtet werden. Bei einer anderen Station wurde ein 3D Modell der Umgebung inklusive Lärmbelastung und Überflutungssimulation visualisiert. Um Rückmeldung von den BetrachterInnen zu erhalten, wurde ebenfalls eine Bewertungs- und Kommentarfunktion bei jeder Station eingerichtet. Broschart et al. haben diese Anwendung näher untersucht und kommen zum Schluss, dass Augmented Reality zwar einen Planungsprozess bereichern, jedoch keinesfalls einen Partizipationsprozess ersetzen kann. (Broschart et al., 2013, S. 121 f.)



Abbildung 8: Betrachtungsweise der AR-Darstellung und Fußgängerbrücke in AR (Broschart et al., 2013, S. 122)

Social VR - Virtual Reality Design Lab

Das Virtual Reality Design Lab (VRDL) wurde von MitarbeiterInnen des College of Design der University of Minnesota seit 2012 entwickelt und betrieben. Ziel des Projekts Social VR ist es, mehrere NutzerInnen gleichzeitig in einer VR Simulation interagieren zu lassen. Für das VRDL wird daher ein Motion-Capture System, kombiniert mit eigens entwickelter Soft- und Hardware, verwendet, um eine neuartige Form der VR zu realisieren. (vr.design.umn.edu, 2018, Web) Zum gleichzeitigen Tracken von mehreren Personen wurden 36 Hochgeschwindigkeitskameras auf einem von der Decke hängenden Gerüst montiert, welche einen Bereich von bis zu 15 Metern Durchmesser abdecken. Dieses erfasst LED Markierungen, welche auf den HMDs der TrägerInnen montiert sind. Das HMD selbst besteht aus einem iPad Mini, speziellen Optiken und einem 3D gedrucktem Gehäuse. An verschiedenen Darstellungen und Videoaufnahmen lässt sich allerdings ein Nachteil dieser vermutlich schweren HMDs erkennen, denn die meisten NutzerInnen halten das Headset mit beiden Händen fest, um ein Verrutschen zu verhindern. (vr.design.umn.edu/technology, 2018, Web) Im Zuge eines Ausbaus der University of Minnesota wurden gewisse Räume für das zuständige

Team der Baulogistik visualisiert und mithilfe des Virtual Reality Design Labs dargestellt. Dadurch konnten – laut dem Leiter dieser Abteilung – entscheidende Fehler im Design früh genug erkannt werden und bis zu 15.000\$ sowie zwei Monate Verzögerung eingespart werden. (Johnson, 2013, Web)

Obwohl die Kosten für das komplette System nirgends erwähnt werden, ist klar, dass das Virtual Reality Design Lab ein kostspieliges Anwendungsbeispiel von VR ist, welcher zudem nicht leicht an einen anderen Ort transportiert und aufgebaut werden kann. Das eigens entwickelte Tracking von mehreren Personen sowie die kabellosen Headsets sind zwar beachtliche technologische Entwicklungen, allerdings versprechen neue Generationen aktueller HMDs solche Funktionen für deutlich weniger Geld und mit deutlich geringerem Hardwareaufwand verbunden.

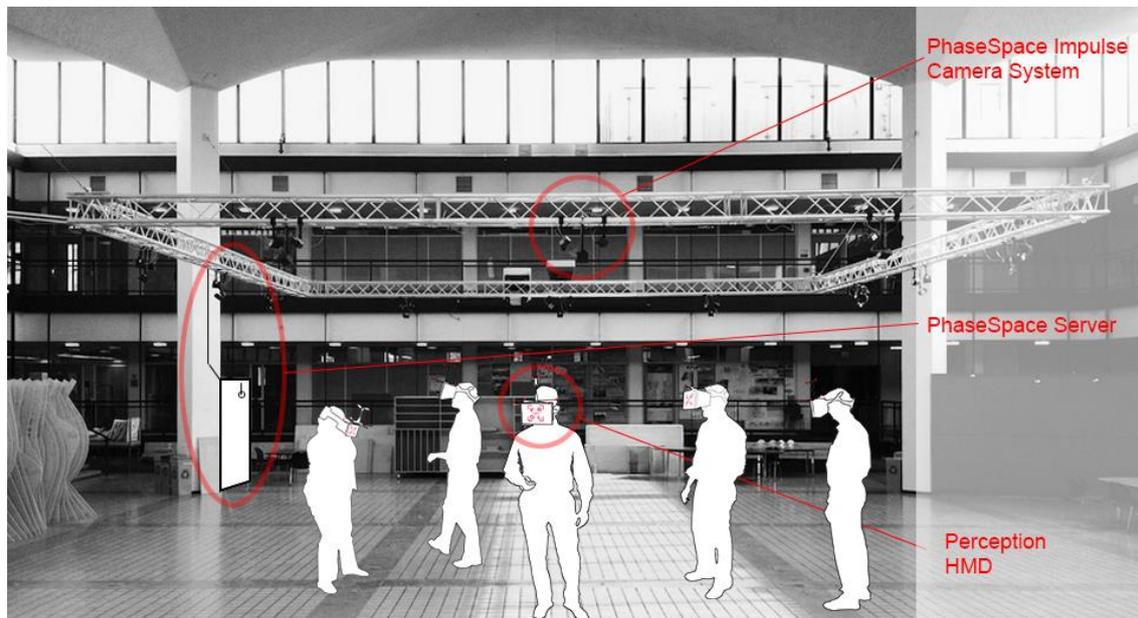


Abbildung 9: Social VR im Virtual Reality Design Lab (vr.design.umn.edu/technology, 2018, Web)

Fallstudie: Anwendung von Virtual Reality für partizipative Planung in Vilnius

Laut Stauskis hat die Stadt Vilnius aufgrund altmodischer Vorgaben zu BürgerInnenbeteiligung immer wieder Widerstand zu Planungsvorhaben erfahren. Durch den Einsatz innovativer Beteiligungsprozesse mit neuen technischen Methoden soll mehr Kooperation mit BürgerInnen ermöglicht und in Zuge dessen auch mehr Akzeptanz für das Planungsvorhaben geschaffen werden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und darüber hinaus auch noch vermehrt junge BürgerInnen

anzusprechen, welche bisher nicht gut erreicht werden konnten, wurde der sogenannte Virtual Urban Simulator (VUS) von dem Department of Urban Design der Vilnius Gediminas Technical University in Kooperation mit dem Stadtplanungsdepartement von Vilnius entwickelt. Der Virtual Urban Simulator kombiniert virtuelle Simulation von 3D Modellen mit Techniken zur Einbindung der Bevölkerung und den notwendigen Tools zum Transkribieren und zur Analyse der Ergebnisse. Für den leichten Zugang zur Technologie wurde ein Gamification Ansatz gewählt. Anwendung hat der VUS im Zuge einer Neuplanung des öffentlichen *Missionaries* Park gefunden, da sich PlanerInnen nicht sicher waren, ob die vorläufigen Pläne den Bedürfnissen der Bevölkerung gerecht werden. Der virtuelle Ansatz soll den PlanerInnen Informationen über attraktive und weniger attraktive Stellen im Park liefern, die Bewegungen der SpielerInnen aufzeichnen sowie helfen, die passende Möblierung zu finden. Die 3D Visualisierung wurde mithilfe der Unity Engine in ein interaktives Programm umgewandelt, welches am Smartphone, Tablet oder Desktop PC gespielt werden konnte. (Stauskis, 2014, S. 7 f.)

Stauskis beschreibt den Einsatz von Gamification in diesem Projekt als erfolgreich, um BürgerInnen zu erreichen, und betont die Relevanz von grafisch realistischen Modellen, damit die NutzerInnen in einer vertrauten Umgebung involviert werden. Um das Wissen aus der Planung in eine solche App erfolgreich einzubinden, wird ebenfalls ein interdisziplinäres Team aus Forschung und Praxis benötigt, welche die entstandene Plattform betreuen und regelmäßig neue Inhalte einpflegen. Stauskis schreibt, dass solche interaktiven Tools ein wesentlicher Schritt sind, um vor allem junge BürgerInnen anzusprechen und zu involvieren, welche bei klassischen Informations- und Partizipationsveranstaltung kaum anzutreffen sind. (Stauskis, 2014, S. 12 f.) Auch wenn der Einsatz von VUS keine direkte Anwendung von Virtual Reality darstellt, lässt sich doch argumentieren, dass sich die NutzerInnen dank des Gamification Ansatzes etwas in die geplante virtuelle Welt hineinversetzen können und dadurch die Planung intuitiver wahrnehmen. Dank moderner Spiele Engines bedeutet es zudem kaum Mehraufwand, das erstellte Spiel VR kompatibel zu entwickeln und zum Beispiel mithilfe der Samsung Gear VR als immersive Virtual Reality zu betrachten.

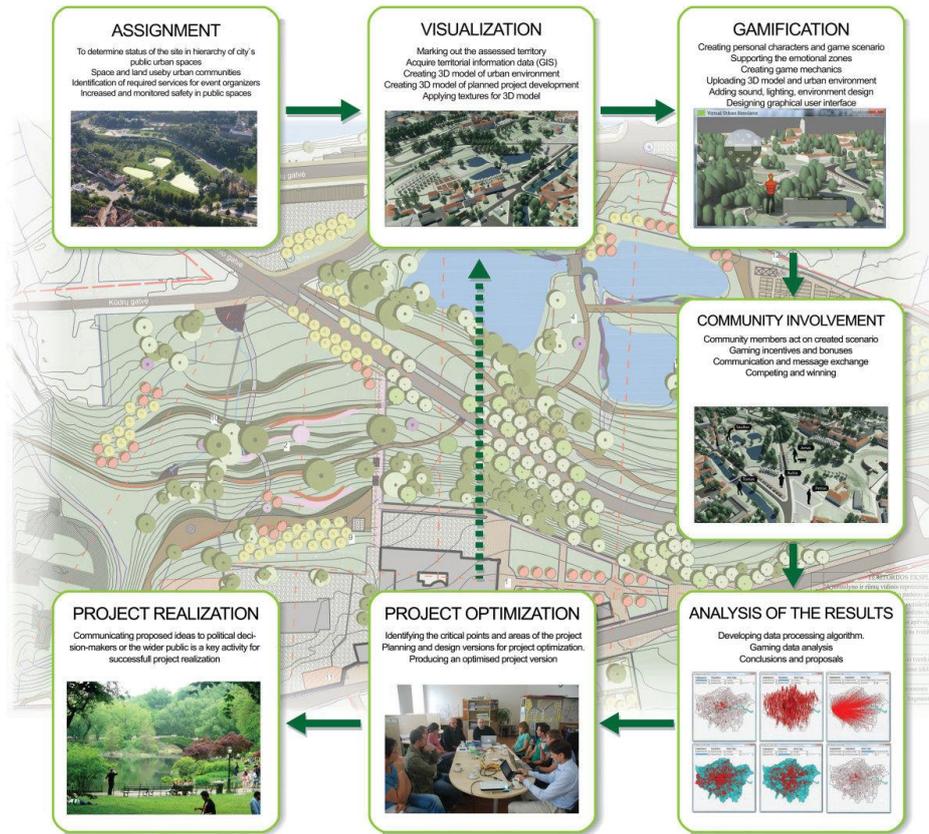


Abbildung 10: Methodologie des Virtual Urban Simulator (Stauskis, 2014, S. 10)

„Erste“ virtuelle Präsentation bei einer Planungskommission

In der Stadt Springfield im US Bundesstaat Nebraska wurde 2015 laut eigenen Aussagen die vermutlich erste virtuelle Präsentation während einer Planungskommission gehalten. Verwendet wurde dafür ein Development Kit der Oculus Rift HMD, mit welchem eine 3D Darstellung einer neugeplanten Siedlung gezeigt wurde. Neben dem Bürgermeister hatten die anderen Mitglieder der Kommission ebenfalls die Möglichkeit die virtuelle Darstellung zu betrachten. Obwohl in der Geschichte der Planung, wie anhand der anderen Beispiele leicht erkenntlich, bereits öfter VR in ähnlichen Fällen eingesetzt wurde, ist dies vermutlich eine der frühesten Anwendungen eines modernen HMD zur Visualisierung von Entwürfen. Das Erstellen des VR-Modells hat laut eigenen Aussagen – dank vorhandener 3D Modelle der Gebäude – nur wenige Stunden gedauert. Allerdings konnten sich die BetrachterInnen nicht selbst im Modell bewegen, sondern wurden an verschiedene Punkte gesteuert, was zu Lasten der Immersion geht. (Harrison, 2015, Web)



Abbildung 11: „Erste“ virtuelle Präsentation bei einer Planungskommission (Harrison, 2015, Web)

Collaborative Virtual Environments

Höhl et al. haben die Anwendung von sogenannten Collaborative Virtual Environments (kurz CVE) in der Raumplanung und Architektur untersucht. Der größte Vorteil solcher CVE Systeme ist die Möglichkeit, gleichzeitig und gemeinsam eine Visualisierung wahrnehmen und steuern zu können. Der **CG Mixed Reality Architectural Workspace**, sowie die **Eddison MRI Platform** sind Beispiele solcher Umgebungen.

Der CG Mixed Reality Architectural Workspace ist im Zuge einer Kollaboration des Research & Design Lab mit dem Masterstudiengang Architektur (ARC) an der FH JOANNEUM entstanden. Ziel des Projekts war ein Interface zu erschaffen, das eine benutzerfreundliche Navigation und Bedienung von (architektonischen) 3D-Modellen zulässt. Während die Darstellung des Modells klassisch über einen Computer-Bildschirm erfolgt, kann die Visualisierung mithilfe einer Mixed-Reality-Schnittstelle mit optischem Tracking bedient werden. Als Grundlage reicht ein simpler Papierplan, welcher am Tisch aufliegt und Marker mit speziellen Symbolen, die von dem optischen Tracking System erkannt werden und durch die Software in Bewegungen oder andere Interaktionen mit dem Modell umgewandelt werden. Es können ebenfalls Smartphones oder Tablets verwendet werden, um beispielsweise den Sonnenstand im Modell zu ändern. Die Eddison MRI Platform funktioniert ähnlich und wurde von Thomas Kienzl

für die Firma Eddison entwickelt, nachdem er bei dem CG Mixed Reality Architectural Workspace Projekt mitgearbeitet hat. (Höhl et al., 2015, S. 24-27)

Während das Forschungsprojekt der Universität nicht verfügbar ist, ist die Software der Firma Eddison käuflich erwerbbar. Als Mixed-Reality Anwendung sind diese Umgebungen zwar bis auf das intuitive Bedienen nicht immersiv, allerdings bieten sie interessante Optionen zum kollaborativen Arbeiten in Architektur und Raumplanung. Vor allem in partizipativen Prozessen könnte die Plattform, aufgrund der unkomplizierten Bedienung, als gute Diskussionsgrundlage herangezogen werden.



Abbildung 12: CG Mixed Reality Architectural Workspace | 3D-Walk-Through (Höhl et al., 2013, Web)

Unspezifische Anwendungsfälle

Neben den genannten Beispielen gibt es verschiedene Tools, die vorrangig für die Anwendung in der Planung entwickelt wurden, jedoch noch nicht in der Praxis angewandt wurden. Diese werden im Folgenden kurz erläutert.

Der **HoloLens City Model Viewer**, wurde von Sean Ong gemeinsam mit der chinesische Firma Wismo entwickelt. Als Plattform wird die Microsoft HoloLens AR-Brille verwendet. Mithilfe der Applikation wurden Stadtentwicklungspläne für eine Stadt nahe Shanghai visualisiert. Dank der HoloLens wirkt die Darstellung, als ob das Stadtmodell in die echte Welt projiziert wird. Mehrere NutzerInnen mit HoloLens

Brillen haben gleichzeitig die Möglichkeit das Modell aus allen gewünschten Blickrichtungen zu betrachten. Änderungen im Modell können dank Handgesten direkt in der Visualisierung vorgenommen werden. (Ong, 2017, Web)

Der **SketchUp Viewer for HoloLens**, der **Altoura Model Viewer** sowie **HoloMaps** der Firma *Taqtile* bieten ähnliche Funktionalitäten wie der beschriebene **HoloLens City Model Viewer**. Dank solcher Programme können 3D Modelle zwar nicht so immersiv wie in einer echten VR-Darstellung wahrgenommen werden, dafür aber in einem kollaborativen Setting mit anderen NutzerInnen gleichzeitig betrachtet werden.



Abbildung 13: HoloLens City Model Viewer (Ong, 2017, Web)

Die Anwendung **DesignSpace** sieht auf den ersten Blick ähnlich wie die gerade beschriebenen AR-Programme aus, jedoch handelt es sich hierbei um reine Virtual Reality. 3D Modelle können mit DesignSpace einerseits durchschritten werden, allerdings stehen den PlanerInnen anschließend noch Analysetools zur Auswertung der gesammelten Daten der BetrachterInnen zur Verfügung. So können ebenfalls mit VR-Brille das Modell aus der Vogelperspektive betrachtet und zum Beispiel die Wege der vorherigen BetrachterInnen bzw. deren Blickrichtungen visualisiert werden. Die Anwendung wurde von einem kleinen Team im Zuge des 2016 VR hackathon in

Stuttgart erstellt. Als Framework wurde die Unity Engine verwendet und zur Darstellung und Bedienung die HTC Vive Brille mit Controllern. Obwohl die Applikation nicht mehr weiter entwickelt wird, stehen sowohl die neueste Version sowie der Source Code frei zum Download zur Verfügung. (designspacevr.org, 2018, Web)



Abbildung 14: Top Down Analyseansicht in DesignSpace (designspacevr.org, 2018, Web)

Mit **Esri CityEngine** und **ArcGIS 360 VR** bietet die Softwarefirma ESRI, welche für ihr Geoinformationssystem ArcGIS bekannt sind, eigene VR-kompatible Programme an. Durch den, bei der Esri CityEngine angewandten, procedural modeling Prozess können ganze Städte – ausgehend von einem GIS Datengrundsatz – automatisch nachgebaut bzw. generiert werden. Den Gebäuden wird dabei automatisch eine vorgefertigte Fassade gegeben, welche je nach Alter des Gebäudes variiert. Alternativ kann man selbst Fassaden aus beispielsweise Fotos zur Verfügung stellen, welche das Programm ausgewählten Gebäuden zuordnet. Auch bei Grünflächen können, je nach Typ, vorgefertigte Designs zugeordnet werden. (esri.com, 2018, Web) Mit ArcGIS 360 VR können die so erstellten Modelle ohne viel Mehraufwand mit einer Samsung Gear VR betrachtet werden. Diese Modelle sind allerdings nur eingeschränkt immersiv, da keine dynamische Bewegung in der App möglich ist und die Umgebung daher nur von statischen Standpunkten betrachtet werden kann. (esri.com, 2017, Web) ArcGIS 360 VR ist derzeit noch ein Projekt von Esri Labs und befindet sich daher noch in Entwicklung, weswegen es nur auf Anfrage erhältlich ist.

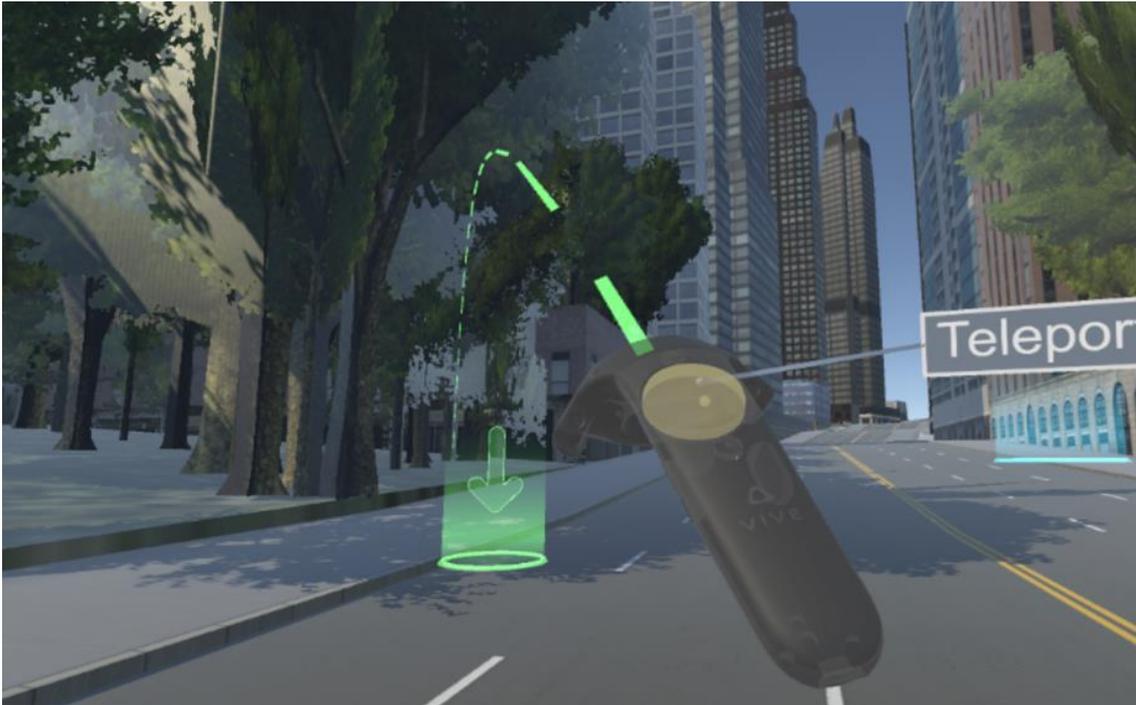


Abbildung 15: ArcGis 360 VR (esri.com, 2017, Web)

Dank einer Kooperation von ESRI mit dem Entwickler der Unreal Engine, Epic Games, konnte eine optimierte Schnittstelle zwischen GIS Daten und Spiele Engine hergestellt werden. Mit dem Unreal Studio Toolkit *Datasmith* können in der Esri CityEngine erstellte Modelle ohne viel Mehraufwand in die Unreal Engine importiert und dort als voll VR fähigen Simulationen weiter bearbeitet werden. (unrealengine.com, 2018, Web)

3.3. Zukünftige Entwicklung von Virtual Reality in der Raumplanung

Bereits 2004 hat John W. Danahy die unzureichende Entwicklung und Nutzung von immersiven Formen visueller Medien in der Planung kritisch betrachtet und diskutiert das Potential von Echtzeitvisualisierungen in Anbetracht der technischen Fortschritte, welche immer besser aussehende 3D Welten ermöglichen (Danahy, 2004, S. 164) Zu diesem Zeitpunkt war diese Kritik bereits stichhaltig, allerdings war es aufgrund fehlender vorgefertigter Software und kostspieliger Hardware schwierig VR in der Planung zu realisieren. Wie die meisten Praxisbeispiele aus dem vorhergehenden Kapitel zeigen, konnte Virtual Reality nur nach Entwicklung eigener Soft- oder Hardware bzw. in Kooperation mit Forschungseinrichtungen, welche zum Beispiel eine CAVE zur Verfügung hatten, eingesetzt werden. Dank moderner VR-Geräte –

vorrangig HMDs – und Spiele Engines lassen sich Virtual Reality Darstellungen von Entwürfen heutzutage verhältnismäßig unkompliziert und kostengünstig realisieren.

