

DIPLOMARBEIT

AR und VR in der urbanen Planung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ techn. Julia Forster

Forschungsbereich Örtliche Raumplanung - Simlab E280/4

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Paul Kästner, B.Sc.

01126380

Wien, 25.05.2021



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht Chancen der Augmented Reality und Virtual Reality (AR und VR) als Visualisierungstools in der urbanen Planung. Aus theoretischer und praktischer Perspektive wird ein Überblick über die Möglichkeiten, Chancen und Risiken erarbeitet, mit Beispielen aus Praxis und Literatur belegt und um Vorschläge und Ideen, die aus Experimenten mit AR- und VR-Tools hervorgegangen sind, ergänzt. Es wird gezeigt, dass eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten in der Planung und in planungsnahen Disziplinen vorhanden sind. Zusätzlich werden die Einbettung der Technologie in der Planungsstrategie der Stadt Wien und mögliche zukünftige Entwicklungen thematisiert.

Entsprechend den Ergebnissen des theoretischen Teils werden zwei ausgewählte Smartphone-AR-Darstellungen prototypisch entworfen und entwickelt, der Arbeitsprozess dokumentiert und mögliche Weiterentwicklungen skizziert.

Mit der AR-Visualisierung eines Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes wurde eine Reduktion der Abstraktion der dargestellten Inhalte erreicht. Im zweiten Praxisbeispiel wurde die AR-Darstellung als Möglichkeit, Chancen von Stadtbegrünung im urbanen Raum grafisch aufzuzeigen, untersucht.

Abstract

This master's thesis explores opportunities of augmented reality and virtual reality (AR and VR) as visualization tools in urban planning. From a theoretical and practical perspective, an overview of the possibilities, opportunities and risks is elaborated, substantiated with examples from practice and literature, and additionally supplemented with suggestions and ideas that emerged from experiments with AR and VR tools. It is shown that a variety of possible applications exist in planning and planning-related domains.

In addition, the embedding of the technology in the planning strategy of the City of Vienna and possible future developments are addressed. According to the results of the theoretical part, two selected smartphone-AR-visualizations are prototypically designed and developed, the work process is documented and possible further developments are outlined.

With the AR-visualization of a zoning and development plan, the reduction of the abstraction of the content was achieved. In the second practical example, AR-visualization was examined as a way to graphically demonstrate opportunities for urban greening in urban spaces.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte wurden gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht.

26.5.2021

Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation, Problemstellung und Relevanz.....	1
1.2 Zielsetzung & Forschungsfrage	7
1.3 Vorgehensweise und Methodik	9
2 Definition, Entwicklung und Funktionsweise	10
2.1 Definition, Abgrenzung und Einordnung.....	10
2.1.1 Augmented Reality (AR)	13
2.1.2 Augmented Virtuality (AV).....	14
2.1.1 Virtual Reality (VR)	15
2.2 Entwicklung/Geschichte	16
2.3 Funktionsweise, Geräte und Darstellungsmethoden	18
2.3.1 Augmented Reality (AR)	18
2.3.2 Virtual Reality (VR)	24
3 Rahmenbedingungen (Programme, Projekte und Strategien).....	30
3.1 Partizipatorische Rahmenbedingungen	30
3.2 Smart City Rahmenstrategie	34
3.3 Digitale Agenda Wien 2025	35
3.3.1 Wien gibt Raum	37
3.3.2 Wien gibt Raum – Kappazunder (Infra3DCity)	38
3.3.4 Digitale Baueinreichung	39
3.4 EU-Forschungsprojekt - BRISE-Vienna.....	40
3.5 Zwischenfazit: Die Wiener Rahmenbedingungen	41
4 AR und VR als Kommunikationsmedium in der urbanen Planung.....	43
4.1 Grundlagen/Vorleistungen	44
4.2 Was können AR und VR für die Raumplanung leisten?.....	47
4.3 Anwendungsfelder und Praxisbeispiele.....	53
4.3.1 Digitale/Virtuelle Begehung	54
4.3.2 Planungs- und Projektvisualisierung	55
4.3.3 Variantenvergleich.....	60
4.3.4 Erweiterung analoger Inhalte/Pläne	62
4.3.5 Stadtmöblierung, -begrünung und -gestaltung	65
4.3.6 Leitungsinfrastruktur & Instandhaltung.....	68
4.3.7 Planerische Interventionen, Visionen und Bewusstseinsbildung	69
4.3.8 Städtisches Erbe	72

4.4 Herausforderungen und Risiken in der Anwendung.....	75
4.4.1 Empirischer Nutzen der Darstellungsmethoden.....	75
4.4.2 Abstraktion, Darstellung und Realität	75
4.4.3 Datengrundlagen und Kompatibilität	78
4.4.4 Finanzieller Aufwand	79
4.4.5 Cybersickness, Ergonomie und Hygiene	80
4.4.6 Selektion/Ausschluss durch technische Anforderungen	80
4.4.7 Datenschutz	82
5 Fazit	83
6 AR-Praxisprojekte	89
6.1 Auswahl und Zielformulierung	89
6.2 Projektbeschreibung	90
6.2.1 AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan	90
6.2.2 Augmented Trees	91
6.3 Hard- und Software	91
6.4 Arbeitsdokumentation