Ebenfalls interessant ist die Entwicklung spezifischer Soft- und Hardware für die Anwendung in der Planung. Neben verschiedenen Entwicklungen von einzelnen Personen bzw. kleinen Teams arbeiten auch große Firmen wie zum Beispiel ESRI mit der City Engine an innovativen Tools für VR. Mit weiterer Forschung und der Entwicklung von neuen Lösungen wird die Einbindung von Virtual Reality als Visualisierungsmethode in den Planungsalltag möglicherweise schon bald kein großer Mehraufwand für PlanerInnen sein. PlanerInnen und ForscherInnen, welche verschiedene VR-Anwendungsbeispiele aus der Planungspraxis entweder selbst durchgeführt oder beschrieben haben, sind der Meinung, dass Virtual Reality einen Mehrwert für Planungs- und Partizipationsprozesse bringen kann und daher auch in Zukunft mehr Anwendung finden wird. (vgl. Broschart et al., 2015; Höhl et al., 2015; Stauskis, 2014; Sunesson et al., 2008)

Das *Austrian Institute of Technology* führt derzeit als Projektkoordinator das Projekt *VR-Planning* mit den Projektpartnern Fraunhofer Austria Research, ostertag ARCHITECTS ZT, Wien 3420 Aspern Development AG und PlanSinn Planung & Kommunikation GmbH seit 2016 durch. Das Projekt ist durch das Programm „Mobilität der Zukunft“ der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gefördert und läuft noch bis voraussichtlich August 2018. Ziel der Forschung ist die Untersuchung der Anwendung von „Virtual Reality für eine partizipative Planung und Evaluierung bedarfsgerechter und aktiver Mobilitätsumgebungen“. (projekte.ffg.at, k.A., Web) Im Zuge des Projekts soll der Einsatz von Virtual Reality sowie Augmented Reality in der Aspern Seestadt und am Beispiel „Stadt- und Infrastrukturentwicklung Kapfenberg“ im Rahmen partizipativer Planungsprozesse getestet und evaluiert werden. Während meiner Forschung zu dieser Arbeit hatte ich die Möglichkeit einen Einblick in die Arbeit des Projektteams zu werfen und selbst die entwickelten VR Anwendungen zu testen. Da das Projekt allerdings noch läuft, können hier zwar keine näheren Informationen wiedergegeben werden, allerdings kann das Ergebnis dieses Projekts interessante Informationen zu der Anwendung von VR in der Planung bringen.

3.4. Kritik

Obwohl fast alle der oben genannten AutorInnen die Vorteile von Virtual Reality hervorheben, gibt es auch kritische Punkte bei der Anwendung in der Planungspraxis und an dem Instrument Virtual Reality selbst, welche meist in Bezug auf spezifische Problematiken genannt werden. An dieser Stelle werden daher Kritik sowie sonstige Bedenken angeführt und diskutiert.

Bischoff et al. warnen vor einer Überschätzung bezüglich der Etablierung eines neuen Mediums zur Partizipation und merken gleichzeitig aber an, dass die Entwicklung neuer Methoden weiterhin mit Aufmerksamkeit betrachtet werden soll. (Bischoff et al., 2007, S. 34) Diese Kritik wird verständlich, bedenkt man, dass beispielsweise das *Praxisbuch Partizipation Wien* bereits über 60 verschiedene Methoden auflistet, welche in Partizipationsprozessen Anwendung finden können. (Praxisbuch Partizipation, 2012, S. 52-57) Hier bietet Virtual Reality im Vergleich zu klassischen Methoden jedoch den Vorteil, dass es eine innovative Lösung für die eingangs beschriebene Kommunikationsproblematik sein kann. Betrachtet man die angeführten und erfolgreichen Praxisbeispiele, kann von einem Mehrwert für Partizipationsprozesse durch den Einsatz von Virtual Reality ausgegangen werden. Etablierte Methoden der Visualisierung sollten dennoch weiter Verwendung finden. Stauskis hat während des Testens einer VR Anwendung festgestellt, dass 2D Modelle und Plandarstellungen einen wichtigen Faktor für die Orientierung der Personen in dem Modell darstellen. Die besten Ergebnisse können laut ihm erreicht werden, wenn Plänen, Renderings und VR kombiniert eingesetzt werden. (Stauskis, 2014, S. 5) Bedenken bezüglich der Schlussfolgerungen aus Literatur und als Ergebnis der praktischen Beispiele müssen an dieser Stelle erwähnt werden. Obwohl es in der Literatur verschiedene Untersuchungen zur Eignung von Virtual Reality in Planungsprozessen gibt, beschränken sich diese meist auf Beobachtungen der eingesetzten Methode sowie persönliche Meinungen der AutorInnen. Vor allem für den Einsatz in partizipativen Prozesse wurden noch keine empirischen Erhebungen von Virtual Reality als Visualisierungsmethode durchgeführt.

Klaus Selle beschreibt eine Problematik welche sich auch beim Erstellen von Visualisierungen, gewollt oder ungewollt, manifestieren kann: „Problemlöser neigen zu „hypothesengerechter“ Informationsauswahl.“ (Selle, 1996, S. 136) Per Definition

enthält ein Modell bzw. eine wissenschaftliche Visualisierung nur die wesentliche Attribute bzw. Charakteristiken welche benötigt werden, um es zweckmäßig darzustellen. Der Ersteller der Darstellung hat jedoch einen Spielraum bei dieser Informationsauswahl; wer das Modell entwickelt wählt also aus, welche Inhalte wie dargestellt werden. Sunesson et al. haben diese Problematik ebenfalls in 3D Renderings von architektonischen Entwürfen wiedererkannt. Bei Visualisierungen werden unrealistische Perspektiven gewählt oder noch unfertige Teile hinter Bäumen versteckt. (Sunesson et al., 2008, S. 256) Im Gegensatz zu den fixen Perspektiven von Renderings hat die Virtual Reality jedoch den Vorteil, dass keine Positionen vorgegeben sind, sondern sich die NutzerInnen im besten Fall frei im Raum bewegen können. Whyte beschreibt daher den Einsatz von Computervisualisierungen als objektiver im Vergleich zu klassischen Methoden. (Whyte, 2004, S. 107) Nichtsdestotrotz hat der Ersteller der Visualisierung die Verantwortung, eine möglichst objektive Repräsentation der Wirklichkeit bzw. der Entwürfe zu erstellen. Im besten Fall werden VR Darstellungen, vor allem beim Einsatz in Partizipationsprozessen, vorab unabhängig auf Objektivität geprüft.

Ein weiterer Kritikpunkt bezüglich der Erstellung von VR-Welten ergibt sich für Boulos et al. im Arbeitsaufwand der Datenbeschaffung, welcher bei großen Modellen anfällt. (Boulos et al., 2017, S. 5) Obwohl es bereits Programme wie zum Beispiel die ESRI CityEngine gibt, welche einen prozeduralen Ansatz zur Generierung von Gebäuden und anderen Elementen nutzen, kann die Wirklichkeit dadurch nicht realitätsgetreu wiedergegeben werden.

Sunesson vermutet, dass der entstehende Mehraufwand, welcher anfällt, falls sich VR Modelle künftig in Planung und Architektur etablieren, von PlanerInnen und ArchitektInnen selbst getragen werden muss. Er sieht durch den Kosten- und Zeitaufwand einen Wettbewerbsnachteil für kleine Firmen, allerdings kann hier moderne Technologie möglicherweise einen Ausgleich schaffen. (Sunesson 2008, S. 260) Würde der Auftraggeber, bzw. die Stadt zum Beispiel das VR-Modell liefern, müssten ArchitektInnen und PlanerInnen nur noch ihr 3D Modell in die Vorlage einbetten. Tools wie beispielsweise Datasmith von Unreal Studio versprechen hier eine unkomplizierte Schnittstelle zwischen 3D Modellen und Virtual Reality fähiger Engine zu schaffen.

Einen Gegenpunkt zu möglichst realitätsgetreuen und daher komplexeren und aufwändigeren VR-Modellen liefert Stauskis. Im Zuge seiner Forschung kam er zum Schluss, dass Laien Modelle vorziehen, welche realistisch sind, aber noch keinen Foto-Realismus darstellen, da ausgefallene Details und sonstige visuelle Effekte nur die Aufmerksamkeit von den bedeutenden Merkmalen ablenken. (Stauskis, 2014, S. 5)

Ähnlich dem Spielfilm *The Matrix* könnte eine Nutzerin oder ein Nutzer einer perfekten virtuellen Welt nicht mehr von selbst feststellen, ob er sich in einer Simulation oder in der Realität befindet. Von diesem Punkt ist der Stand der Technik derzeit noch weit entfernt. Da der Grad der Immersion also nicht hoch genug ist, als dass Menschen nicht mehr zwischen Simulation und Realität unterscheiden könnten, findet eine willentliche Aussetzung der Ungläubigkeit, zu Englisch *willing suspension of disbelief*, statt. Aufgrund dieser freiwilligen Akzeptanz der virtuellen Welt ist es nicht notwendig die perfekte Simulation zu erschaffen, welche die Realität spiegelt.

Allerdings kommt es hier wohl auf den speziellen Anwendungsfall und die jeweilige grafische Aufbereitung des Modells an. Bei einer Birds-Eye Übersicht über ein großräumiges Planungsgebiet ist es sicher nicht notwendig jedes Detail der Realität zu modellieren. Bei kleinräumigen Neugestaltungen kann die Detailtreue zu den architektonischen Plänen jedoch wesentlich sein. Falls beispielsweise spezielle Elemente in einem Entwurf verwendet werden, welche ein stimmiges Gesamtbild ergeben, sollte dies auch im virtuellen Modell ersichtlich sein. Vor allem VideospielerInnen, welche die heutige Grafikleistung von Videospielen kennen, werden von simplen 3D Modellen mit geringer Texturqualität nicht so leicht zu beeindrucken sein. Koll-Schretzenmayr haben bereits 2004 festgestellt, dass KonsumentInnen von Videospielen hohe Grafikstandards gewohnt sind und daher vermutlich Visualisierungen aus der Planung an diesen messen werden. (Koll-Schretzenmayr, 2004, S. 164) Obwohl in die Entwicklung von Videospielen viel Zeit und Aufwand fließt, welcher für Planungsvisualisierungen und -simulationen in den meisten Fällen übertrieben wäre, ist auf jeden Fall die Möglichkeit in Erwägung zu ziehen, aktuelle Spiele-Engines zu nutzen, um grafisch ansprechende Visualisierungen zu erstellen. Ein weitgehend ungeklärter Punkt bleibt trotzdem die Fragestellung, wie viel Aufwand das Umsetzen einer VR-Visualisierung darstellt. Lediglich Sunesson et al. haben, wie im Kapitel 3.2. *Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur*

erörtert, den ungefähren Zeitaufwand welcher, der Ersteller des Modells benötigt hat, angeführt (vgl. Sunesson et al., 2008). Da die angewandten VR-Visualisierungen jedoch mit teils unterschiedlichen Technologien umgesetzt wurden und im Detailierungsgrad sowie im Aufwand variieren, kann anhand dieser Beispiele kein schlüssiger Vergleich gezogen werden.

Ein Nachteil der Anwendung möglichst realitätsnaher und immersiver Virtual Reality in der Partizipation kann in der Abkapselung der NutzerInnen gegenüber ihrer realen Umgebung bestehen. Der Vorteil, die geplante Umgebung realistisch wahrzunehmen, kann nachteilig sein, sobald dadurch die Kommunikation und der Diskurs zwischen BürgerInnen, PlanerInnen usw. eingeschränkt werden. Bourdakis behauptet daher, dass immersive VR nicht praktikabel für Planungskommissionen ist, da vor allem die nonverbale Kommunikation stark eingeschränkt wird. Als Kompromiss nennt er als Beispiel Powerwalls, welche mehreren NutzerInnen gleichzeitig das Betrachten eines Entwurfes ermöglichen ohne die sonstige Kommunikation einzuschränken. (Bourdakis, k.A., Web) Auch Johnson et al. haben festgestellt, dass sich die bisherigen praktischen Anwendungen von VR in der Planung scheinbar auf virtuelle Rundgänge und das Evaluieren von Entwürfen beschränken, wodurch das Potential der Technologie nicht ausgeschöpft wird. (Johnson et al., 2010, S. 605)

Betrachtet man die drei Intensitätsstufen der Partizipation, bietet sich Virtual Reality als immersive Darstellung eines Entwurfes für die Ebenen Information, sowie Konsultation an. BürgerInnen können durch das Betrachten des Modells Information über die Planung einholen bzw. diese besser nachvollziehen und nach Möglichkeit direkt Stellung nehmen. Problematisch ist jedoch die partizipative Anwendung von VR im Bereich der Kooperation. Virtual Reality eignet sich zum immersiven Darstellen von Plänen und Entwürfen. Wenn allerdings noch keine konkreten 3D Modelle bestehen, ist der Einsatz – zumindest mit dem jetzigen Stand der Technologie – noch eingeschränkt. In der Virtual Reality haben NutzerInnen zwar die Möglichkeit, Dinge zu zeichnen und Objekte zu modellieren oder zu verändern; allerdings gibt es noch keine Tools, welche dies in einer gemeinsamen Nutzung im Rahmen eines Partizipationsprozesses ermöglichen. Als eingeschränkte Variante könnte eine Sandbox im virtuellen Planungsraum erstellt werden, in der NutzerInnen Gebäude oder Objekte wie Parkbänke und Bäume an gewünschte Stellen verschieben können. Für ein solches Setting würden

sich vermutlich Collaborative Virtual Environments anbieten, da Beteiligte so in einem gemeinsamen Kontext Ideen entwickeln und ausprobieren können.

Ein wesentlicher Grundsatz der Beteiligung, welcher auch im Praxisbuch Partizipation festgehalten ist, besagt, dass interessierten Personen aller betroffenen Gruppen die Teilnahme ermöglicht werden soll. (Praxisbuch Partizipation, 2012, S. 36) Levy sieht bei der Verwendung von virtuellen Modellen eine mögliche Generations-Barriere für ältere bzw. nicht an digitaler Technologie interessierte Menschen. Gleichzeitig hebt er allerdings die Chancen dieser Technologien heraus, welche sich durch die künftig stärkere Einbindung der VideospieleInnen-Generationen in Partizipationsprozesse ergeben. (Levy, 2011, S. 5) Dem Nachteil, dass ältere BürgerInnen mit Virtual Reality Ansätzen in der Partizipation möglicherweise nicht so umfangreich angesprochen werden können, steht der Vorteil gegenüber, dass gerade Jugendliche, welche oft schwer erreichbar sind, umso mehr Interesse für diese Technologie zeigen.

3.5. Fazit, Hypothesen und explorative Fragestellungen

In der Theorie bietet Virtual Reality verschiedene Vorteile für die Kommunikation von Planvorstellungen, verglichen mit klassischen Visualisierungsmethoden der Raumplanung. Mit einer simulierten Realität können Entwürfe intuitiv und immersiv von allen AkteurInnen wahrgenommen werden. Daher bietet sich Virtual Reality nicht nur für die Anwendung zwischen ExpertInnen an, sondern kann vor allem bei der Einbeziehung von BürgerInnen in Partizipationsprozessen effektiv genutzt werden.

Der Überblick über verschiedene planungsbezogene Anwendungen in der Praxis scheint dies zu bestätigen. Obwohl unterschiedliche Technologien – unter anderem Augmented Reality – eingesetzt wurden, schlussfolgern die AutorInnen, dass moderne und immersive Formen der Visualisierung vorteilhaft für die Kommunikation von Planvorhaben sind. In vielen Fällen wird jedoch auch festgestellt, dass die Erstellung von VR Modellen mit Mehraufwand verbunden ist und teilweise sogar eigene Software entwickelt wurde bzw. spezielle und kostenaufwendige Hardware zur Darstellung benötigt wurde. Daher stellt sich vor allem die Frage, wann welche Form der Virtual Reality am effizientesten und erfolgreichsten eingesetzt werden kann.

Von einem technischen Standpunkt aus kann hier grob zwischen Virtual Reality und Augmented Reality unterschieden werden. Höhl et al. machen die Verwendung der jeweiligen Methode von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Auswahl sollte sich nach den spezifischen Eigenschaften und Anforderungen des Inhalts ausrichten, der visualisiert und kommuniziert werden soll. Dabei kann Augmented Reality eingesetzt werden, falls kein hoher Detaillierungsgrad benötigt wird, sondern die Einbettung in die reale Welt vorteilhaft ist. Im Gegenzug dazu kann mit Virtual Reality auf einem höheren Detaillierungsgrad gearbeitet werden, was bei genauen Visualisierungen von Plänen eventuell notwendig ist. (Höhl et al., 2015, S.27 f.) In Bezug auf Augmented Reality beschreiben Broschart et al. diese Technik als vergleichsweise unkomplizierte Variante, welche auf den meisten modernen Smartphones und Tablets funktioniert. Sobald die Grenzen von AR-Darstellungen überschritten werden, rät auch er zum Einsatz von Virtual Reality. (Broschart et al., 2014, S. 7) Wie Boulos et al. darstellen, gibt es je nach Art des Projekts auch bei VR die Möglichkeit, verschiedene Detaillierungsgrade umzusetzen. (Boulos et al., 2017, S. 4) Vor allem Programme wie zum Beispiel die ESRI City Engine bieten den Vorteil, dass vorhandene GIS Datensätze schnell angepasst und relativ unkompliziert in VR dargestellt werden können. Dank der Einbindung in Spiele Engines wie die Unity oder Unreal Engine können diese Datensätze als Grundlage für das Modell hergenommen werden und dann auf die gewünschte Genauigkeit hin angepasst werden. Auch Stauskis hebt die Bedeutung von modernen Spiele-Engines als Tools für das Modellieren und Simulieren von urbanen Räumen hervor. (Stauskis, 2014, S. 7) Mit der stetigen Weiterentwicklung von bestehenden Anwendungen und möglicherweise innovativen neuen Tools wird es künftig vermutlich immer leichter Virtual Reality für die Raumplanung umzusetzen.

Die Frage nach der jeweiligen Darstellungsform hängt stark von der aktuell vorhandenen Technologie ab. Vor 2010 wurden mehrheitlich CAVEs oder Powerwalls zur immersiven Visualisierung verwendet. Allerdings stellt sich hier die Frage, ob solche Systeme bei Vorhandensein von modernen VR-Geräten wie HMDs noch notwendig und zweckmäßig sind. Wie bereits im Kapitel 2.3.1. *Virtual Reality Geräte* beschrieben, ist bereits für weniger als 1000 € ein komplettes VR-System bestehend aus HMD, Tracking und Controllern erhältlich. Allerdings kommt es auch hier auf den speziellen Einsatz der Technologie an. Sofern eine CAVE oder ein Powerwall zur

Verfügung stehen, bieten sich auch diese Systeme für Anwendungen an, welche möglicherweise mit einem HMD nicht erfüllt werden können. Hier bezieht sich der Vorteil vor allem auf die Möglichkeit, dass mehrere NutzerInnen gleichzeitig die Simulation betrachten können, wobei sich auch hier Einschränkungen aufgrund des Trackings und der Blickwinkel ergeben.

Betrachtet man die möglichen VR-Anwendungsfelder von einem partizipativen Standpunkt aus wird schnell ersichtlich, dass sich Virtual Reality für zwei Intensitätsstufen der Partizipation – Information und Konsultation – eignet. Hier bietet sich der Einsatz beim Vorstellen von Entwürfen und in weiterer Folge zur Auswahl zwischen verschiedenen Varianten an. Ähnlich dem beschriebenen Einsatz bei dem Architekturwettbewerb zur Stadtbibliothek in Göteborg (vgl. Sunesson et al., 2008) können dadurch alle Beteiligten einen realitätsnahen Einblick in die Planung erlangen. Dadurch ergibt sich eine qualitativ bessere Diskussions- und Entscheidungsgrundlage für Partizipationsprozesse. Aufgrund der aktuell interessanten Technologie kann VR daher auch als Marketing-Instrument eingesetzt werden, um vor allem jüngere Menschen für das Projekt und den partizipativen Prozess zu interessieren. Der Einsatz von Virtual Reality auf der höchsten Intensitätsstufe der Partizipation – der Kooperation – gestaltet sich schwieriger und ist in der Literatur bisher auch wenig erforscht. Hier kann die künftige Entwicklung von geeigneten Tools und Technologien im Bereich der VR möglicherweise gute Ansätze liefern.

Ausgehend von der Literatur und den Anwendungsbeispielen kann geschlussfolgert werden, dass Virtual Reality eine leicht verständliche Visualisierungsmethode für die Kommunikation von Planungsvorhaben ist. Im Vergleich zu klassischen Methoden bietet VR verschiedene Vorteile, welche laut Stauskis allerdings nur bei richtiger Anwendung Nutzen bringen; Virtual Reality kann daher kein Ersatz für die direkte und persönliche Kommunikation mit BürgerInnen sein, sondern sollte als unterstützendes Element in Planungsprozessen gesehen werden. (Stauskis, 2014, S. 12) Auch Höhl bekräftigt diese Ansicht und fügt hinzu, dass der Austausch vonnöten ist, um aus einer Visualisierung einen Kommunikationsvorgang entstehen zu lassen. „Oder kurz: Das Online funktioniert nicht ohne das Offline!“ (Höhl et al., 2015, S. 28) Broschart sieht die Voraussetzungen für erfolgreiche Kommunikation dann gewährleistet; „[...] wenn

die Elemente Visualisierung, Interaktionsmöglichkeit, zusätzlicher Kommentar durch den Sender sowie einer Rückmeldefunktion für den Empfänger gleichermaßen beachtet und eingesetzt werden.“ (Broschart et al. 2014, S. 9) Hier bieten Collaborative Environments möglicherweise einen guten Kompromiss aus leicht verständlicher Darstellungsweise und gemeinsamer Kommunikationsumgebung für partizipative Prozesse. Für diesen Einsatz müssen allerdings noch geeignete Methoden erforscht und erprobt werden. Der wichtigste Faktor für einen effektiven Einsatz von Virtual Reality und anderen Visualisierungsmethoden bleibt weiterhin, dass der zugrundeliegende Partizipationsprozess ordentlich gestaltet ist.

Bisher haben sich verschiedene offene Fragestellungen hervorgetan, die anhand der Literatur und der bisherigen Forschung nicht zufriedenstellend geklärt werden konnten. Wie bereits im Kapitel 3.4. *Kritik* angemerkt, fehlt es beispielsweise an empirischer Forschung über den Nutzen von Virtual Reality im Vergleich zu klassischen Methoden der Visualisierung. Ebenfalls unklar ist, wie viel Aufwand das Umsetzen einer VR-Darstellung mit aktuellen Geräten und Methoden benötigt und wie detailliert eine solche Darstellung ausfallen soll. Diese Punkte, sowie weitere Fragestellungen sollen im Folgenden mit der Durchführung eines VR-Projektes sowie einer anschließenden empirischen Untersuchung in einem partizipativen Rahmen untersucht werden. Zur Abgrenzung von verschiedenen weiteren Fragestellungen von der Kernfrage dieser Diplomarbeit werden im Folgenden eine Haupthypothese, sowie zwei Unterhypothesen formuliert. Im Zuge der empirischen Arbeit werden diese Hypothesen getestet und weitere hier diskutierte Fragestellungen explorativ analysiert.

Haupthypothese: Virtual Reality kann BetrachterInnen ein besseres Verständnis der Planung geben, verglichen mit 2D Plänen und 3D Renderings.

Unterhypothese 1: Personen geben an eher an Partizipationsprozessen teilnehmen zu wollen, sofern interaktive und dynamische Visualisierungstechniken (unter anderem Virtual Reality) zur Visualisierung der Planungen verwendet werden.

Unterhypothese 2: Kommunikation spielt sowohl bei klassischen Visualisierungsmethoden als auch bei VR eine wichtige Rolle zum besseren Verständnis der Planung.

Explorative Fragestellungen

- Kapseln sich NutzerInnen eines VR-HMDs von anderen TeilnehmerInnen ab, was den Diskussionsprozess in einem partizipativen Setting beeinträchtigen könnte?
- Fehlen BetrachterInnen in Plandarstellungen und Fotomontagen wichtige Details für ein gutes Verständnis der Planung?
- Müssen VR Darstellungen hochdetailliert und möglichst realitätsgetreu sein, um BetrachterInnen ein besseres Verständnis der Planung zu verschaffen?
- Helfen Plandarstellungen des Projektgebiets die Orientierung in der Virtual Reality zu unterstützen?

4. Virtual Reality Projekt

4.1. Zielsetzung des Projekts

In der bisherigen Arbeit wurde der Nutzen von Virtual Reality als Darstellungsmethode für die Raumplanung in der Theorie und Praxis festgestellt. Vor allem aus der Kritik sind jedoch auch klärungsbedürftige Punkte vorhergegangen, welche wichtige Fragestellungen für die Anwendung in der Raumplanung aufwerfen. Mit der Durchführung eines VR-Projekts soll die Anwendung in der Planungspraxis vor allem auf diese offenen Faktoren hin überprüft werden. Neben dem empirischen Vergleich zwischen klassischen Darstellungsmethoden und Virtual Reality wird ebenfalls der entstandene Aufwand im Zuge der Erstellung und Visualisierung der VR-Umgebung beschrieben sowie der notwendige Grad der Detaillierung untersucht.

Im Kapitel *4.3. Verwendete Soft- und Hardware* wird, neben Programmen zur Erstellung von 3D Objekten und Texturen, vor allem die verwendete VR-Technologie beschrieben. Damit die Virtual Reality Anwendung klar abgegrenzt werden kann, werden hier das verwendete VR-Ausgabegerät sowie die Wahl der VR fähigen Spiele-Engine erläutert.

Die Erstellung der VR-Welt sowie der dafür aufgewendete Arbeits- und Zeitaufwand werden in Kapitel *4.4. Neugestaltung Schwedenplatz* detailliert mit Screenshots dargestellt.

Um einen Vergleich zwischen klassischen Darstellungsmethoden und Virtual Reality in der Planungspraxis herstellen zu können, wird der Nutzen der VR-Darstellung gegenüber den 2D Plangrundlagen und den 3D Renderings des Projektgebiets im Zuge einer Studie mit Fragebogen erhoben und die Interaktion zwischen den TeilnehmerInnen beobachtet. Eine genauere Beschreibung der Methodik findet sich im Kapitel *4.5. Studiendesign und Auswertung*.

4.2. Auswahl des Projektgebiets

Das zu visualisierende Projektgebiet wurde anhand verschiedener Faktoren ausgewählt:

Planerische Relevanz: Der raum-/stadtplanerische Bezug des Projektgebiets soll sicherstellen, dass ein öffentliches Projekt in der Stadt Wien behandelt wird.

Partizipativer Prozess: Bei aktuellen stadtplanerischen Projekten werden meist bereits verschiedene Formen moderner BürgerInnenbeteiligung angewandt. Sofern das gewählte Projekt ebenfalls in einem partizipativen Prozess eingebettet ist oder war, besteht ein realer Hintergrund für die hier durchgeführte Studie.

Bekanntheit: Sofern das Projektgebiet den StudienteilnehmerInnen bekannt ist und sie im besten Fall persönlichen Bezug dazu haben, können sich die Personen besser in die Diskussions-, und Entscheidungssituation der Studie hineinversetzen.

Aktualität: Dieses Kriterium ist nicht besonders schwerwiegend, allerdings sollte das ausgewählte Planungsprojekt aktuell sein, daher entweder erst vor wenigen Jahren abgeschlossen oder noch in Planung/Umsetzung und noch nicht abgeschlossen sein.

Größe des Projektgebiets: Die Größe des zu erstellenden Projektgebiets ist ein wichtiger Faktor für den Zeitaufwand beim Erstellen des 3D Modells. Aus diesem Grund sollte das gewählte Projekt auf eine abgrenzbare Raumeinheit, wie beispielsweise einen Platz oder einen Park beschränkt sein. Daraus ergibt sich ebenfalls der Vorteil, dass die BetrachterInnen der VR-Simulation keine lange Zeitspanne zum Betrachten des Platzes brauchen, wodurch das Auftreten von Motion Sickness Symptomen verringert werden kann.

Projektunterlagen vorhanden: Damit eine Visualisierung erstellt werden kann, werden zumindest gewisse Projektunterlagen benötigt. Grundsätzlich ist ein 2D Plan ausreichend, allerdings fehlen hier oft bestimmte Details welche durch zusätzliche 3D Renderings ergänzt werden können. Im besten Fall stehen entweder bereits 3D Modelle der Planungs-/Architekturbüros zur Verfügung, welche in die VR-Darstellung eingefügt werden können. Für diese Forschungsarbeit ist das Vorhandensein von verschiedenen Unterlagen ebenfalls für die durchzuführende empirische Studie von großer Bedeutung, um einen Vergleich zwischen VR-Visualisierung und klassischen Darstellungsmethoden erheben zu können.

4.2.1. Projektinformationen - Neugestaltung Schwedenplatz

Ausgehend von diesen Faktoren wurde als Projekt die **Neugestaltung Schwedenplatz** bzw. genauer definiert der Planungsabschnitt **Morzinplatz**, ausgewählt.

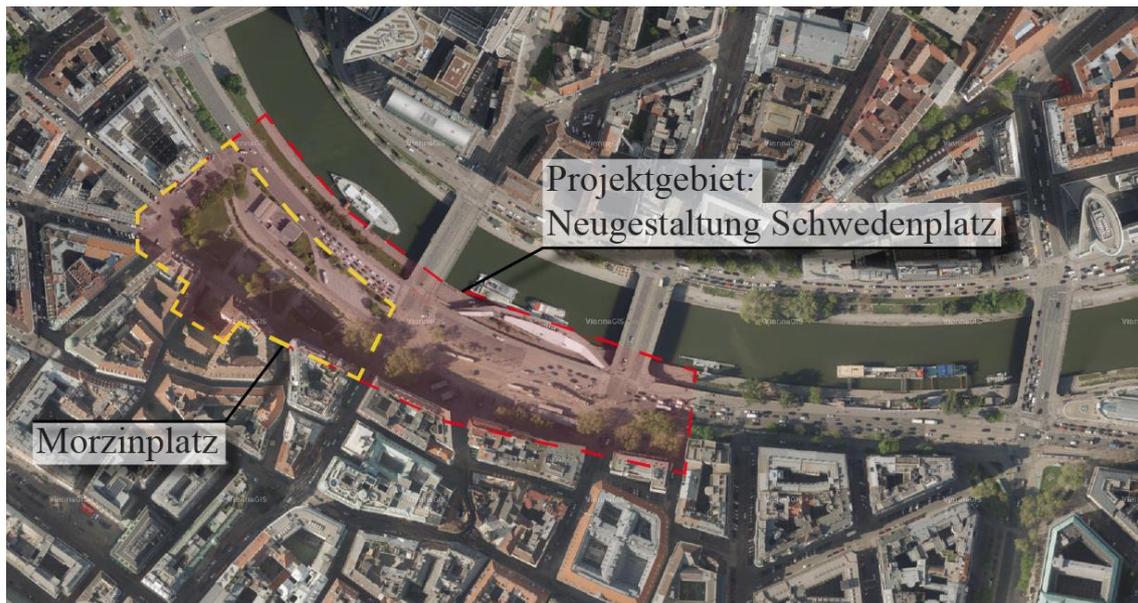


Abbildung 16: Projektgebiet Neugestaltung Schwedenplatz und Morzinplatz (eigene Darstellung, Grundlage: Google Maps)

Im Jahr 2012 wurde der Prozess zur Neugestaltung des Schwedenplatzes von der Stadt Wien gestartet. Im Zuge eines mehrstufigen Beteiligungsprozesses sowie einer sozialräumlichen Untersuchung wurde ein Leitbild erstellt, welches die Ansprüche der BürgerInnen an den zukünftigen Schwedenplatz sammelt. Wichtigste Ergebnisse dieses Prozesses waren „[...] mehr Grün und konsumfreie Flächen, eine bessere Orientierung am Platz sowie eine Verkehrslösung, die den Nutzerinnen und Nutzern gerecht wird.“ (wien.gv.at1, k.A., Web) Ausgehend von diesem Leitbild wurde von ExpertInnen der Masterplan Schwedenplatz erstellt. 2015 wurde durch den Projektträger, die Wiener Magistratsabteilung 19 - Architektur und Stadtgestaltung, ein zweistufiger internationaler Gestaltungswettbewerb für die Neugestaltung ausgeschrieben, von dem sechs Beiträge von einer Jury vorausgewählt wurden. Diese Beiträge wurden anschließend im Internet öffentlich präsentiert. Anmerkungen sowie Kritik von BürgerInnen zu den Beiträgen wurden gesammelt und an die teilnehmenden Büros weitergeleitet. Nach Einarbeitung dieser Kommentare wurde das Siegerprojekt 2016 durch eine Jury ausgewählt. Als Sieger ging das Münchner Büro *realgrün Landschaftsarchitekten GbR* gemeinsam mit dem Wiener Partnerbüro *FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT-GmbH* hervor. Als Baubeginn nennt die Stadt Wien frühestens Ende 2018, während die Fertigstellung der Umgestaltung für spätestens 2020 angesetzt ist.

Wie aus dieser Kurzbeschreibung erkenntlich wird, erfüllt das Projekt Neugestaltung Schwedenplatz die oben genannten Anforderungen für die VR-Visualisierung. Die Größe des Projektgebiets wäre mit der gesamten Neugestaltung jedoch zu umfangreich für die Zwecke dieser Arbeit, weswegen der Teilabschnitt *Neugestaltung Morzinplatz* ausgewählt wurde. Die Projektunterlagen in Form von Plänen, Schnitten und 3D Renderings stehen über die Website der *Kammern der Architekten und Ingenieurkonsulenten* zur Verfügung. (architekturwettbewerb.at, k.A., Web)

4.2.2. Auswahl der Wettbewerbsbeiträge

Damit den TeilnehmerInnen, der hier durchgeführten Studie, eine Vergleichs- und Diskussionsgrundlage zur Verfügung steht, wurden der erste, sowie der zweite Platz, aus den von der Jury prämierten Beiträgen, des Wettbewerbs zur Visualisierung ausgewählt. Im Folgenden werden diese Beiträge kurz vorgestellt, sowie Pläne und ausgewählte 3D Renderings, welche als Grundlage für die Visualisierung und die vergleichende Studie dienen, gezeigt.

realgrün Landschaftsarchitekten, FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH

Das Münchner Büro realgrün Landschaftsarchitekten hat gemeinsam mit dem Wiener Partnerbüro Chiari & Partner ZT GmbH den ersten Rang im Wettbewerb erreicht und das Preisgeld von 12.000€ gewonnen. Zu den wichtigsten Merkmalen des Entwurfs im Bereich Morzinplatz, zählen die beiden großen Grünflächen, welche einen Großteil des Platzes einnehmen. Ein Baumschleier aus Ginkobäumen entlang der Straßenbahngleise soll künftig als Abschirmung des Platzes gegenüber dem vielbefahrenen Franz-Josefs-Kai fungieren.



Abbildung 17: 3D Renderings und Plan des Siegerprojekts (architekturwettbewerb.at, k.A., Web)

Zplus Landschaftsarchitektur

Das Berliner Büro Zplus Landschaftsarchitektur konnte mit seinem Entwurf den 2. Rang belegen und wurde mit einem Preisgeld in der Höhe von 8.000€ belohnt. Verglichen mit dem Gewinner des Wettbewerbs, bietet der Entwurf des Büros Zplus Landschaftsarchitektur ebenfalls viel Grünfläche für den Aufenthalt, allerdings aufgeteilt in mehrere Segmente. Die direkte Ost-West Verbindung welche den Platz durchquert, sticht jedoch als markantestes Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Beiträgen hervor.



Abbildung 18: Plan und 3D Rendering Zplus Landschaftsarchitektur (zplus.eu, k.A., Web)

4.3. Verwendete Soft- und Hardware

Einer der wichtigsten Faktoren bei der Erstellung einer VR-Visualisierung ist vermutlich die Wahl der 3D Software. Wie bereits weiter oben angeführt, eignen sich aktuelle Spiele-Engines aufgrund der bereits vorgefertigten VR-Schnittstelle mit modernen HMDs. Die Entscheidung wurde zwischen drei weit verbreiteten und für VR-Zwecke gut geeigneten Spiele-Engines getroffen: Unity, Unreal, sowie CryEngine. Da der Einstieg und Umgang mit der CryEngine, verglichen mit Unity und Unreal, deutlich komplexer ausfällt, wurde diese Engine frühzeitig als mögliche Wahl ausgeschlossen, da die anderen Engines ähnliche Grafikleistung bieten, aber der Lernprozess deutlich leichter ausfällt. Unity ist eine gute Alternative zur Unreal Engine, vor allem da eine Vielzahl an Tools und Plug-Ins von Hobby Entwicklern frei verfügbar sind, welche gewisse Arbeitsschritte erleichtern können. Die Wahl ist jedoch vor allem deshalb auf die Unreal Engine gefallen, da ich bereits in einem ersten Projekt (VR-)Erfahrung mit der Engine sammeln konnte und somit keine extra Zeit für das Erlernen grundlegender Features benötigt habe. Ein weiterer Vorteil der Unreal Engine ergibt sich durch das *Blueprints Visual Scripting System*. Durch eine visuelle Darstellung von Funktionen und Befehlen können simple bis komplexe Abläufe und Ereignisse ohne Programmierkenntnisse erstellt werden. Auch dieses System benötigt jedoch Einarbeitungszeit. Komplexe Implementationen sollten, wenn möglich, mit der integrierten Programmiersprache C++ umgesetzt werden.

Neben der Unreal Engine als das Grundlegende Plattform für dieses VR-Projekt wurden verschiedene Anwendungen verwendet, mit denen PlanerInnen und ArchitektInnen möglicherweise bereits vertraut sind. 3D Geometrie wie beispielsweise Möblierung wurde in SketchUp modelliert. 3ds Max wurde einerseits zum Erstellen von UV-Maps für die in SketchUp entworfenen 3D Modelle verwendet und andererseits als Schnittstelle für den Export dieser Modelle zur Unreal Engine. Adobe Photoshop wurde zum Erstellen von Texturen für gewisse Modelle verwendet.

Bei der Wahl des VR-Ausgabegeräts ist frühzeitig festgestanden, dass ein modernes VR-HMD verwendet wird. Neben der Verfügbarkeit einer HTC-Vive (sowie einem leistungsstarken Rechner) im SimLab der TU Wien konnte aufgrund eines abgeschlossenen Projekts bereits Erfahrung in der softwaretechnischen Entwicklung

sowie im Umgang mit dieser VR-Brille gesammelt werden. Falls verfügbar wäre auch die Oculus Rift eine denkbare Alternative, allerdings bietet die HTC-Vive mit *Roomscale VR* etwas besseres Tracking. Zum Testen dieses VR-Projekts sowie zur Durchführung der Studie wird daher das HTC-Vive HMD verwendet.

Zur Darstellung für andere TeilnehmerInnen der Studie, welche gerade nicht die VR-Brille tragen, wird der Blickwinkel der VR-BetrachterInnen ebenfalls auf einer Leinwand mit einem Beamer durch Rückprojektion dargestellt.

4.4. Umsetzung der Neugestaltung in Virtual Reality

4.4.1. Vorarbeit

Buziek et al. haben in Bezug auf kartographische dynamische Visualisierungen drei Grundregeln basierend auf den Grundlagen der menschlichen Wahrnehmung aufgestellt. Diese Regeln werden an dieser Stelle angeführt und in Bezug auf die zu erstellende Visualisierung diskutiert. (Buziek et al., 2000, S. 18)

1. Wissen und Erfahrung der Betrachter sind durch eine Zielgruppenanalyse zu ermitteln. Hier sprechen Buziek et al. von einer „wahrnehmungsgerechten kartographischer Gestaltung“ bezogen auf die BetrachterInnen. Durch den Einsatz einer allgemeinverständlichen virtuellen Realität entfallen jedoch die Problematiken, welche bei Verwendung von klassischen, bzw. nicht intuitiven Darstellungsformen auftreten können. Während spezialisierte dynamische Visualisierungen möglicherweise sehr komplex und daher für Laien eventuell schwer verständlich sind, haben VR-Simulationen von Planungen den Vorteil, dass sie realitätsnahe Darstellungen liefern die intuitiv verständlich sein sollen.

2. Die Erwartungshaltung des Betrachters ist zu beachten. Schafft es die Autorin, bzw. der Autor der Darstellungen, die Erwartungen und Vorstellungen die bei den NutzerInnen beim Betrachten entstehen vorher abzuschätzen, kann er die Visualisierung auf diese hin anpassen. Dadurch kann die Wahrnehmungseffizienz bei den BetrachterInnen gesteigert werden. Da sich die hier zu erstellende VR-Darstellung nach den Plänen der WettbewerbsteilnehmerInnen richtet, bleibt möglicherweise wenig Spielraum in Bezug auf andere Vorstellungen der BetrachterInnen. Allerdings erwarten

sich NutzerInnen eventuell bestimmte Funktionen welche sie aus der Realität ableiten. Hier gäbe es verschiedene Möglichkeiten wie zum Beispiel den Platz sowohl bei Tag, als auch bei Nacht zu betrachten, oder verschiedene Wettersituationen erleben zu können. Bei softwaretechnischer Möglichkeit wird die Implementation solcher Systeme angedacht.

3. Der Zeitbedarf der kognitiven Informationsverarbeitung muss berücksichtigt werden. Werden zu viele Inhalte in zu kurzer Zeit übermittelt, könnten BenutzerInnen überfordert werden. Dieser Punkt ist vor allem für Virtual Reality signifikant, da eine Reizüberflutung im schlimmsten Fall sogar zu Motion Sickness führen könnte. Zudem sollte der dargestellte Planungsraum nicht zu groß gehalten werden, damit sich NutzerInnen einfacher orientieren können, bzw. die Möglichkeit haben die Betrachtung in eigens gewähltem Tempo wahrzunehmen.

Neben den theoretischen Überlegungen zur Erstellung des Projekts wurde zusätzlich zu den oben ausschnittsweise gezeigten Unterlagen eine Kartengrundlage des Projektgebiets aus dem Stadtplan Wien (wien.gv.at/stadtplan/), sowie die Gebäudegrundrisse von Open Streetmap, als Datengrundlage für die VR-Darstellung genutzt.

4.4.2. Beschreibung des Erstellungsprozesses

Die Gebäudegrundrisse lassen sich von Open Streetmap relativ einfach mit dem (beschränkt) frei zugänglichen Webtool *cadmapper.com* exportieren.

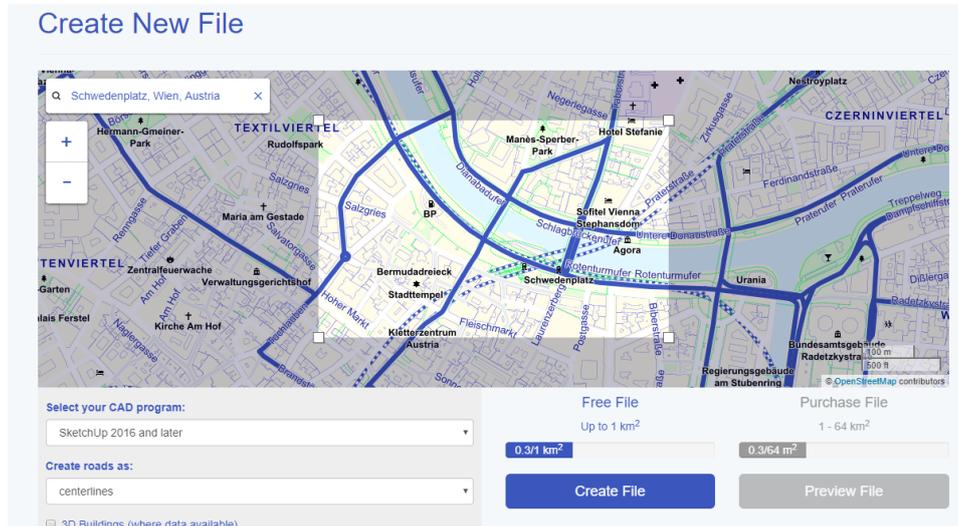


Abbildung 19: Cadmapper Screenshot (eigene Aufnahme)

Da keine Gebäudehöhen für Wien verfügbar waren, wurde die erstellte Datei in SketchUp importiert und Gebäudehöhen mit Hilfe des *Geodatenviewer der Stadtvermessung Wien* (wien.gv.at/ma41/datenviewer/public/) in SketchUp nachträglich eingestellt.

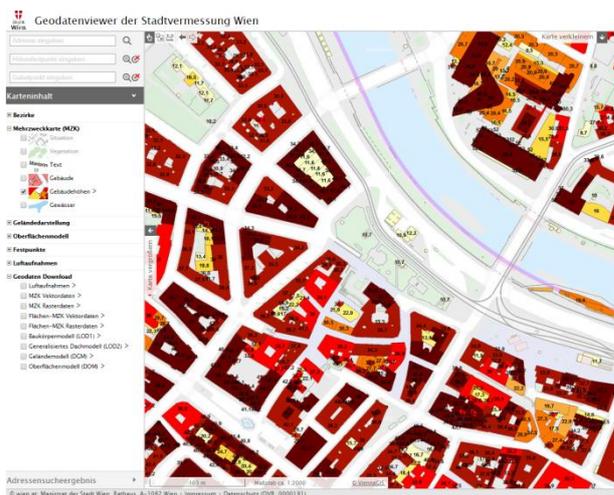


Abbildung 20: Gebäudehöhen im datenviewer der Stadtvermessung Wien (eigene Aufnahme)

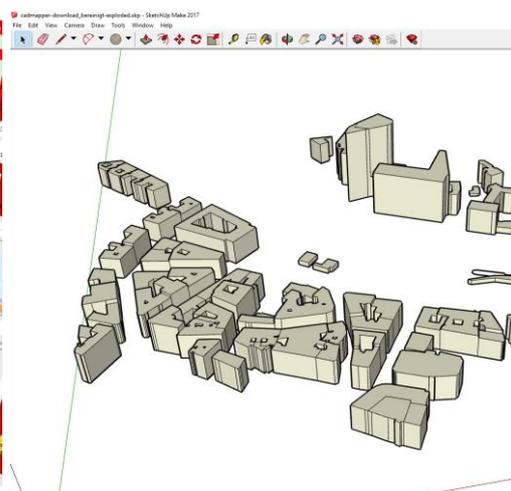


Abbildung 21: Gebäudemodell in SketchUp (eigene Aufnahme)

Anschließend erfolgten die ersten Arbeitsschritte in der Unreal Engine. Als Grundlage für dieses Projekt wurde das vorgefertigte VR-Template genutzt, wodurch bereits die

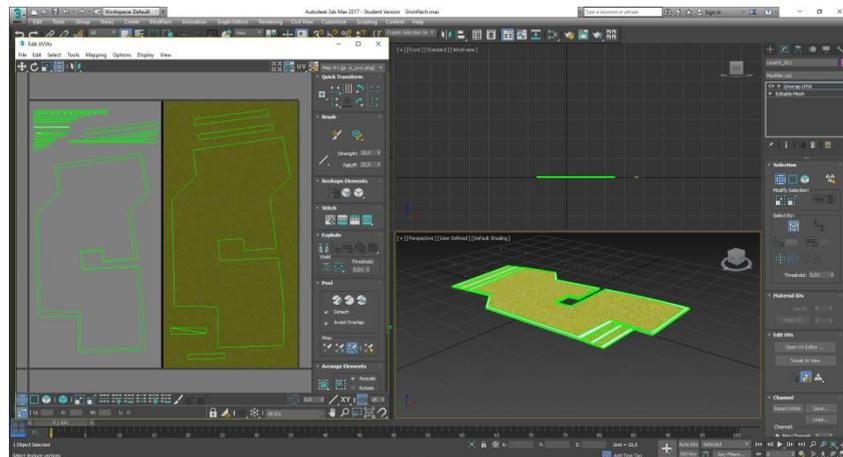
Nachdem die Projektgrundlage geschaffen wurde, konnte mit der Erstellung der beiden Varianten der Neugestaltung begonnen werden. Dazu wurde die Grundlage kopiert und die weitere Arbeit fand in jeweils einer der beiden Varianten statt.

Objekte und Möblierung der Neugestaltungen wurden entweder unter freier Lizenzierung aus dem Internet beschafft, direkt in der Unreal Engine modelliert und texturiert, oder im Fall von komplexeren Objekten in SketchUp entworfen. Beispiel von aus dem Internet verwendeten Modellen sind beispielsweise die Bäume. Diese repräsentieren zwar Lage und Farbe des Baumbestandes der realen Welt, bzw. aus den Unterlagen der Neugestaltungen, allerdings wurden bestimmte Baumarten wie zum Beispiel Ginkgos aufgrund der beschränkten Auswahl an Baum-Modellen durch andere visuell ähnliche Baummodelle substituiert. Für eigens erstellte Modelle musste in 3ds Max eine sogenannte UV-Map erstellt werden, welche in Photoshop mit Texturen versehen wurde. UV-Maps dienen zur simplen zweidimensionalen Zuordnung von Texturen auf dreidimensionale Objekte. Die folgende Grafik veranschaulicht den Prozess der Erstellung eines eigenen Modells zur Nutzung in der VR-Visualisierung. Nicht dargestellt ist das Texturieren der UV-Map in Photoshop. Verwendete Texturen wurden entweder selbst erstellt, oder frei lizenzierte Materialien aus dem Internet heruntergeladen und angepasst.

SketchUp: Modellerstellung



3ds Max: UV-Map hinzufügen



Unreal Engine: fertiges Modell



Abbildung 24: Prozess der Erstellung eines 3D Objektes (eigene Darstellung)

Nachdem Objekte wie Möblierung, verschiedene Bodenbelege und Bäume, eingefügt waren, wurden beide Varianten mit Beleuchtung ausgestattet. Da in den Projektunterlagen keine genaue Definition der Lampen gefunden werden konnte, wurde kurzerhand eine simple Form einer modernen LED-Straßenleuchte erstellt. Die bereits erwähnte visuelle Programmiersprache der Unreal Engine – das Blueprint System – wurde unter anderem zur Implementierung eines Systems zum manuellen Tageszeitenwechsel genutzt. Während sich der standardmäßige Sonnenstand an der realen Position der Sonne am Schwedenplatz in der Mitte des Jahres orientiert, kann per Knopfdruck zusätzlich zwischen abendlichem und morgendlichem Sonnenstand, sowie Nacht gewechselt werden. Der folgende Screenshot zeigt die Verwendung des Blueprint Systems bezogen auf diese Anwendung.

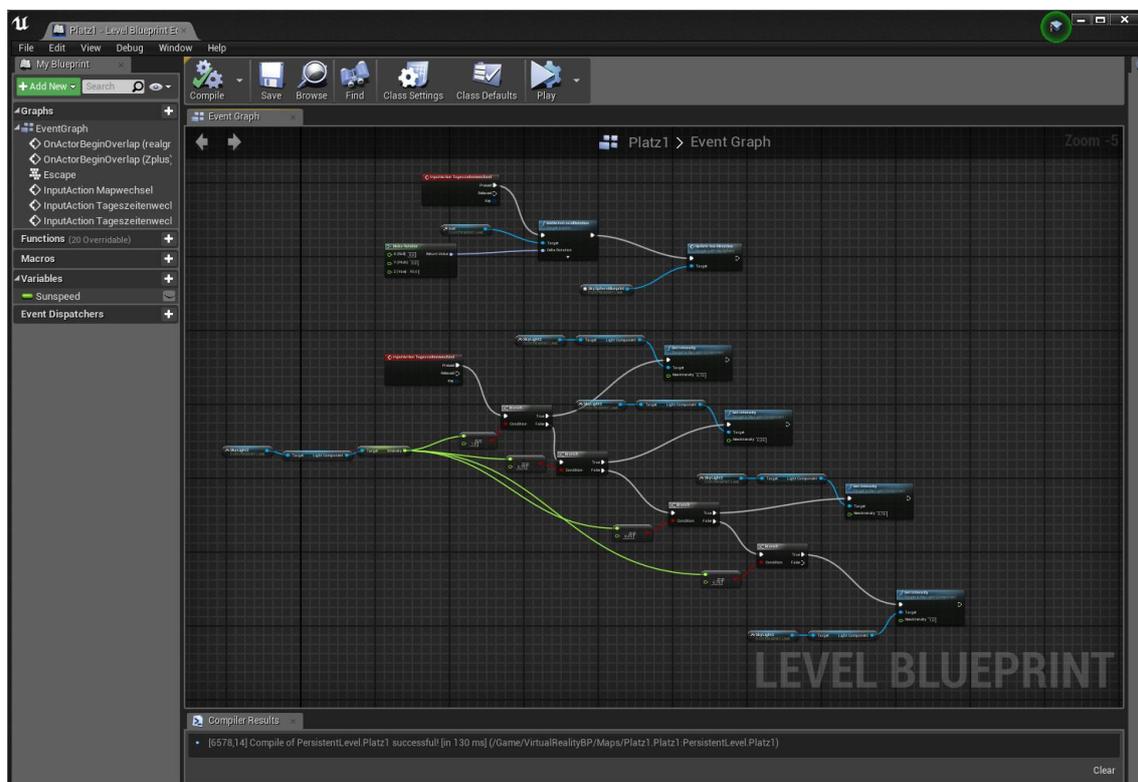


Abbildung 25: Tageszeitenwechselsystem im Blueprint Editor (eigene Aufnahme)

Während die obere Funktion den Stand der Sonne, durch das Rotieren entlang einer Achse verändert, beeinflusst die untere Funktion die Stärke der Umgebungsbeleuchtung, sodass diese an die jeweilige Tageszeit angepasst ist.

4.4.3. Schwedenplatz Neu in Virtual Reality

Das fertige VR-Projekt konnte im SimLab mit der HTC Vive getestet werden. Zur Bedienung wird nur ein Controller benötigt, mit welchem man sich frei im Raum teleportieren kann, den Tageszeitenwechsel steuern kann, sowie auf Knopfdruck eine direkte Möglichkeit zur anderen Variante der Neugestaltung zu wechseln. Das Foto zeigt eine Betrachterin der Simulation mit HTC-Vive und Controller. Auf der Leinwand wird der Blickwinkel der VR Nutzerin ebenfalls für andere BetrachterInnen im Raum dargestellt.



Abbildung 26: VR Setup (eigene Aufnahme)

Für Leser welche die VR-Visualisierung nicht betrachten können, werden zum besseren Verständnis auf den folgenden Seiten Screenshots der Visualisierungen beider Varianten mit unterschiedlichen Tageszeiten gezeigt.

realgrün Landschaftsarchitekten

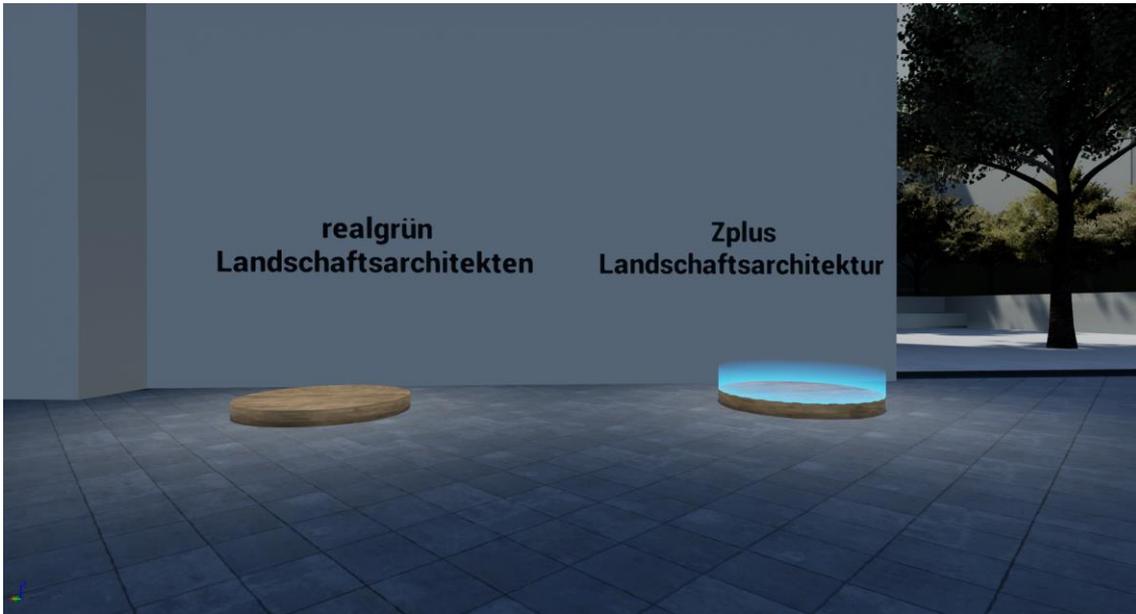


Abbildung 27: realgrün Landschaftsarchitekten: Wechsel zwischen den beiden Varianten der Neugestaltung. Teleportiert, oder bewegt sich der Betrachter, bzw. die Betrachterin, in das blau leuchtende Feld wird die jeweilige Variante innerhalb von einer Sekunde geladen. (eigene Aufnahme)



Abbildung 28: realgrün Landschaftsarchitekten: Blick auf die große Grünfläche (eigene Aufnahme)

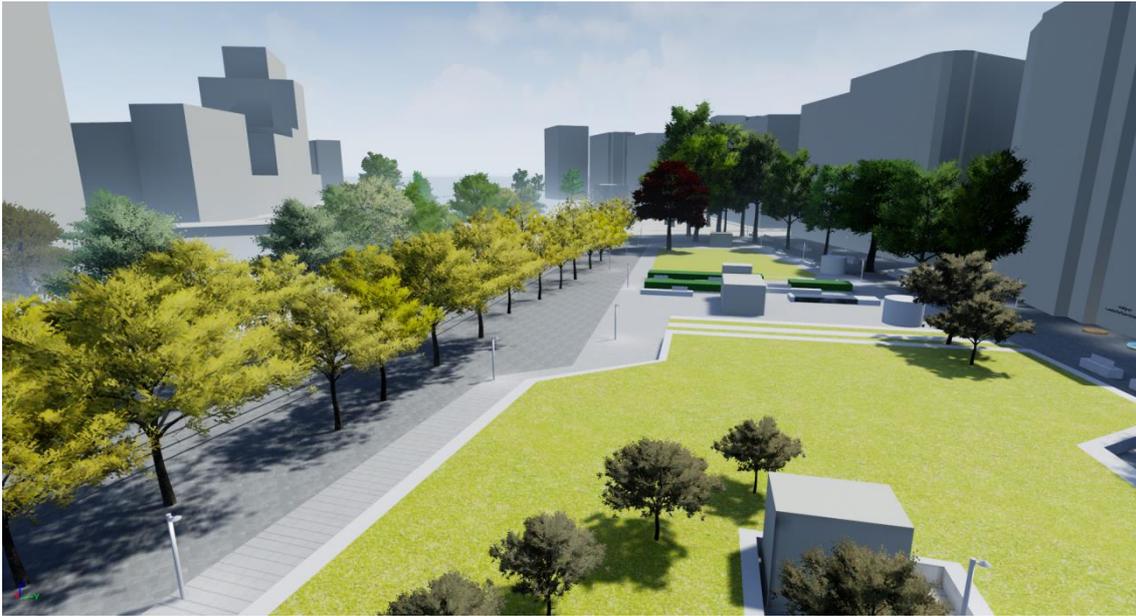


Abbildung 29: realgrün Landschaftsarchitekten: Blick Richtung Rotenturmstraße. Links im Bild ist der Ginkgo-Baumschleier erkenntlich. (eigene Aufnahme)



Abbildung 30: realgrün Landschaftsarchitekten: Gedenkstätte für die Opfer der Gestapo (eigene Aufnahme)



Abbildung 31: realgrün Landschaftsarchitekten: Ansicht von der Mitte des Platzes bei Nacht (eigene Aufnahme)



Abbildung 32: realgrün Landschaftsarchitekten: Morgendliche Stimmung (eigene Aufnahme)

Zplus Landschaftsarchitektur



Abbildung 33: Zplus Landschaftsarchitektur: Blick auf die Mitte des Platzes Richtung Rotenturmstraße
(eigene Aufnahme)



Abbildung 34: Zplus Landschaftsarchitektur: Blick auf den Stiegenaufgang zur Ruprechtskirche (eigene Aufnahme)

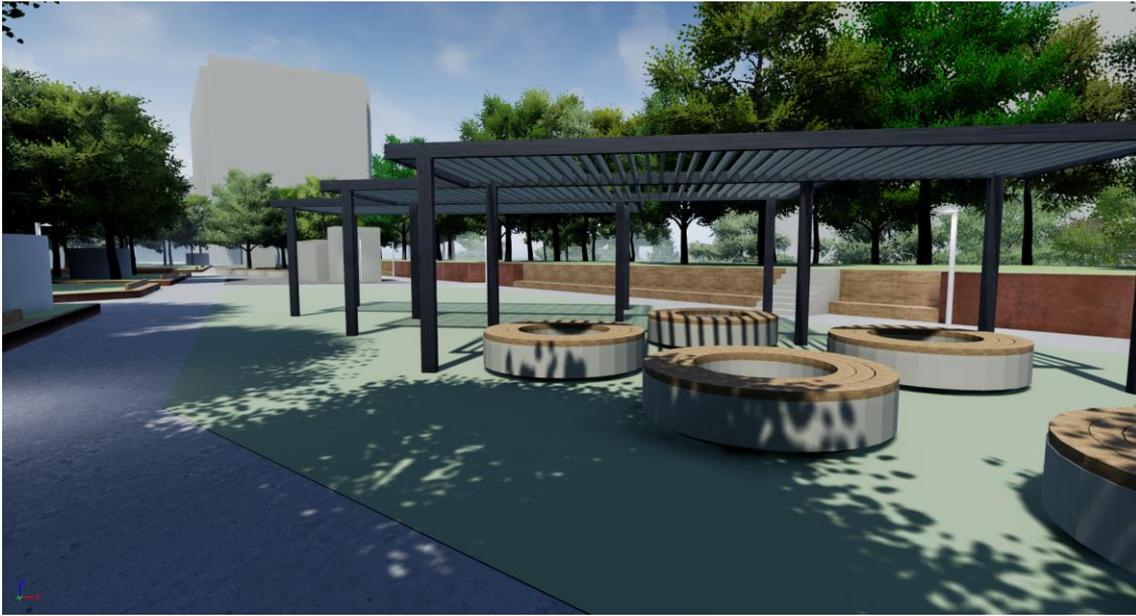


Abbildung 35: Zplus Landschaftsarchitektur: Schattendächer und Sitzgelegenheiten (eigene Aufnahme)



Abbildung 36: Zplus Landschaftsarchitektur: Nächtliche Sicht entlang der Ost-West Verbindungsachse (eigene Aufnahme)

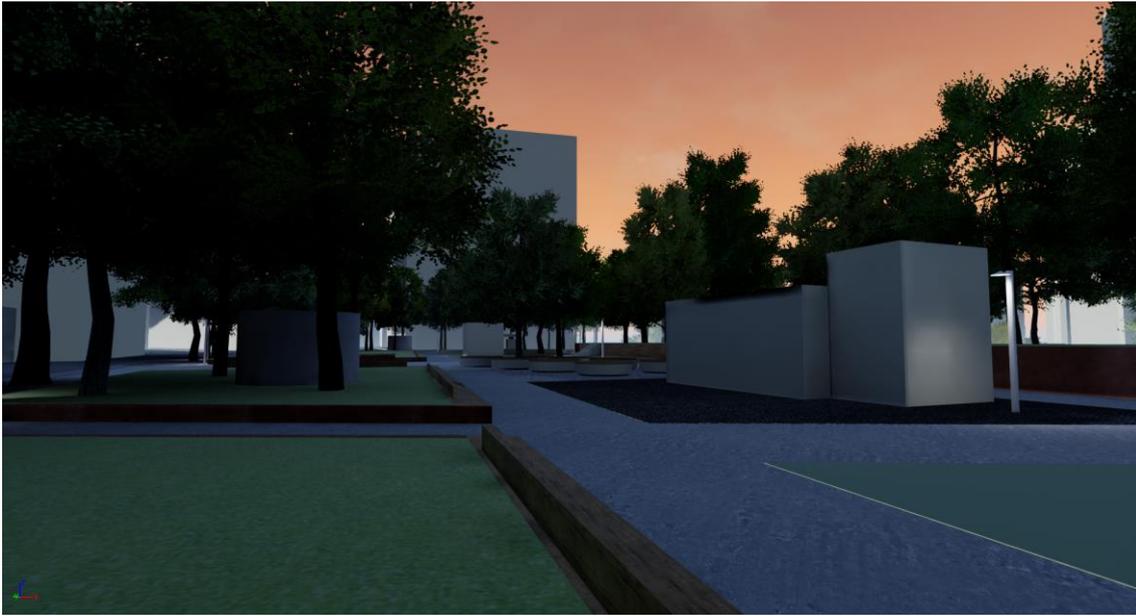


Abbildung 37: Zplus Landschaftsarchitektur: Lichtverhältnisse zur abendlichen Tageszeit (eigene Aufnahme)

4.4.4. Zeitlicher Aufwand und Problemfelder

Der zeitliche Aufwand beim Erstellen von 3D Modellen, bzw. VR-Simulationen kann je nach bestimmten Faktoren stark variieren. Diese Faktoren können beispielsweise die Größe des Projektgebiets sein, die Anzahl der verschiedenen Varianten, das Maß an Genauigkeit das umgesetzt werden soll, das Vorhandensein von 3D Objekten (Bäume, Möblierung, etc.), die Implementation von verschiedenen Funktionen (bspw. Tageszeitenwechsel), oder das Einfügen von animierten Menschen oder Fahrzeugen. Daher kann eine Aussage bezüglich dem zeitlichen Aufwand nur für dieses Projekt speziell getroffen werden, allerdings kann der Wert als ungefährender Richtwert für ähnliche Darstellungen gesehen werden. Ebenfalls wichtig für die Interpretation des Wertes, ist der Kenntnisstand im Umgang mit der Unreal Engine. Ich habe vor diesem Projekt bereits eine VR-Visualisierung erstellt und habe davor selbst den Umgang mit der Unreal Engine mit Online Tutorials erlernt. Jedoch bin ich bei der Erstellung immer wieder auf Probleme gestoßen, welche teilweise erst durch zeitlich aufwendige Recherche und ausprobieren behoben werden konnten und das Projekt daher verzögert haben. Mein Kenntnisstand könnte daher mit PlanerInnen oder ArchitektInnen verglichen werden, welche den Umgang mit der Unreal Engine selbst, oder in einem Kurs erlernt haben und bereits ein erstes Testprojekt in VR umgesetzt haben.

Gesamt wurden für das Erstellen des Projekts 21 Arbeitstage benötigt, wobei an jedem Tag durchschnittlich fünf bis sechs Stunden an der Visualisierung gearbeitet wurden. Damit ergibt sich eine Gesamtarbeitszeit von etwa 105-126 Stunden.

In dieser Arbeitszeit sind jedoch verschiedene Verzögerungen in Form von aufgetretenen Problemen enthalten. So hat sich im Verlauf der Erstellung beispielsweise unwissentlich die gesamte Skalierung geändert, wodurch das Projekt später wieder herunterskaliert werden musste was für viele Objekte eine neue Platzierung bedeutete. Ein anderes aufgetretenes Problem war die fehlerhafte Beleuchtung von eigens erstellten 3D Modellen. Dieses Problem konnte erst nach Online Recherche und mehrmaligem Export und Import der Modelle mit verschiedenen Einstellungen gelöst werden. Da das Testen der Virtual Reality nur am SimLab in der Universität möglich war, konnten grobe Fehler die allerdings leicht zu beheben waren erst dort festgestellt werden. Für einen besseren Eindruck beim Erstellen einer VR-Visualisierung und zum direkten Testen wird daher auf jeden Fall empfohlen zumindest das HMD und einen Controller vorhanden zu haben. Würde ich ein ähnliches Projekt zum jetzigen Zeitpunkt durchführen, könnte vermutlich bis zu einem Drittel der benötigten Zeit eingespart werden. Die benötigte Zeit kann ebenfalls verringert werden, falls 3D Modelle wie zum Beispiel spezifische Möblierung bereits von der Erstellung von Fotomontagen oder ähnlichen Darstellungen vorhanden sind.

Da Virtual Reality, wie bereits im Kapitel 2.3.1. *Virtual Reality Geräte* angemerkt, auf höhere Rechenleistung bei PC-Systemen als normale 3D Grafik angewiesen ist, spielt die Optimierung der VR Simulation eine wichtige Rolle für eine flüssige und angenehme Betrachtung mit einem HMD. Da die Unreal Engine als Spiele-Engine auf diesen Einsatzzweck bereits ausgelegt ist, war keine besondere Optimierungsarbeit notwendig. Bei der Auswahl der 3D Objekte wurde beispielsweise auf eine niedrige Polygonzahl geachtet um die Berechnung für den Computer einfacher zu gestalten. Die verwendeten Bäume besitzen unterschiedliche Detaillevel (Level Of Details/LODs), wodurch je nach Entfernung der BetrachterInnen von den Bäumen eine grafisch aufwendigere, oder simplere Version gezeigt wird.

4.5. Fazit

Die Umsetzung der Neugestaltung des Schwedenplatzes in Virtual Reality konnte erfolgreich durchgeführt werden. Das Projekt Schwedenplatz Neu hat sich aufgrund seiner Größe und Lage gut für die Darstellung in Virtual Reality geeignet. Durch die Verwendung der Unreal Engine war mir der grobe Ablauf des Erstellens klar, wodurch sich die Gesamtarbeitszeit für dieses Projekt auf eine akzeptable Länge beschränkt hat. Mit zunehmender Praxiserfahrung und infolge dessen Vermeidung von bestimmten Fehlern wäre es vermutlich möglich, die benötigte Arbeitszeit für dieses Projekt um mindestens ein Drittel zu kürzen. Falls ein eigener Unreal Entwickler mit Programmiererfahrung das Projekt umsetzt, lässt sich nicht nur die Arbeitszeit deutlich kürzen, sondern auch grafisch eindrucksvollere virtuelle Umgebungen erstellen.

Das Testen der Simulation verlief erfolgreich und es konnte ein durchgehend flüssiges Erlebnis bei gleichzeitiger Verwendung von HMD und Rückprojektionsbeamer festgestellt werden. Speziell eingefügte Funktionen wie beispielsweise der Tageszeitenwechsel konnten ebenfalls erfolgreich in VR getestet werden.

Das erstellte VR Projekt eignet sich daher als Grundlage für die empirische Forschung dieser Diplomarbeit, bezüglich des Nutzens von Virtual Reality für die Raumplanung.

5. Empirische Untersuchung

Um einen Vergleich zwischen klassischen Darstellungsmethoden und Virtual Reality herstellen zu können, das erstellte VR-Projekt zu evaluieren sowie die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, wurde eine empirische Studie konzipiert. Die TeilnehmerInnen der Studie haben in Kleingruppen entweder Plandarstellungen und Fotomontagen (Plan-Gruppe), oder die VR-Version (VR-Gruppe) der Neugestaltung des Schwedenplatzes betrachtet und diskutiert. Mithilfe eines Fragebogens wurden direkt im Anschluss relevante Daten für die folgende Auswertung erhoben.

5.1. Studiendesign

Das Hauptziel dieser Studie ist die Beantwortung der Frage, ob Virtual Reality in der Raumplanung einen Vorteil gegenüber klassischen Darstellungsmethoden bietet. Um die thematisch davon abgeleitete Haupthypothese zu testen, wurden für den Fragebogen entsprechende Kernfragen formuliert. Zusätzlich wurden weitere Fragen erstellt, um die beiden Unterhypothesen zu testen und weitere explorative Fragestellungen zu untersuchen. Außerdem wurden grundlegende demografische Merkmale wie Geschlecht, Alter und Bildungsstand abgefragt.

Gesamt wurden 40 Personen für die Teilnahme an der Studie benötigt, wobei jeweils 20 Personen entweder die Virtual Reality Darstellung (VR-Gruppe) oder die bereits vorgestellten Unterlagen (Plan-Gruppe) der beiden ausgewählten Neugestaltungen betrachteten und danach darüber diskutierten. Diese beiden Gruppen wurden noch einmal in vier Gruppen zu je fünf Personen aufgeteilt um einen übersichtlichen Rahmen für die Diskussion zu bieten. Bei der Auswahl der TeilnehmerInnen wurde auf einen ausgeglichenen Anteil zwischen Männern und Frauen geachtet.

Vorab ausgewählt wurden lediglich die Personen für die VR Gruppe, da diese zu einem fixen Zeitpunkt vor Ort sein mussten. Die VR-Darstellung wurde aufgrund des Vorhandenseins der benötigten Hardware im SimLab am Institut für Raumplanung der TU Wien, vorgeführt. Während eine Person die Visualisierung durch die Brille betrachtete, saßen die anderen TeilnehmerInnen dahinter und konnten auf einer Leinwand denselben Blickwinkel der Person in der VR-Simulation sehen. Die TeilnehmerInnen wurden hierbei nach etwa 5-10 Minuten Betrachtungszeit vom

Studienleiter aufgefordert, die VR-Brille an den/die nächste TeilnehmerIn weiterzugeben, sodass jeder/jede TeilnehmerIn an die Reihe kam. Eine Gruppe hatte somit etwa 30 Minuten Zeit die Simulation zu betrachten und darüber zu diskutieren.

Die TeilnehmerInnen der Plangruppe wurden – im Gegensatz zur VR-Gruppe – in öffentlichen Räumen aufgesucht, vom Studienleiter angesprochen und zur Teilnahme gebeten. Dabei wurden entweder direkt Gruppen zu fünf Personen oder zwei kleinere Gruppen angesprochen und zusammengeführt. Die Studie wurde anschließend direkt am Aufenthaltsort der Personengruppen durchgeführt. Das bedeutet, die TeilnehmerInnen betrachteten die Pläne an ihrem Aufenthaltsort.

Bevor den Kleingruppen die VR-Visualisierung bzw. die Pläne gezeigt wurden, erhielten die TeilnehmerInnen allgemeine Informationen zum Projekt „Neugestaltung des Schwedenplatzes“ sowie eine Übersicht über den bisherigen Ablauf, den geplanten Baubeginn und die voraussichtliche Fertigstellung des Projekts. Der bereits oben dargestellte Übersichtsplan vom Schwedenplatz, der auch die Lage des Morzinplatz anzeigt, wurde ebenfalls zur Ansicht vorgelegt. Die TeilnehmerInnen wurden anschließend in ein Rollenspiel eingeführt. Als Rahmen wurde ein fiktives Event der Stadt Wien genannt, welches BürgerInnen hinsichtlich der beiden zur Auswahl stehenden Varianten zur Betrachtung der Unterlagen und Diskussion einlädt. Bei diesem partizipativen Event werden den BürgerInnen entweder Virtual Reality Darstellungen oder die Fotomontagen und Plandarstellungen der beiden Varianten der Neugestaltung zur Diskussion in der Gruppe gezeigt. Die TeilnehmerInnen sollen dabei für das Betrachten und die Diskussion ausreichend Zeit zur Verfügung haben. Anschließend wird die VR Darstellung geschlossen, bzw. die Unterlagen verdeckt und jede Person erhält einen Fragebogen zur alleinigen Beantwortung. Um eine eventuelle Beeinflussung zu verhindern, wurden vorab nur grobe Informationen zum eigentlichen Sinn der Studie und der Diplomarbeit gegeben, der wahre Hintergrund aber wurde erst nach Ausfüllen des Fragebogens genannt.

5.2. Beschreibung der Stichprobe

Gesamt haben an der Studie 40 Personen teilgenommen. Darunter 21 Männer und 19 Frauen, wodurch ein annähernd ausgewogenes Geschlechterverhältnis erreicht wurde.

Bei der Altersverteilung macht sich der hohe Grad an Studenten bemerkbar, welche an der Studie teilgenommen haben. Die Gruppe der 18 bis 29 Jährigen dominiert mit 33 Personen in dieser Studie. Zwei Personen befinden sich in der Altersgruppe 45 bis 60 Jahren, während fünf Teilnehmer unter 18 Jahren alt sind.

Auf die Frage nach der höchsten abgeschlossenen Ausbildung haben 20 Personen angegeben eine Universität oder Fachhochschule absolviert zu haben. 15 Personen haben Matura bzw. Abitur genannt und fünf TeilnehmerInnen der Studie haben einen Pflichtschulabschluss als höchste abgeschlossene Ausbildung angegeben.

Ein wichtiger Aspekt für die Durchführung der Studie war die Durchmischung der TeilnehmerInnen aus mehreren und anderen Fachrichtungen als nur der Planung und Architektur. Während PlanerInnen und ArchitektInnen Plandarstellungen gewohnt sind, haben andere Personen nämlich möglicherweise andere Zugänge. Bei der Virtual Reality Gruppe haben daher vier Personen aus Planung und Architektur teilgenommen, während bei der Gruppe der klassischen Darstellungsmethoden drei ArchitektInnen teilgenommen haben.

Wie aus der Beschreibung der Stichprobe ersichtlich wird, sind 18 bis 29 Jährige und StudentInnen in dieser Studie besonders stark repräsentiert. Aussagen, welche in der folgenden Auswertung getroffen werden, sind daher vorrangig für diese Gruppe aussagekräftig und nur eingeschränkt verallgemeinerbar.

5.3. Datenanalyse und Ergebnisse

Neben der Haupthypothese werden im Folgenden ebenfalls die Unterhypothesen getestet sowie explorative Fragestellungen dargestellt und diskutiert. Zugunsten der besseren Übersichtlichkeit werden die beiden Untersuchungsgruppen VR-Gruppe und Plan-Gruppe in Diagrammen mit *VR* bzw. *Plan* abgekürzt. Die Hypothesentestung wurde mithilfe der Programmiersprache *R* durchgeführt.

5.3.1. Haupthypothese

Haupthypothese: Virtual Reality kann BetrachterInnen ein besseres Verständnis der Planung geben, verglichen mit 2D Plänen und 3D Renderings.

Zur konfirmatorischen Überprüfung dieser Hypothese wurden im Fragebogen zwei Fragen gestellt, die im Folgenden gesondert diskutiert werden:

1. Wie sehr konnte(n) Ihnen die Virtual Reality Ansicht / die Unterlagen helfen, die geplante Neugestaltung zu verstehen?

Die Fragestellung wurde passend formuliert, je nachdem in welcher Untersuchungsgruppe (VR/Plan) sich die TeilnehmerInnen befanden. Als Antwortmöglichkeiten war eine Skala von 0 – *Gar nicht* bis 5 – *Sehr gut* vorgegeben.

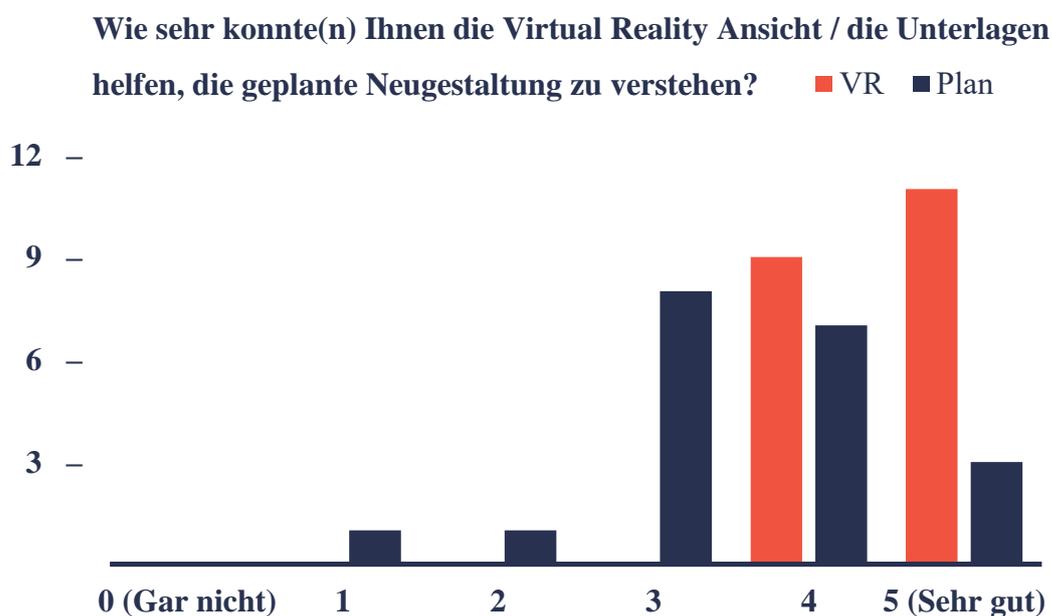


Abbildung 38: Verständnis der Neugestaltung (eigene Abbildung)

Zur Testung der Hypothese wurde eine statistische Varianzanalyse durchgeführt. Aufgrund der geringen Anzahl an Personen in der Stichprobe kann nicht von einer Normalverteilung ausgegangen werden, weswegen ein nichtparametrischer Test verwendet wurde. Da die Daten zudem ordinalskaliert sind, wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet. (Bühner et al., 2009, S. 382)

Der errechnete p-Wert von 0.000327 liegt deutlich unter einem Alpha-Niveau von 0.05, wodurch die H_0 verworfen werden kann. Daher besteht starke Evidenz dafür, dass sich die beiden Gruppen – VR und Plan – unterscheiden. Betrachtet man das obige Diagramm, ist ersichtlich, dass StudienteilnehmerInnen der VR-Gruppe höhere Werte – und damit ein besseres Verständnis der Neugestaltung – anführen als TeilnehmerInnen

der Plan-Gruppe. Daraus kann geschlossen werden, dass Virtual Reality ein besseres Verständnis der Planung vermittelt als Pläne und Fotomontagen.

2. Welcher Platz bietet Ihrer Meinung nach mehr Rasenfläche zum Aufenthalt?

Mit dem Kriterium *vorhandene Rasenfläche* wurde mit dieser Schätzfrage indirekt das Verständnis der Planung abgefragt. Das Kriterium *vorhandene Rasenfläche* wird hierbei als ein Faktor verstanden, der zu einem Teil das Verständnis der Neugestaltung widerspiegelt. Da allerdings bereits der Name *realgrün Landschaftsarchitekten* die Meinung der StudienteilnehmerInnen beeinflussen kann und die verschiedene Gestaltung der Plandarstellungen und Fotomontagen falsche Eindrücke suggerieren könnte, ist es schwierig plausible Schlüsse aus der Auswertung dieser Frage zu ziehen.

Welcher Platz bietet Ihrer Meinung nach mehr Rasenfläche zum Aufenthalt?

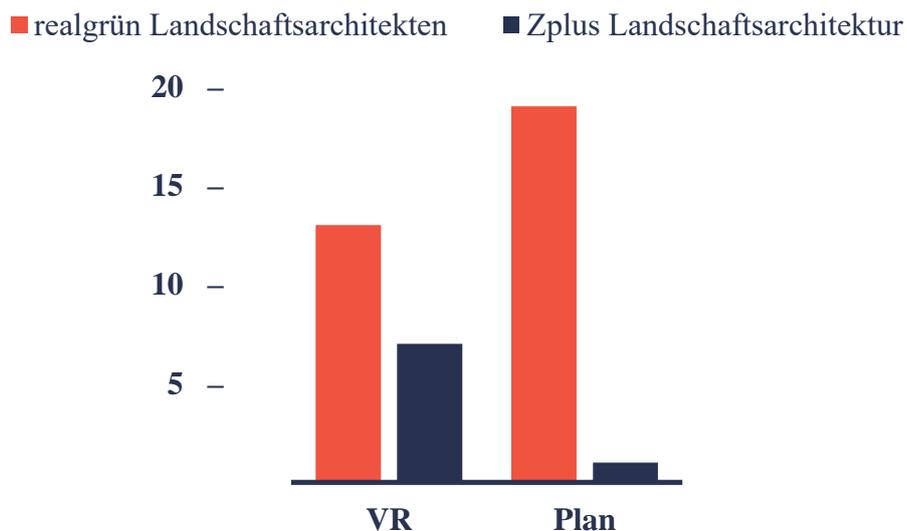


Abbildung 39: Geschätzte Rasenfläche (eigene Abbildung)

Obwohl die Neugestaltung von realgrün Landschaftsarchitekten aufgrund der großen, zusammenhängenden Rasenfläche möglicherweise größer anmutet, weist sie gesamt nur 3440 m² Rasenfläche auf. Die Variante *Zplus Landschaftsarchitektur* verfügt mit 4110 m² über fast 20% mehr Rasenfläche und wäre daher die richtige Antwort auf diese Frage gewesen. Obwohl beide Gruppen überwiegend die falsche Antwort wählten, haben BetrachterInnen der VR-Visualisierung eher die richtige Antwort getroffen als TeilnehmerInnen der Plan-Gruppe. Ob die tatsächliche Größe der Rasenflächen durch

das Betrachten der VR-Visualisierung eher vermittelt werden konnte oder ob die Verteilung zufällig ist, kann aufgrund der kleinen Stichprobe und der bereits erwähnten möglichen Beeinflussung im Rahmen dieser Frage nicht konkreter beantwortet werden.

5.3.2. Unterhypothesen

Unterhypothese 1: Personen geben an eher an Partizipationsprozessen teilnehmen zu wollen, sofern interaktive und dynamische Visualisierungstechniken (unter anderem Virtual Reality) zur Visualisierung der Planungen verwendet werden.

Mit dieser Hypothese soll die Bereitschaft der StudienteilnehmerInnen, an partizipativen Prozessen teilnehmen zu wollen, abhängig von VR oder Plan-Gruppe überprüft werden. Zu diesem Zweck wurde folgende Frage gestellt:

Stellen Sie sich vor, die Stadt Wien veranstaltet im Zuge einer Neugestaltung einer öffentlichen Fläche in Ihrer Wohngegend ein Event, bei dem Sie eingeladen werden die Pläne der Neugestaltung zu betrachten, mit anderen BürgerInnen und ExpertInnen zu diskutieren und Ihre Meinung in den Planungsprozess einzubringen. Würden Sie an einer solchen Veranstaltung teilnehmen?



Abbildung 40: Teilnahme an Partizipationsprozessen (eigene Abbildung)

Hierbei ist anzumerken, dass die Antwortmöglichkeit „Ja, auf jeden Fall“ in dem Fragebogen der VR-Gruppe ursprünglich „Ja, unabhängig davon ob Virtual Reality eingesetzt wird“ gelautet hat. Zur gemeinsamen Auswertung und Testung der Hypothese wurde diese daher umcodiert auf „Ja, auf jeden Fall“.

Da die Bedingungen zur Testung dieser Hypothese durchaus vergleichbar mit der Haupthypothese sind, wird erneut der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt. Mit einem errechneten p-Wert von 0.03050882 liegt dieser deutlich unter einem alpha-Niveau von 0.05, weswegen die H_0 verworfen werden kann und daher starke Evidenz dafür besteht, dass sich die beiden Gruppen – VR und Plan – unterscheiden.

Betrachtet man die Verteilung der Antworten in oben stehendem Diagramm, lässt sich eine klare Tendenz der VR-Gruppe zu modernen Visualisierungstechniken in Partizipationsprozessen feststellen. Ob diese Verteilung daran liegt, dass diese Gruppe, verglichen mit der Plan-Gruppe, bereits eine architektonische VR-Darstellung betrachten konnte, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht nachweisbar festgestellt werden.

Unterhypothese 2: Kommunikation spielt sowohl bei klassischen Visualisierungsmethoden als auch bei VR eine wichtige Rolle zum besseren Verständnis der Planung.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde folgende Frage statistisch analysiert; „War die Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern für Sie wichtig, um die Neugestaltungen besser zu verstehen?“. Aufgrund ähnlicher Ausgangsbedingungen wurde wieder der Kruskal-Wallis-Test mit R angewandt. Mit einem errechneten p-Wert von knapp über 0.05 besteht Evidenz dafür, dass sich die Gruppen nicht signifikant unterscheiden. Diese Verteilung der Antworten zeigt, dass Kommunikation in der Planung scheinbar immer eine wichtige Rolle spielt. Das nachstehende Diagramm zeigt die Verteilung der Antworten beider Gruppen:

War die Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern für Sie wichtig, um die Neugestaltungen besser zu verstehen? ■ VR ■ Plan

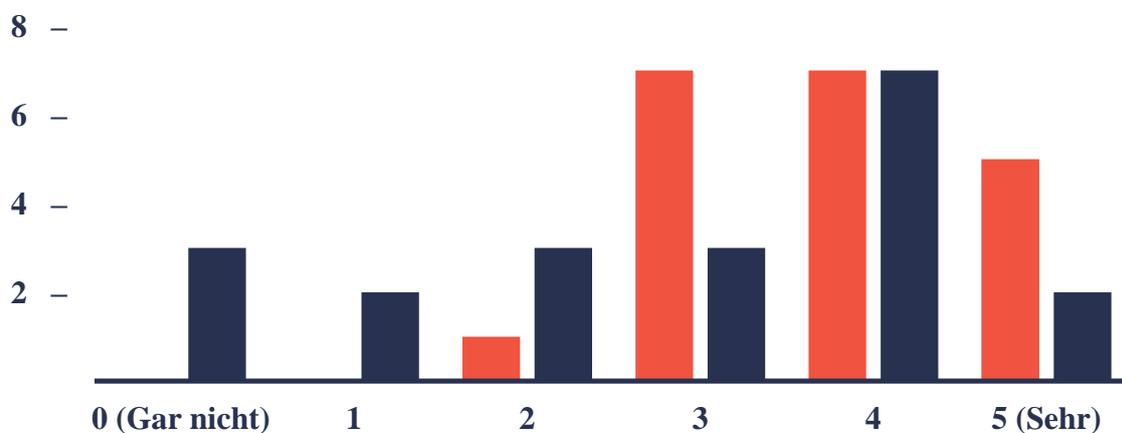


Abbildung 41: Kommunikation zum besseren Verständnis (eigene Abbildung)

Passend zu dem Thema Kommunikation wurde erfragt, ob mit den Gruppenmitgliedern darüber gesprochen wurde, etwas an den Neugestaltungen zu verändern (zum Beispiel die andere Positionierung von Elementen u.ä.). Im Zuge eines statistischen Anteilsvergleichs konnte bei dieser Frage kein signifikanter Unterschied zwischen VR- und Plan-Gruppen festgestellt werden. Sowohl in der VR-Gruppe mit 85% als auch bei der Plan-Gruppe mit 65% überwiegt die Anzahl der Personen, die mit ihren Gruppenmitgliedern darüber gesprochen haben, etwas an der Neugestaltung zu verändern. Diese Frage zeigt auf, dass Kommunikation unabhängig von der Visualisierungsmethode ein wichtiger Faktor ist, um eigene Gedanken anzuregen und in die Planung einzubringen.

5.3.3. Explorative Fragestellungen

Kapseln sich NutzerInnen eines VR-HMDs von anderen TeilnehmerInnen ab, was den Diskussionsprozess in einem partizipativen Setting beeinträchtigen könnte?

Um festzustellen, ob das Tragen von VR-HMDs den Diskussionsprozess in einem partizipativen Setting beeinträchtigen könnte, wurde die VR-Gruppe befragt, ob sie die Kommunikation mit anderen Gruppenmitgliedern als eingeschränkt empfand während sie den Platz mit der VR-Brille betrachtet hat.

Haben Sie die Kommunikation mit Ihren anderen Gruppenmitgliedern als eingeschränkt empfunden während Sie den Platz mit der VR-Brille betrachtet haben?

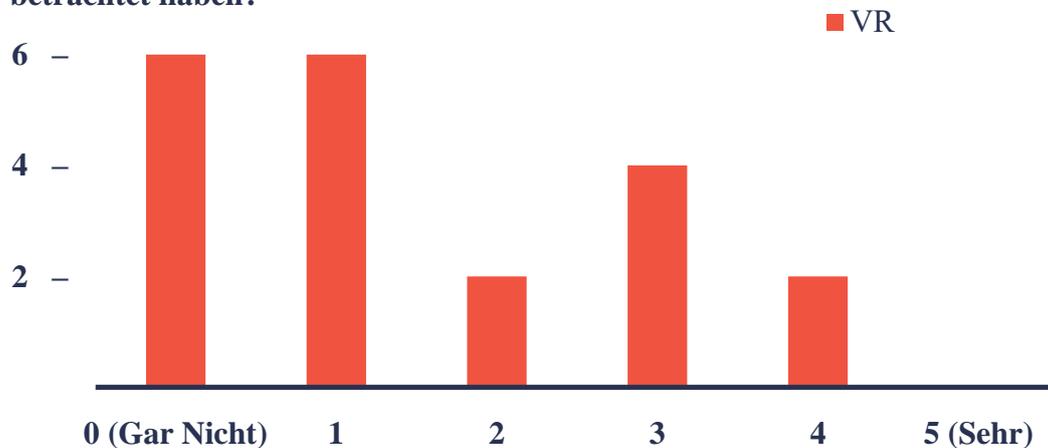


Abbildung 42: Kommunikation mit HMD (eigene Abbildung)

Mehr als die Hälfte der Personen gab an, dass sie die Kommunikation gar nicht oder kaum als eingeschränkt empfunden hat. Etwa ein Drittel fand die Kommunikation durch das Tragen eines HMD als wenig bis etwas beeinträchtigt. Die Wahrnehmung in dieser Frage ist daher nicht einheitlich zu beurteilen, sondern variiert von Person zu Person. Aus diesem Grund sollte bei der Anwendung von VR darauf geachtet werden, dass die aktuellen BetrachterInnen nicht in zu viel Diskussion eingebunden werden, falls sie das nicht selbst wünschen, bzw. nicht während der Nutzung mit Fragen überfordert werden.

In der im theoretischen Teil behandelten Literatur wird mehrfach auf die Problematik von Plänen und Fotomontagen eingegangen. Um zu überprüfen, ob sich diese Meinungen in einer empirischen Studie widerspiegeln, wurden der Plan-Gruppe verschiedene Fragen in Bezug auf diese Thematik gestellt. Die Antworten dieser Fragen werden hier wie folgt diskutiert:

Von den 20 befragten TeilnehmerInnen dieser Gruppe haben 16 angegeben, dass sie die betrachteten Unterlagen als eher leicht bis leicht verständlich empfanden; nur vier Personen fanden die Pläne und Fotomontagen eher schwer bis mäßig schwer verständlich. Mehr als die Hälfte (65%) der TeilnehmerInnen gaben darüber hinaus an, dass bestimmte Teile der Darstellungen nicht detailliert genug waren. Bei der Frage, welche konkreten Darstellungen Probleme bereiteten bzw. wo man sich mehr Details gewünscht hätte, wurde mehrmals der Wunsch nach mehr Fotomontagen mit

verschiedenen Blickwinkeln der Neugestaltungen genannt. Des Weiteren haben viele TeilnehmerInnen angegeben, dass verschiedene Details (wie zum Beispiel Sitzgelegenheiten, Bodenbeschaffenheit, Mistkübel, etc.) in den Plandarstellungen und Fotomontagen nicht zufriedenstellend dargestellt wurden. Diese Details werden meist in den textlichen Erläuterungen neben den Plänen der jeweiligen Neugestaltung genauer beschrieben und sind daher nicht in die Fotomontagen integriert. Dies zeigt jedoch einen weiteren Nachteil klassischer Darstellungsmethoden in der partizipativen Planung:

Haben Sie die textlichen Erläuterungen zu den Neugestaltungen gelesen?

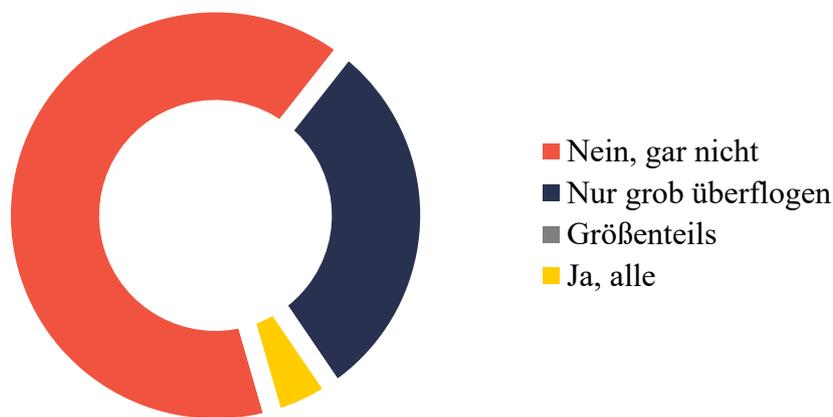


Abbildung 43: Textliche Erläuterungen (eigene Abbildung)

Obwohl die TeilnehmerInnen so viel Zeit zur Verfügung hatten wie sie wollten, haben die meisten die textlichen Erläuterungen nur grob überflogen (30%) bzw. gar nicht gelesen (65%). Lediglich eine Person hat angegeben, alle Texte gelesen zu haben. Diese Verteilung ist wenig verwunderlich, da die Texte – obwohl die Unterlagen in DIN A2 Format bereitgestellt wurden – aufgrund der geringen Schriftgröße und der hohen Textdichte nicht gerade zum Lesen einladen.

Die Frage, ob realitätsnähere Ansichten geholfen hätten die Neugestaltung besser zu verstehen, haben 75% der TeilnehmerInnen mit etwas bis stark positiv beantwortet. Solche realitätsnäheren Ansichten können einerseits mehr Fotomontagen sein – welche auch von vielen StudienteilnehmerInnen gewünscht wurden – oder andererseits moderne Visualisierungsmethoden wie Virtual Reality.

Müssen VR Darstellungen hochdetailliert und möglichst realitätsgetreu sein, um BetrachterInnen ein besseres Verständnis der Planung zu verschaffen?

Für die Hälfte der BetrachterInnen der VR-Visualisierung waren bestimmte Teile der Darstellung nicht detailliert genug, während die andere Hälfte die gesamte Darstellung als detailliert genug empfand. Keine Person hat angegeben, dass die Darstellung nicht detailliert genug war.

Die TeilnehmerInnen hatten im Fragebogen die Möglichkeit Dinge zu nennen, die sie als nicht detailliert genug wahrgenommen haben. Viele TeilnehmerInnen haben bereits während der Betrachtung und ebenfalls danach im Fragebogen angegeben, dass ihnen die Orientierung in der Virtual Reality schwer fällt. Fehlende Orientierungspunkte, wie zum Beispiel die Fassaden von bekannten Gebäuden oder die Beschilderung der U-Bahn Stationen, wurden von fast der Hälfte aller TeilnehmerInnen als fehlende Details genannt. Weniger häufig wurden dynamische Elemente, wie animierte Menschen oder Straßenverkehr, genannt.

Helfen Plandarstellungen des Projektgebiets die Orientierung in der Virtual Reality zu unterstützen?

Wie bereits in Kapitel 5.1. *Studiendesign* erwähnt, wurde den BetrachterInnen zusätzlich zur VR-Visualisierung ein Übersichtsplan des Schwedenplatzes und des Morzinplatzes gezeigt. Die Antworten auf die Frage, ob dieser Übersichtsplan mit der Lage und Orientierung geholfen hat, sind, wie nachfolgend gezeigt wird, ausgewogen ausgefallen.

Hat Ihnen der Übersichtsplan zur "Neugestaltung Schwedenplatz" mit der Lage und Orientierung des Projektgebiets geholfen? ■ VR

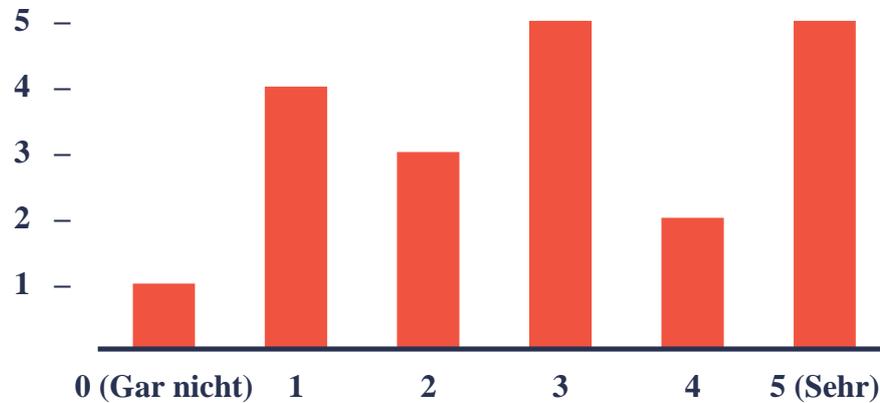


Abbildung 44: Übersichtsplan zur Orientierung (eigene Abbildung)

Ähnlich verteilen sich die Antworten auf die Frage, ob zusätzliche Pläne und Fotomontagen das Verständnis der Neugestaltung verbessert hätten.

Zur Beantwortung dieser explorativen Fragestellung kann daher geschlussfolgert werden, dass ein Lageplan nicht allen, aber im Schnitt auf jeden Fall die Hälfte der Personen bei der Orientierung unterstützen kann. Ebenso können zusätzliche Plandarstellungen und Fotomontagen vermutlich einem gewissen Teil der BetrachterInnen ein besseres Verständnis der Neugestaltung geben.

Hätten Ihnen weitere Darstellungen – wie Pläne und Fotomontagen zusätzlich zur VR-Visualisierung – geholfen, die Neugestaltung besser zu verstehen? ■ VR

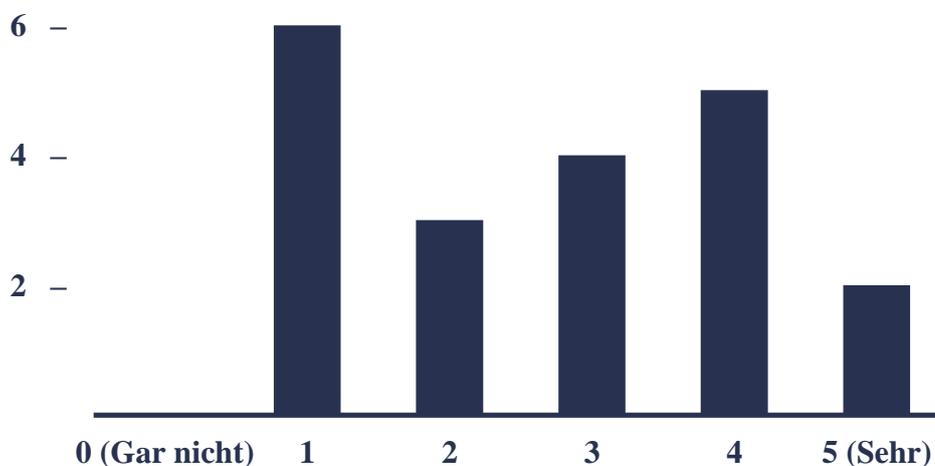


Abbildung 45: Zusätzliche Darstellungen für besseres Verständniss (eigene Abbildung)

Spezifische Virtual Reality-Fragestellungen

Im Folgenden werden verschiedene Fragestellungen diskutiert, die das Thema VR aus allgemeiner Sicht betreffen.

Haben Sie vor dieser Studie schon jemals eine VR-Brille benutzt?

60% der TeilnehmerInnen haben bereits VR-Brillen genutzt. In Gesprächen mit den StudienteilnehmerInnen hat sich gezeigt, dass zwar niemand eine eigene VR-Brille besitzt, aber trotzdem die Möglichkeit hatte VR zu probieren.

Haben Sie vor dieser Studie schon jemals eine VR-Brille benutzt?



Abbildung 46: Nutzung VR-HMD (eigene Abbildung)

Empfanden Sie die Bedienung (Bewegung, Teleportation) in der VR-Darstellung als kompliziert?

Lediglich drei der 20 TeilnehmerInnen haben angegeben, dass sie die Bedienung als kaum kompliziert empfanden, während die restlichen 17 TeilnehmerInnen keine Probleme bei der Bedienung genannt haben. Die Beobachtung während der Durchführung der Studie hat ebenfalls gezeigt, dass für fast alle Personen eine kurze Erklärung des HMD und des Controllers sowie der benötigten Knöpfe gereicht hat, um sich nach kurzem Ausprobieren zuverlässig in der Virtual Reality bewegen zu können.

Ist Ihnen während der Betrachtung durch die VR-Brille übel, schwindlig oder schlecht geworden?

Sieben Personen haben angegeben, leichte bis mittelschwere Symptome wie Übelkeit oder Schwindel während bzw. nach Betrachtung der Simulation zu spüren. Wie bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit beschrieben, tritt Motion Sickness verbunden mit VR häufiger bei Frauen auf. Nachstehendes Diagramm zeigt einen gering höheren Anteil an aufgetretenen Symptomen bei weiblichen TeilnehmerInnen. Für alle Personen ist es wichtig vor der Benutzung zu erwähnen, dass die Betrachtung sofort abgebrochen werden soll, sobald die erwähnten Symptome auftreten.

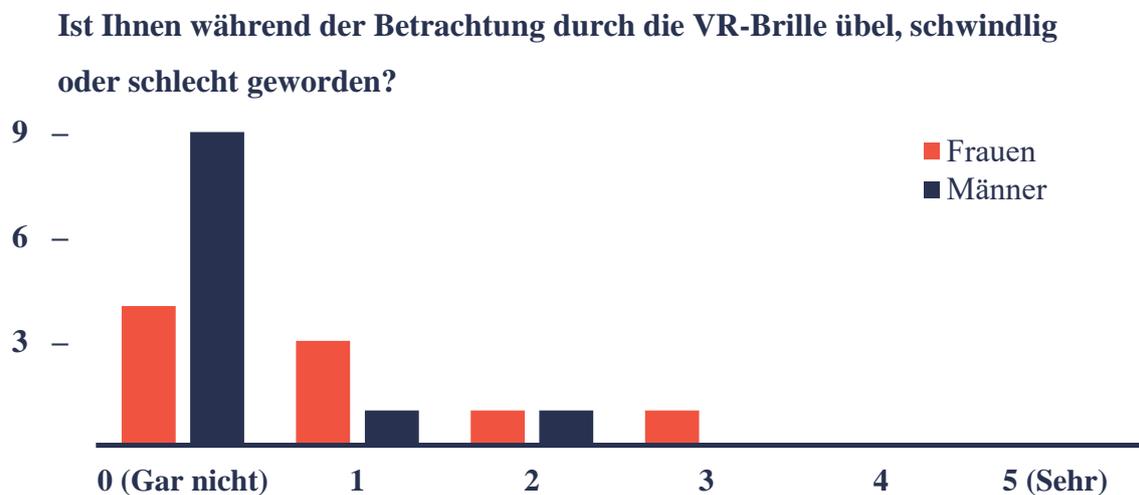


Abbildung 47: Übelkeit durch VR bei Frauen und Männern (eigene Abbildung)

Fanden Sie die Möglichkeit des Tageszeitenwechsels hilfreich, um ein besseres Verständnis der Neugestaltung zu bekommen?

Das beschriebene Feature des Tageszeitenwechsels wurde von den TeilnehmerInnen gut angenommen und von jeder Person im Zuge der Betrachtung der Neugestaltungen verwendet. Vor allem weibliche TeilnehmerInnen haben die Einstellung „Nacht“ genutzt, um mögliche Sicherheitsbedenken aufgrund dunkler Teilbereiche der einzelnen Neugestaltungen zu betrachten. Die genaue Positionierung der Beleuchtungselemente konnte nicht aus den vorliegenden Unterlagen der Neugestaltungen abgelesen werden und wurde daher größtenteils nach eigenem Ermessen platziert. Ungeachtet dessen zeigt diese Beobachtung einen interessanten Aspekt der Nutzung von VR in der Planung auf.



Abbildung 48: Tageszeitenwechsel in VR (eigene Abbildung)

5.4. Empirisches Zwischenfazit

Wie bereits erwähnt, sind die – im Rahmen dieser Studie – gewonnenen Ergebnisse nur beschränkt aussagekräftig. Die Stichprobe der TeilnehmerInnen ist vor allem in Bezug auf die Altersgruppe von 18-29 Jahren relativ homogen. Auch in Bezug auf Bildungsstand bzw. Ausbildung haben vergleichsweise viele StudentInnen teilgenommen. Diese Faktoren sind bei der Betrachtung der Ergebnisse oder der Weiterverwendung der gewonnenen Daten zu berücksichtigen.

Mit der empirischen Studie konnte die Haupthypothese erfolgreich getestet werden und somit die Forschungsfrage auch statistisch überprüft werden. Zudem konnten wichtige Daten zu weiteren Fragestellungen gewonnen und ausgewertet werden.

Wie der Vergleich der beiden Gruppen – VR und Plan – gezeigt hat, spielt Kommunikation für das bessere Verständnis von Planungen immer eine wichtige Rolle. Scheinbar entsteht durch die Verwendung moderner VR-HMDs keine merkwürdige Einschränkung der Kommunikation der aktuellen BetrachterIn der VR-Simulation mit anderen TeilnehmerInnen.

Ein wichtiger Punkt, der bereits in der Literatur genannt wurde, ist der notwendige Detaillierungsgrad der VR-Simulation. In dem hier erstellten Projekt wurden gewisse Details, wie Fassaden von Häusern, absichtlich weggelassen, während manche Objekte, wie zum Beispiel bestimmte Elemente der Möblierung, aufgrund der unspezifischen Unterlagen nicht genauer abgebildet werden konnten. Bei der Evaluation dieser

Fragestellung hat sich herausgestellt, dass VR Darstellungen in verschiedenen Belangen nicht so genau wie möglich die Realität widerspiegeln müssen. Sofern daher die VR-Darstellung möglichst genau die Pläne widerspiegelt und keine – für das architektonische Gesamtbild – wichtigen Details fehlen, muss VR keine realitätsnahe Grafikqualität liefern, um das Verständnis von NutzerInnen zu erhöhen. Von manchen StudienteilnehmerInnen wurden als zusätzliche Details dynamische und animierte Objekte, wie FußgängerInnen oder Straßenverkehr, genannt. Sofern sie gut implementiert werden, können solche dynamischen Elemente die Immersion erhöhen. Der erhöhte zeitliche Aufwand für das Implementieren von dynamischen Elementen muss hier allerdings ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Ein wichtiger Punkt, der oft von TeilnehmerInnen genannt wird, ist die Orientierung in der VR-Simulation. Für viele BetrachterInnen war zu Beginn nicht klar ersichtlich, an welchem Punkt der Neugestaltung sie sich befinden. Hier ist es vermutlich hilfreich die 2D Pläne zu präsentieren, noch bevor die Virtual Reality gezeigt wird. Gemeinsam mit bestimmten Orientierungspunkte in den Plänen, die in der VR-Darstellung ebenfalls integriert werden, könnten diese Maßnahmen die spätere Orientierung in der VR-Simulation erleichtern. Eine zusätzliche Übersichtskarte, die in der VR-Simulation im Blickfeld – permanent oder auf Knopfdruck – eingeblendet wird, könnte ebenfalls die Orientierung in der VR erleichtern.

Motion Sickness scheint kein erhebliches Problem in einer architektonischen VR-Visualisierung zu spielen, da keine schnellen oder unvorhergesehenen Bewegungen stattfinden. Trotzdem können manche Personen die Symptome schneller verspüren, weswegen nicht zu viel Zeit zur Betrachtung der VR-Darstellung pro Person veranschlagt werden sollte. Allgemein ist die Virtual Reality ein geeignetes Tool zur Visualisierung von architektonischen bzw. raumplanerischen Gestaltungen. Selbst Personen die VR noch nie probiert haben, scheinen die Bedienung schnell und intuitiv erlernt zu haben.

Ein wichtiger Kritikpunkt von VR in der Raumplanung bleibt dennoch zu erwähnen! Verglichen mit simplen Plandarstellungen und Fotomontagen werden für VR ebenfalls (noch) spezielle Kenntnisse wie beispielhaft das Beherrschen einer Spiele-Engine benötigt. Es wird für jedes Projekt abzuschätzen sein, ob der zeitliche und monetäre

Aufwand des Erstellens und Präsentierens dem erwarteten Mehrwert gerecht wird. Auch wenn die VR-Hardware einfach und kostengünstig erhältlich ist, muss dennoch auch der Rahmen passen, in dem die VR-Simulation gezeigt wird. Das folgende Kapitel beschäftigt sich daher eingehend mit den notwendigen Rahmenbedingungen für VR-Simulationen in der Raumplanung.

6. Anwendung von Virtual Reality in der Planungspraxis

Ausgehend von der bearbeiteten Literatur sowie der Umsetzung der Neugestaltung des Schwedenplatzes in VR und der dazu durchgeführten Studie werden in diesem Abschnitt verschiedene praktische Anwendungsmöglichkeiten von Virtual Reality und ähnlichen Technologien in der Raumplanung diskutiert.

6.1. Eignung der erstellten VR-Anwendung

Betrachtet man die Ebenen der Beteiligung würde sich die VR-Darstellung der Neugestaltung des Schwedenplatzes für die Information und im besten Fall sogar für die Konsultation von BürgerInnen eignen. Ein konkreter Einsatz könnte hier zum Beispiel eine partizipative Veranstaltung der Stadt Wien – ähnlich dem Rollenspiel im Rahmen der durchgeführten Studie – sein. Die BürgerInnen könnten die VR-Simulation betrachten und sich somit intuitiv Informationen mit eigenem Blickwinkel beschaffen. Die Ebene der Konsultation könnte dann einfach erreicht werden, wenn die BetrachterInnen Ihre Meinungen, Anregungen und Kritik entweder direkt in der VR oder aber in der Diskussion mit anderen BürgerInnen und ExpertInnen darlegen könnten.

Als Alternative zu einem oder mehreren Workshops, wäre eine temporäre Installation am Ort der künftigen Neugestaltung denkbar. Ähnlich dem *bahnorama* (wien.gv.at², k.A., Web), oder dem *Mobilen Stadtlabor* (futurelab.tuwien.ac.at, k.A., Web) könnten so einerseits die VR-Simulation über einen gewissen Zeitraum gezeigt und andererseits frei zugängliche Flächen zur Information von interessierten BürgerInnen geschaffen werden. Kleinere Installationen zur reinen Betrachtung der VR-Simulation sind natürlich auch möglich, allerdings bieten die genannten Einrichtungen zusätzlich genügend Platz für Workshops oder andere Informationsveranstaltungen.

Der Einsatz einer VR-Simulation im Rahmen eines Partizipationsprozesses sollte sich natürlich nach der Größe des Projekts richten. Bei einer umfangreichen Neugestaltung einer öffentlichen Fläche, die viele Menschen betrifft, wäre der Einsatz von VR zu Visualisierungszwecken jedenfalls sinnvoll, sofern die Anwendung von VR in einen umfangreichen und qualitativ hochwertigen Partizipationsprozess eingebunden ist. Wichtige Stadtplanungsprojekte, bei denen dies zutrifft, sind in Wien keine Seltenheit.

So wären beispielsweise der Schwedenplatz oder die Mariahilfer Straße gute Beispiele aus der jüngsten Planungsgeschichte Wiens, bei denen Virtual Reality einen gewinnbringenden Einsatz zur Motivation, Information und Konsultation aller interessierten BürgerInnen leisten hätte können.

Die Beteiligungsebene der Kooperation gestaltet sich für den Einsatz von VR dahingegen schwierig. Virtual Reality ist ein geeignetes Visualisierungstool zum Präsentieren von bereits erstellten Entwürfen. Wenn diese Entwürfe von Anfang an gemeinsam mit BürgerInnen ausgearbeitet werden sollen, wäre ein Sandkasten-Modus in Virtual Reality denkbar, bei dem NutzerInnen kreativ sein und eine Gestaltung nach Ihren Wünschen erstellen, verändern und anpassen können. Ein solches Einsatzgebiet in der Planung und Architektur müsste allerdings noch konkreter erprobt werden.

Die hier erstellte VR-Anwendung kann nicht nur im Bereich der BürgerInnenbeteiligung eingesetzt werden, sondern wäre auch eine Visualisierungsmöglichkeit für Entwürfe bei Architekturwettbewerben. Ähnlich dem – in Kapitel 3.2. *Praxisanwendung von Virtual Reality in Raumplanung und Architektur* bereits erläuterten – Architekturwettbewerb zur Stadtbibliothek Göteborg, könnte die Neugestaltung des Schwedenplatzes in VR JurorInnen eines Architekturwettbewerbes helfen ein besseres Bild der Neugestaltung zu bekommen. Falls die teilnehmenden Büros die VR-Simulation jedoch selbst erstellen müssen, sollte allerdings Bedacht werden, dass dies vor allem für kleinere Büros eventuell einen zeitlichen und finanziellen Hinderungsgrund zur Teilnahme darstellen könnte. Auch hier ist daher der Aufwand, welcher mit dem Erstellen der VR-Simulation verbunden ist, mit dem erwarteten Nutzen abzuschätzen.

Abhängig davon, ob die VR-Simulation von den planenden Büros selbst oder von Seiten der Stadt bzw. einem externen Designer erstellt wird, gibt es maßgebliche Punkte zu beachten. Falls die jeweiligen Büros ihre VR-Visualisierung selbst gestalten können, werden verschiedene Büros womöglich verschiedene Visualisierungstools nutzen. Prinzipiell ist dies kein Problem, sofern am Ende keine außerordentliche Hard- oder Software benötigt wird, um die Darstellung zu zeigen. Wenn allerdings beispielsweise eine Neugestaltung mit der *Unreal Engine* designt wird und eine mit *Unity*, ist ein intuitiver Wechsel zwischen den Neugestaltungen in VR nicht mehr möglich. Auch

bestimmte Features, wie zum Beispiel der Tageszeitenwechsel, wären aufgrund der technischen Unterschiede zwischen den Engines nur mehr bedingt vergleichbar. Auf der anderen Seite verlieren Büros die Kontrolle über Ihre Gestaltung, falls sie von einem externen Designer erstellt werden. Die Absprache zwischen VR-Designer und Entwicklern der Pläne ist daher von hoher Bedeutung. Im besten Fall kann die finale Version von den planenden Büros betrachtet und abgesegnet werden.

6.2. Eignung von sonstigen VR-Anwendungen

Powerwalls und CAVE-Systeme

Falls eine moderne CAVE oder ein Powerwall zur Verfügung steht, bietet sich natürlich auch die Nutzung eines dieser Systeme an. Hierbei muss allerdings bedacht werden, dass auf jeden Fall spezielle Programmierkenntnisse notwendig sind, um eine VR-Anwendung für ein spezifisches Powerwall- oder CAVE-System zu entwickeln. Während CAVEs aufgrund der eingeschränkten Nutzerinnenanzahl keinen großen Mehrwert als aktuelle VR-HMDs bieten, können sich in Powerwall-Systemen mehrere Personen gleichzeitig aufhalten und beispielsweise über einen Entwurf diskutieren.

Social VR

Damit BetrachterInnen einer VR-Visualisierung nicht das Gefühl haben sie wären alleine in der Simulation, wäre ein gemeinsames VR Erlebnis mit mehreren gleichzeitigen HMD-NutzerInnen – ähnlich dem in Kapitel 3.2. beschriebenen Social VR Projekt des Virtual Reality Design Lab – denkbar. So wäre es für mehrere NutzerInnen gleichzeitig möglich sich in der Simulation zu bewegen, die Spielfiguren der jeweils anderen zu sehen und mit ihnen zu interagieren. Aufgrund von bereits vorhandener Mehrspieler-Funktionalität in Spiele-Engines sollte sich die Integration von mehreren gleichzeitigen NutzerInnen softwaretechnisch nicht besonders anspruchsvoll gestalten. In einem solchen Anwendungsfall bräuchte man jedoch für jede Person, die sich in der VR-Simulation befindet, ein eigenes VR-HMD, ein Computer-System und einen eigenen Bereich zum Tracken.

Durch aktuelle Entwicklungen am Hardware-Markt wird es in Zukunft vermutlich mit mobilen Geräten wie zum Beispiel der *Oculus Go* oder der *Gear VR* möglich sein grafisch anspruchsvolle Simulationen zu betrachten. Dank dieser portablen und

kostengünstigeren Geräte ließe sich finanzieller und zeitlicher Aufwand beim Einrichten einer VR-Präsentation einsparen.

Bis die benötigte Grafikleistung im Bereich der mobilen VR-Geräte erreicht ist, um solche Simulationen flüssig darzustellen, bieten alternative Technologien, wie zum Beispiel Augmented Reality oder Collaborative Working Environments, interessante Ansätze, die nicht außer Acht gelassen werden sollten.

Augmented Reality

Für Augmented Reality bietet sich vor allem das Anwendungsfeld der Smartphones an. Heutzutage besitzen bereits viele Personen aller Altersgruppen Smartphones, die eine einfache AR-Anwendung darstellen können. Ein Beispiel für eine erfolgreiche AR-Nutzung in der Planung ist das von Broschart et al. vorgestellte Projekt *Smartwalk Saarbrücken*, bei dem eine virtuelle Fußgängerbrücke über die Saar mit AR-tauglichen Smartphones von BürgerInnen selbst betrachtet werden konnte. (Broschart et al., 2013, S. 121 f.) Im Gegensatz zur Virtual Reality, bei der eine gesamte Neugestaltung eines Platzes betrachtet werden kann, liegt das Einsatzgebiet von Augmented Reality bei Smartphones eher bei punktuellen Veränderungen. Daher kann mit AR eine neu geplante Brücke über einen Fluss, oder ein Haus auf einem leeren Bauplatz effizient visualisiert werden, Großflächige Veränderungen über bereits bestehende Objekte können jedoch nur schwer umgesetzt werden.

Eine künftig denkbare Augmented Reality Anwendung bieten Brillen, wie zum Beispiel die *Microsoft HoloLens*. Mit Anwendungen wie dem *HoloLens City Model Viewer* könnten TeilnehmerInnen eines Planungsworkshops mit der HoloLens einen Entwurf eingebettet in das reale Sichtfeld betrachten. Zoomen Drehen und Verschieben des Modells ist dabei mit simplen Handgesten möglich. Derzeit ist die *HoloLens* jedoch noch nicht frei am Markt erhältlich und der Preis liegt mit mehreren Tausend US Dollar deutlich höher als bei anderer VR- oder AR-Hardware.

Collaborative Working Environments

Vor allem in partizipativen Settings bieten sich die – ebenfalls in Kapitel 3.2. diskutierten – *Plattformen CG Mixed Reality Architectural Workspace* oder die

Eddison MRI Platform an. Die simple Bedienung und hardwaretechnisch geringen Anforderungen stellen eine gute Diskussionsgrundlage von Plänen und Entwürfen dar.

6.3. Fazit

Klaus Selle rät, in partizipativen Planungsprozessen am besten Methoden zu wählen, die nicht nur informieren und entdecken lassen, sondern auch Interaktion ermöglichen und zur Kooperation anregen. (Selle, 1996, S. 69) Die hier vorgestellten Visualisierungstools eignen sich hervorragend zum Informieren sowie Entdecken und ermöglichen sogar Interaktion und regen somit Diskurs zwischen BetrachterInnen an. In der hier getesteten Form ermöglicht VR zwar keine direkte Kooperation, allerdings konnte im Rahmen der empirischen Studie erhoben werden, dass Personen die bereits Erfahrung mit Virtual Reality in der Planung gemacht haben, eher bereit sind an partizipativen Prozessen teilzunehmen, sofern wieder Virtual Reality verwendet wird. Ob die TeilnehmerInnen dank der immersiven Virtual Reality Visualisierung eine bessere Diskussionsgrundlage erhalten haben oder ob der aktuelle Medienhype und VR-Boom Motivation hinreichend ist, kann an dieser Stelle nicht mit Sicherheit gesagt werden.

Fakt ist jedoch, dass Virtual Reality den StudienteilnehmerInnen ein besseres Verständnis der Neugestaltungen vermitteln konnte. Der Einsatz von Virtual Reality, Augmented Reality oder ähnlichen Techniken wird daher, abhängig von Art und Größe des Projekts, wärmstens empfohlen. Im Zuge der Anwendung von Virtual Reality in Planungsprozessen sollte immer evaluiert werden, ob die VR-Simulation von allen TeilnehmerInnen gut angenommen wurde und in welchem Rahmen sich der Einsatz dieser Technologie tatsächlich bewährt.

7. Conclusio

Ziel dieser Arbeit war es zu überprüfen, ob Virtual Reality eine geeignete Alternative zu klassischen Darstellungsmethoden in der Raumplanung bietet.

Ausgehend von der Problemstellung der Kommunikation von Planungsvorhaben wurde festgestellt, dass klassische Pläne und Fotomontagen für Laien schwer verständlich sein können. Ebenfalls können mit Fotomontagen und 3D-Renderings nur bestimmte Blickwinkel für BetrachterInnen gezeigt oder auch verdeckt werden.

Während die geschichtliche Entwicklung der Virtual Reality über einen langen Zeitraum nur in bestimmten Nischen stattfand, ist vor allem der technologische Fortschritt der letzten Jahre im Bereich der VR-Hardware zur Anwendung in der Planung relevant. Neben vielfältigen Anwendungsfeldern in Industrie, Forschung und Unterhaltungsindustrie wurden ebenfalls bereits VR- und AR-Anwendungen erforscht und praktisch getestet. Diese Beispiele aus der Literatur und Forschung konnten jedoch Fragen nach dem zeitlichem Aufwand und dem tatsächlichen Nutzen gegenüber klassischen Darstellungsmethoden nicht zufriedenstellend beantworten.

Im Zuge der Erstellung eines eigenen VR Projektes konnte gezeigt werden, dass der Aufwand zwar höher ist als bei klassischen Darstellungsmethoden, allerdings mit modernen Tools bzw. Spiele-Engines für PlanerInnen und ArchitektInnen durchaus leicht erlernbar und anwendbar ist. Ohne vorhergehende Kenntnisse ist mit mindestens einem Monat für die Erstellung zu rechnen, während sich mit Vorkenntnissen verschiedene Fehler vermeiden lassen, wodurch eine VR-Visualisierung wohl in einem halben Monat realisierbar wäre.

Mit der empirischen Untersuchung konnte schlussendlich die Forschungsfrage beantwortet werden: Realitätsnahe Virtual Reality Darstellungen bieten eine Alternative zu klassischen Darstellungsmethoden in Bezug auf Immersion und Verständnis des Planungsvorhabens. Die Ergebnisse zeigen, dass Virtual Reality sogar mehr Verständnis schaffen kann als Pläne und Fotomontagen, wobei der Grad der Realität und Detaillierung keine ausschlaggebenden Faktoren sind. Rückmeldungen der StudienteilnehmerInnen haben gezeigt, dass die Orientierung in der VR-Simulation eine wichtige Rolle während der Betrachtung spielt.

Die erstellte und getestete Anwendung eignet sich sehr gut zur Visualisierung von Planungsvorhaben, allerdings gibt es auch eine Vielzahl an anderen Möglichkeiten und alternativen Technologien, wie zum Beispiel AR, die für den Einsatz in der Raumplanung und Architektur weiter getestet und erforscht werden sollten.

Auch wenn die Ergebnisse der Studie aufgrund der Stichprobe nur beschränkt aussagekräftig sind, zeichnen sie gemeinsam mit den Beispielen der Literatur doch ein eindeutiges Bild. Wie bereits Klaus Selle angemerkt hat, bildet die ausreichende technische Informiertheit zu einem möglichst frühen Zeitpunkt im Planungsverfahren eine zentrale Voraussetzung für die kompetente Mitwirkung der Bevölkerung. (Selle, 1996, S. 186) Der zusätzliche Arbeitsaufwand, der mit dem Erstellen einer VR-Visualisierung verbunden ist, sorgt nicht nur für ein besseres Verständnis aller AkteurInnen bei der Betrachtung der Pläne, sondern kann bei richtigem Einsatz auch mehr BürgerInnen für die Beteiligung an Stadtplanung gewinnen. Virtual Reality sollte daher vor allem in der partizipativen Stadtplanung als leicht verständliches Visualisierungstool von Planungsvorhaben eingesetzt werden.

8. Diskussion und Ausblick

Mit der künftigen Forschung zum Einsatz von Virtual Reality in der Planung sollte vor allem die praktische Anwendung im Rahmen von verschiedenen Stadtplanungsprojekten untersucht werden. Dabei gibt es verschiedene Faktoren, die aufgrund von Limitationen der hier durchgeführten Studie genauer untersucht werden können.

Aufgrund der in Bezug auf Alter und Ausbildung relativ homogenen Stichprobe sollte bei künftiger Forschung eine andere Zielgruppe als StudienteilnehmerInnen ausgewählt werden. Hier würde einerseits die soziale Durchmischung von Personen aller Bildungsstufen ein interessantes Untersuchungsfeld bilden. Andererseits sollte untersucht werden, ob ältere Personen ebenfalls ein besseres Verständnis durch Virtual Reality im Vergleich zu Plänen und Fotomontagen erlangen können. Für diese Zielgruppe ist ebenfalls die Bedienung von Virtual Reality ein Aspekt, der möglicherweise mehr ausschlaggebend ist als bei jüngeren BetrachterInnen.

Ebenfalls interessant in Bezug auf das bessere Planverständnis wäre ein weiterer Vergleich von Virtual Reality nicht nur mit Plänen und Fotomontagen, sondern auch mit gebauten (Holz-/Styrodur-/etc.) Modellen von Entwürfen.

Eine weitere ungeklärte Fragestellung liegt in der maximalen Größe eines Planungsgebietes, bevor es für eine VR-Darstellung zu aufwendig in der Erstellung und zu weiträumig für die Betrachtung in VR wird. Bei der Anwendung von VR bei verschiedenen Projekten wird sich zeigen ob beispielsweise nur Teilausschnitte eines Projektgebiets reichen. Alternativ könnte auch ein großräumiges Projektgebiet abgebildet, aber nur ein gewisser Teil davon als Beispiel detailliert mit Texturen und Möblierung gestaltet werden.

Wie bereits beschrieben gestaltet sich der Einsatz auf der Beteiligungsebene der Kooperation etwas schwieriger als in anderen Ebenen. Allerdings könnten hier innovative Ansätze, wie zum Beispiel ein Sandbox-Modus, erforscht werden.

Die zukünftige Entwicklung von Hardware und Software Trends im Bereich der Virtual Reality ist zwar nur schwer vorhersehbar, allerdings sprechen die Prognosen für eine

weitere positive Marktentwicklung. Bei künftigen Projekten sollten im besten Fall auch verschiedene Möglichkeiten der VR-Anwendung mit moderner Hardware getestet werden. So können zum Beispiel Ansätze wie *Social VR* untersucht und mit der simplen VR-Anwendung aus dieser Arbeit verglichen werden.

Dem Augmented Reality Sektor wird sogar eine noch stärkere Entwicklung als der Virtual Reality prognostiziert, weswegen auch für diese Technologie weitere Anwendungsfelder in der Raumplanung erprobt und untersucht werden sollten.

Wenn auch in der Forschung noch viele offene Fragen zu klären sein werden, sollte das Thema Virtual Reality und alternative Visualisierungsformen dennoch vermehrt in der Lehre behandelt werden. Auch wenn die Kenntnis im Umgang mit Spiele-Engines noch nicht zum Standard-Repertoire von RaumplanerInnen und ArchitektInnen zählt, kann die grundsätzliche Bedienung im Laufe eines Semesters durchaus erlernt werden. Dabei sind Kenntnisse von bekannten 3D-Modellierungs-Programmen und Grafikbearbeitungsprogrammen natürlich von Vorteil. Mit der weiteren Entwicklung von Software wie der *Esri CityEngine* oder dem *Datasmith* in *Unreal Studio* wird die Schnittstelle zwischen 3D-Modellierung und Virtual Reality-Anwendung zudem immer einfacher zu bedienen sein. Im Rahmen einer umfassenden und zukunftsgerichteten Lehre sollte es daher für interessierte Studierende die Möglichkeit geben, die Entwicklung bzw. Erstellung von VR-Visualisierungen zu erlernen.

9. Verzeichnisse

9.1. Quellenverzeichnis

architekturwettbewerb.at, k.A., Neugestaltung Schwedenplatz,
<http://www.architekturwettbewerb.at/competition.php?id=1706>, (14.5.2018)

Balaguer, F., Mangili, A., (k.A.), Virtual Environments, Computer Graphics
Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne

Bischoff, A., Selle, K., Sinning, H. (2005), Informieren, Beteiligen, Kooperieren :
Kommunikation in Planungsprozessen ; eine Übersicht zu Formen, Verfahren,
Methoden und Techniken, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur,
Dortmund

Boulos, M., Lu, Z., Guerrero, P., Jennett, C., Steed, A., (2017), From urban planning
and emergency training to Pokémon Go: applications of virtual reality GIS (VRGIS)
and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health in:
Boulos, M., (2017) International Journal of Health Geographics, University of the
Highlands and Islands, U.K.

Bourdakis, V., (k.A.), Developing VR Tools for an Urban Planning Public Participation
ICT Curriculum; The PICT Approach, DPRD, University of Thessaly, Greece

Bourdakis, V., (k.A.), Virtual Reality: A Communication Tool For Urban Planning,
<http://fos.prd.uth.gr/vas/papers/CAAD-TNDC/>, (23.1.2018), University of Bath, U.K.

Bricken, W., (1990), Virtual Reality: Directions Of Growth, Notes From The Siggraph
'90 Panel, k.A.

Broschart, D., Höhl, W., (2015), Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung.
Potenziale von Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung in: GIS Science,
(2015), Wichmann Verlag, Nr. 1: S. 20-29

Broschart, D., Zeile, P., (2014), Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung –
Techniken und Einsatzfelder in: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G., Zagel, B.,
(Hrsg.), (2014), Angewandte Geoinformatik 2014, Herbert Wichmann Verlag, Vde
Verlag GmbH, Berlin

Broschart, D., Zeile, P., Streich, B., (2013), Augmented Reality as a Communication
Tool in Urban Design Processes in: Proceedings REAL CORP 2013 Tagungsband
(2013), Rom, S. 119-126

Bühner, M. Ziegler, M., (2009), Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler,
Pearson, Hallbergmoos

Buziek, G., (2000), Dynamische Visualisierung : Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen, Springer Verlag, Berlin

Bymer, L., (2012), DSTS: First immersive virtual training system fielded, https://www.army.mil/article/84728/dsts_first_immersive_virtual_training_system_fielded, (9.4.2018)

Carlson, W., (2017), Computer Graphics and Computer Animation: A Retrospective Overview, Ohio State University, Ohio

Cruz-Neira, C., (1993), Virtual Reality Overview, SIGGRAPH '93 Course Notes, k.A.

Danahy, J., (2004), Dynamic Immersive Visualization: Negotiating Landscape Images in: Koll-Schretzenmayr et al., (2004). The Real and Virtual Worlds of Spatial Planning, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 157-171

designspacevr.org, (2018), DesignSpace, <http://www.designspacevr.org/>, (21.4.2018)

digi-capital.com, (2018), Ubiquitous \$90 billion AR to dominate focused \$15 billion VR by 2022, <https://www.digi-capital.com/news/2018/01/ubiquitous-90-billion-ar-to-dominate-focused-15-billion-vr-by-2022/>, (10.4.2018), k.A.

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B., Hrsg., (2013), Virtual und Augmented Reality (VR / AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, Springer Vieweg, Berlin

Enderlein, U., (2002) Wahrnehmung im Virtuellen – eine kulturwissenschaftliche Studie zur Konstruktion sinnlicher Wahrnehmung durch die Virtual Reality Technologie, Technische Universität, Darmstadt

esri.com, (2017), CityEngine unveils mobile Virtual Reality solution, <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/city-engine/3d-gis/cityengine-unveils-mobile-virtual-reality-solution/>, (21.4.2018)

esri.com, (2017), GIS2VR: From CityEngine via Unity to HTC Vive, <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/city-engine/3d-gis/gis2vr-from-cityengine-via-unity-to-htc-vive/>, (21.4.2018)

esri.com, (2018), Esri CityEngine, <http://www.esri.com/software/cityengine>, (21.4.2018)

Exner, J., (2013), Smarte Planung : Ansätze zur Qualifizierung eines neuen Instrumenten- und Methodenrepertoires im Rahmen von Geoweb, Raumsensorik und Monitoring für die räumliche Planung, sierke Verlag, Göttingen

Felnhofer, A., Kothgassner, O., Beutl, L., Hlavacs, H., Kryspin-Exner, I., (2012), Is Virtual Reality made for Men only? Exploring Gender Differences in the Sense of

Presence, Proceedings of the International Society on presence research, S. 103-112, Wien

futurelab.tuwien.ac.at, (k.A.), Das Mobile Stadtlabor – das Design-Build Projekt – aus.büxen, <http://www.futurelab.tuwien.ac.at/das-mobile-stadtlabor-ein-design-build-projekt-aus-buxen/>, (5.9.2018), Wien

Garcia-Palacios, A., Hoffman, H., Carlin, A., Furness, T., Botella, C., (2002), Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study in: Craske, M., (2002), Behaviour Research and Therapy, Volume 40, Issue 9, Pages 983-993, University of California, Los Angeles

Harrison, R., (2015), Oculus Rift As A City Planning Tool, <https://www.youtube.com/watch?v=AJVQ4TUCx-E>, (20.4.2018), Springfield

Johnson, A., Thompson E., Coventry, K., (2010), Human Perception, Virtual Reality and the Built Environment, 14th International Conference Information Visualisation, London, S. 604-609

Johnson, M., (2013), „Seeing“ the design in 3-D, http://vr.design.umn.edu/portfolio/documents/VRDL_Finance-Commerce_6-12-13.pdf, (19.4.2018), Finance & Commerce, Minnesota

Koll-Schretzenmayr, M., Keiner, M., Nussbaumer, G., (2004), The real and virtual worlds of spatial planning, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg

Kuhlmann, C., (1999), Computergestützte Planung im Planungsprozess in: Schrenk, M., Hrsg., (1999), Beiträge zum 4. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der Raumplanung, Technische Universität Wien, Wien

Lehmkuhler, S., (1998), Virtual Reality Modeling Language 3D-Standard des World Wide Web / Chance für die Raumplanung, Fakultät Raumplanung in: Beiträge zum Symposium CORP'98, Technische Universität Wien, Wien

Leitte, H., (2012), Vorlesungsunterlagen: Grundlagen der wissenschaftlichen Visualisierung, https://web.archive.org/web/20150906025835/http://www.iwr.uni-heidelberg.de:80/groups/CoVis/Teaching/GWV_WS1213/vis1-1_EinfuehrungResized.pdf, (13.4.2018), Uni Heidelberg, Heidelberg

Levy, R., (2005), Virtual Reality: A Tool for Urban Planners, Faculty of Environmental Design, University of Calgary, Alberta, Canada

Levy, R., (2011), Virtual Reality: A Tool for Urban Planning and Public Engagement, Faculty of Environmental Design, University of Calgary, Alberta, Canada

Magistrat der Stadt Wien, (2012), Praxisbuch Partizipation, Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Wien

Magistrat der Stadt Wien, (2017), Masterplan Partizipative Stadtentwicklung, Magistrat der Stadt Wien, MA 21 – Stadtteilplanung und Flächennutzung, Wien

mak.at, (2018), Klimt's Magic Garden, https://www.mak.at/klimt_magicgarden, (9.4.2018), Wien

Martindale, J., (2018), Oculus Rift vs. HTC Vive, <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/> (5.4.2018)

microsoft.com, (2018), Windows Mixed Reality, <https://www.microsoft.com/de-de/windows/windows-mixed-reality>, (20.4.2018)

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F., (1994) Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum in: Das, H., (1994), Proceedings of SPIE Volume 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies, Boston

oculus.com, (2018), Das Oculus-Ready-Programm, <https://www.oculus.com/oculus-ready-pcs/> (5.4.2018)

oculus.com, (2018), Pioneering the Frontier of VR: Introducing Oculus Go, Plus Santa Cruz Updates, <https://www.oculus.com/blog/pioneering-the-frontier-of-vr-introducing-oculus-go-plus-santa-cruz-updates/>, (20.4.2018)

Ong, S., (2017), HoloLens City Model Viewer, <https://www.youtube.com/watch?v=WRmjnzhDtfE>, (20.4.2018)

Papadopoulos, C., Petkov, K., Kaufman, A., Mueller, K., (2015), The Reality Deck - Immersive Gigapixel Display, <http://www3.cs.stonybrook.edu/~mueller/papers/CGA-RealityDeck.pdf>, (8.4.2018), Stony Brook University, Stony Brook

press.cryengine.com, (2016), Crytek Unveils All-New CRYENGINE V and Community-Centered "Pay What You Want" Model, <https://press.cryengine.com/crytek-unveils-all-new-cryengine-v-and-community-centered-pay-what-you-want-model>, (11.4.2018), Frankfurt am Main

projekte.ffg.at, (k.A.), FFG Projektdatenbank; VR-Planning, <https://projekte.ffg.at/projekt/2716744>, (22.4.2018)

Schrenk, M., (1999), CORP '99: Computergestützte Raumplanung Beiträge zum Symposium CORP '99 vom 10. bis 12. Februar 1999, Technische Universität Wien, Wien

Schubert, F., (2004), Neue Rolle der Virtuellen Realität in der Architektur und Stadtplanung in: Beiträge der CORP 2004, Technische Universität Wien, Wien

Schumann, H., (2001), Wissenschaftliche Visualisierung, <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/wissenschaftliche-visualisierung/5299>, (13.4.2018), Spektrum Akademischer Verlag, Rostock

Selle, K. Hrsg., Rösener B., (1996), Planung und Kommunikation : Gestaltung von Planungsprozessen in Quartier, Stadt und Landschaft ; Grundlagen, Methoden, Praxiserfahrungen, Bauverlag BV GmbH

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, (2011), Handbuch zur Partizipation, Kulturbuch-Verlag GmbH, Berlin

Slater, M., Wilbur, S., (1997), A framework for immersive virtual environments (FIVE): speculations on the role of presence in virtual environments in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Volume 6, Issue 6, S. 603-616, Cambridge

Stauskis, G., (2014), Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability in: Energy, Sustainability and Society, (2014), 4:7

Stone, R., (1993), in: Earnshaw, R., Gigante, M., Jones, H., Virtual Reality Systems, Academic Press, London

store.unity.com, (2018), Unity Store, <https://store.unity.com/de>, (11.4.2018)

Sunesson, K., Allwood, C., Paulin, D., Heldal, I., Roupé, M., Johansson, M., Westerdahl, B., (2008), Virtual Reality As a New Tool in the City Planning Process in: Tsinghua Science and Technology (2008) Volume 13, Number S1, S. 255-260

unrealengine.com, (2018), Frequently Asked Questions (FAQ); Enterprise, <https://www.unrealengine.com/en-US/faq#enterprise>, (22.4.2018)

unrealengine.com, (2018), Unreal Studio Brings CityEngine Neighborhood to Life, <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/unreal-studio-brings-cityengine-neighborhood-to-life>, (22.4.2018)

unrealengine.com, (2018), Unreal® Engine End User License Agreement, <https://www.unrealengine.com/en-US/eula>, (11.4.2018)

vive.com, (2018), VIVE Pro, <https://www.vive.com/de/product/vive-pro/> (20.4.2018)

vr.design.umn.edu, (2018), Virtual Reality Design Lab, <http://vr.design.umn.edu/>, (19.4.2018), University of Minnesota

vr.design.umn.edu/technology, (2018), Virtual Reality Design Lab – Technology, <http://vr.design.umn.edu/technology/>, (19.4.2018), University of Minnesota

Walter, S. (2012), GABALs großer Methodenkoffer : 1. Grundlagen der Kommunikation, GABAL Verlag, Offenbach

Westerdahl, B., Suneson, K., Wernemyr, C., Roupé, M., Johansson, M., Allwood, C., (2005), Users' evaluation of a virtual reality architectural model compared with the experience of the completed building in: Automation in Construction, (2006), Vol. 15, Issue 2, S. 150-165

Whyte, J., (2002), Virtual Reality and the Built Environment, Architectural Press, U.K.

wien.gv.at1, (k.A.), Neugestaltung Schwedenplatz-Morzinplatz - Projekt der Stadtentwicklung, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/schwedenplatz/>, (13.5.2018), Wien

wien.gv.at2, (k.A.), Informationszentrum "bahnorama", <https://web.archive.org/web/20141215232914/http://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/bahnorama.html>, (5.9.2018), Wien

Wietzel, I., Hagen, H., Steinebach, G., (2009), Augmented Reality and Immersive Scenarios in Urban Planning in: Steinebach, G., Hrsg., Guhathakurta, S., Hagen, H., (2009) Visualizing Sustainable Planning, X.media.publishing, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 81-90

Wilson, M., (2012), Course Notes: Augmented Virtuality, Lecture 7, <http://www.cs.nott.ac.uk/~pszmw/G54MXR/g54mxr-07-av1.pdf>, (1.4.2018), University of Nottingham, Nottingham.

Woolley, B., (1994), Die Wirklichkeit der virtuellen Welten, Birkhäuser-Verlag, Basel

zplus.eu, (k.A.), Neugestaltung Schwedenplatz-Morzinplatz, Wien, <https://www.zplus.eu/2016/06/neugestaltung-schwedenplatz/>, (5.9.2018)

9.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Grundlegendes Modell der Kommunikation (Simon, 2012, S. 17)	8
Abbildung 2: Reality-Virtuality Continuum (Milgram et al., 1994, S. 2).....	17
Abbildung 3: Hollywood Style Urban Model (Whyte, 2004, S. 108).....	40
Abbildung 4: Darstellung eines Entwurfs in VRMLView (Lehmkühler, 1998, S. 9)....	41
Abbildung 5: Beispielansichten der Innen- und Außenräume des erstellten VR Modells (Westerdahl et al., 2005, S. 153)	42

Abbildung 6: Vergleich Foto - VR-Modell (Levy, 2011, S. 17).....	43
Abbildung 7: Vergleich der VR Modelle der bestehenden Bibliothek mit einem der Neuentwürfe (Sunesson et al., 2008, S. 256-260)	44
Abbildung 8: Betrachtungsweise der AR-Darstellung und Fußgängerbrücke in AR (Broschart et al., 2013, S. 122).....	45
Abbildung 9: Social VR im Virtual Reality Design Lab (vr.design.umn.edu/technology, 2018, Web)	46
Abbildung 10: Methodologie des Virtual Urban Simulator (Stauskis, 2014, S. 10).....	48
Abbildung 11: „Erste“ virtuelle Präsentation bei einer Planungskommission (Harrison, 2015, Web)	49
Abbildung 12: CG Mixed Reality Architectural Workspace 3D-Walk-Through (Höhl et al., 2013, Web).....	50
Abbildung 13: HoloLens City Model Viewer (Ong, 2017, Web).....	51
Abbildung 14: Top Down Analyseansicht in DesignSpace (designspacevr.org, 2018, Web)	52
Abbildung 15: ArcGis 360 VR (esri.com, 2017, Web).....	53
Abbildung 16: Projektgebiet Neugestaltung Schwedenplatz und Morzinplatz (eigene Darstellung, Grundlage: Google Maps).....	66
Abbildung 17: 3D Renderings und Plan des Siegerprojekts (architekturwettbewerb.at, k.A., Web)	68
Abbildung 18: Plan und 3D Rendering Zplus Landschaftsarchitektur (zplus.eu, k.A., Web)	69
Abbildung 19: Cadmapper Screenshot (eigene Aufnahme)	73

Abbildung 20: Gebäudehöhen im datenviewer der Stadtvermessung Wien (eigene Aufnahme).....	73
Abbildung 21: Gebäudemodell in SketchUp (eigene Aufnahme).....	73
Abbildung 22: Einfügen des Gebäudemodells in die Unreal Engine (eigene Aufnahme)	74
Abbildung 23: Einfügen der Kartengrundlage (eigene Aufnahme)	74
Abbildung 24: Prozess der Erstellung eines 3D Objektes (eigene Darstellung)	76
Abbildung 25: Tageszeitenwechselsystem im Blueprint Editor (eigene Aufnahme).....	77
Abbildung 26: VR Setup (eigene Aufnahme)	78
Abbildung 27: realgrün Landschaftsarchitekten: Wechsel zwischen den beiden Varianten der Neugestaltung. Teleportiert, oder bewegt sich der Betrachter, bzw. die Betrachterin, in das blau leuchtende Feld wird die jeweilige Variante innerhalb von einer Sekunde geladen. (eigene Aufnahme).....	79
Abbildung 28: realgrün Landschaftsarchitekten: Blick auf die große Grünfläche (eigene Aufnahme).....	79
Abbildung 29: realgrün Landschaftsarchitekten: Blick Richtung Rotenturmstraße. Links im Bild ist der Ginko-Baumschleier erkenntlich. (eigene Aufnahme).....	80
Abbildung 30: realgrün Landschaftsarchitekten: Gedenkstätte für die Opfer der Gestapo (eigene Aufnahme)	80
Abbildung 31: realgrün Landschaftsarchitekten: Ansicht von der Mitte des Platzes bei Nacht (eigene Aufnahme).....	81
Abbildung 32: realgrün Landschaftsarchitekten: Morgendliche Stimmung (eigene Aufnahme).....	81
Abbildung 33: Zplus Landschaftsarchitektur: Blick auf die Mitte des Platzes Richtung Rotenturmstraße (eigene Aufnahme).....	82

Abbildung 34: Zplus Landschaftsarchitektur: Blick auf den Stiegenaufgang zur Ruprechtskirche (eigene Aufnahme)	82
Abbildung 35: Zplus Landschaftsarchitektur: Schattendächer und Sitzgelegenheiten (eigene Aufnahme)	83
Abbildung 36: Zplus Landschaftsarchitektur: Nächtliche Sicht entlang der Ost-West Verbindungsachse (eigene Aufnahme).....	83
Abbildung 37: Zplus Landschaftsarchitektur: Lichtverhältnisse zur abendlichen Tageszeit (eigene Aufnahme).....	84
Abbildung 38: Verständnis der Neugestaltung (eigene Abbildung)	90
Abbildung 39: Geschätzte Rasenfläche (eigene Abbildung).....	91
Abbildung 40: Teilnahme an Partizipationsprozessen (eigene Abbildung)	92
Abbildung 41: Kommunikation zum besseren Verständnis (eigene Abbildung).....	94
Abbildung 42: Kommunikation mit HMD (eigene Abbildung).....	95
Abbildung 43: Textliche Erläuterungen (eigene Abbildung)	96
Abbildung 44: Übersichtsplan zur Orientierung (eigene Abbildung)	98
Abbildung 45: Zusätzliche Darstellungen für besseres Verständniss (eigene Abbildung)	98
Abbildung 46: Nutzung VR-HMD (eigene Abbildung).....	99
Abbildung 47: Übelkeit durch VR bei Frauen und Männern (eigene Abbildung).....	100
Abbildung 48: Tageszeitenwechsel in VR (eigene Abbildung)	101

10. Anhang

Ergebnisse und Fragebögen

Die Ergebnisse der Fragebögen können unter folgenden Links für die beiden jeweiligen Untersuchungsgruppen betrachtet werden.

Neugestaltung Schwedenplatz (VR Gruppe): tinyurl.com/vrgruppe

Neugestaltung Schwedenplatz (Plan Gruppe): tinyurl.com/plangruppe

Exemplare der verwendeten Fragebögen sind auf den folgenden Seiten dargestellt.

Fragebogen Virtual Reality

Neugestaltung Schwedenplatz

Ihre Antworten werden anonymisiert für Forschungszwecke im Rahmen meiner Diplomarbeit ausgewertet.

Welche Neugestaltung hat Ihnen besser gefallen?



realgrün
Landschaftsarchitekten

Zplus Landschaftsarchitektur

Welcher Platz bietet Ihrer Meinung nach mehr Rasenfläche zum Aufenthalt?

realgrün Landschaftsarchitekten

Zplus Landschaftsarchitektur

Wie sehr konnte Ihnen die Virtual Reality Ansicht helfen, die geplante Neugestaltung zu verstehen?

0 1 2 3 4 5
Gar nicht Sehr gut

Ist Ihnen während der Betrachtung durch die VR-Brille übel, schwindlig, oder schlecht geworden?

0 1 2 3 4 5
Gar nicht Sehr stark

Empfanden Sie die Bedienung (Bewegung, Teleportation) in der VR-Darstellung als kompliziert?

	0	1	2	3	4	5	
sehr unkompliziert	<input type="radio"/>	sehr kompliziert					

Haben Sie mit Ihren Gruppenmitgliedern darüber gesprochen etwas an den Neugestaltungen zu verändern? Zum Beispiel die andere Positionierung von Elementen u.ä.

- Ja
- Nein

Fanden Sie die Möglichkeit des Tageszeitenwechsels hilfreich um ein besseres Verständnis der Neugestaltung zu bekommen?

	0	1	2	3	4	5	
Nein gar nicht	<input type="radio"/>	Ja sehr					

War die Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern für Sie wichtig, um die Neugestaltungen besser zu verstehen?

	0	1	2	3	4	5	
Gar nicht	<input type="radio"/>	Stark					

Haben Sie die Kommunikation mit Ihren anderen Gruppenmitgliedern als eingeschränkt empfunden, während Sie den Platz mit der VR-Brille betrachtet haben?

	0	1	2	3	4	5	
Gar nicht	<input type="radio"/>	Stark					

Hätten Ihnen Plandarstellungen (2D Pläne) - zusätzlich zu der VR-Visualisierung - geholfen, die Neugestaltung besser zu verstehen?

	0	1	2	3	4	5	
Nein gar nicht	<input type="radio"/>	Ja sehr					

Stellen Sie sich vor die Stadt Wien veranstaltet, im Zuge einer Neugestaltung einer öffentlichen Fläche in Ihrer Wohngegend, ein Event bei dem Sie eingeladen werden, die Pläne der Neugestaltung zu betrachten, mit anderen BürgerInnen und ExpertInnen zu diskutieren und Ihre Meinung in den Planungsprozess einzubringen. Würden Sie an einer solchen Veranstaltung teilnehmen?

- Nein, kein Interesse
- Nein, ich würde mich zu der Neugestaltung lieber nur über das Internet austauschen
- Ja, aber nur wenn moderne Technologien, wie zum Beispiel Virtual Reality, für die Betrachtung der Pläne zur Verfügung stehen
- Ja, unabhängig davon ob Virtual Reality eingesetzt wird

Haben Sie noch etwas das Sie sagen wollen? Meinungen, Anregungen, Kritik?

Geschlecht:

- Männlich
- Weiblich

Alter:

- Unter 18
- 18 - 29
- 30 - 44
- 45 - 60
- Über 60

Höchste abgeschlossene Ausbildung:

- Kein Pflichtschulabschluss
- Pflichtschulabschluss
- Lehrabschluss
- Abitur / Matura
- Universität / Fachhochschule

Fragebogen Plandarstellungen und Fotomontagen

Neugestaltung Schwedenplatz

Ihre Antworten werden anonymisiert für Forschungszwecke im Rahmen meiner Diplomarbeit ausgewertet.

Welche Neugestaltung hat Ihnen besser gefallen?



realgrün
Landschaftsarchitekten

Zplus Landschaftsarchitektur

Welcher Platz bietet Ihrer Meinung nach mehr Rasenfläche zum Aufenthalt?

realgrün Landschaftsarchitekten

Zplus Landschaftsarchitektur

Wie sehr konnten Ihnen die bereitgestellten Unterlagen helfen, die geplante Neugestaltung zu verstehen?

0 1 2 3 4 5
Gar nicht Sehr gut

Empfanden Sie die Unterlagen eher als leicht oder schwer verständlich?

0 1 2 3 4 5
leicht schwer

Falls Sie Probleme hatten die Unterlagen zu verstehen, nennen Sie bitte welche Darstellungen (Pläne, Schnitte, Renderings) Probleme bereitet haben und zählen Sie ein paar Stichworte auf, warum diese Probleme bereitet haben:

Haben Sie mit Ihren Gruppenmitgliedern darüber gesprochen etwas an den Neugestaltungen zu verändern? Zum Beispiel die andere Positionierung von Elementen u.ä.

- Ja
- Nein

War die Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern für Sie wichtig, um die Neugestaltungen besser zu verstehen?

	0	1	2	3	4	5	
Gar nicht	<input type="radio"/>	Stark					

Haben Sie die textlichen Erläuterungen zu den Neugestaltungen gelesen?

- Nein, gar nicht
- Nur grob überflogen
- Größtenteils
- Ja, alle

Glauben Sie, dass Ihnen realitätsnähere Ansichten der Neugestaltung geholfen hätten, dass Sie diese besser verstehen können?

	0	1	2	3	4	5	
Nein gar nicht	<input type="radio"/>	Ja sehr					

Stellen Sie sich vor die Stadt Wien veranstaltet, im Zuge einer Neugestaltung einer öffentlichen Fläche in Ihrer Wohngegend, ein Event bei dem Sie eingeladen werden, die Pläne der Neugestaltung zu betrachten, mit anderen BürgerInnen und ExpertInnen zu diskutieren und Ihre Meinung in den Planungsprozess einzubringen. Würden Sie an einer solchen Veranstaltung teilnehmen?

- Nein, kein Interesse
- Nein, ich würde mich zu der Neugestaltung lieber nur über das Internet austauschen
- Ja, aber nur wenn bessere Methoden zur Darstellung und Visualisierung der Pläne verwendet werden
- Ja, auf jeden Fall

Haben Sie noch etwas das Sie sagen wollen? Meinungen, Anregungen, Kritik?

Geschlecht:

- Männlich
- Weiblich

Alter:

- Unter 18
- 18 - 29
- 30 - 44
- 45 - 60
- Über 60

Höchste abgeschlossene Ausbildung:

- Kein Pflichtschulabschluss
- Pflichtschulabschluss
- Lehrabschluss
- Abitur / Matura
- Universität / Fachhochschule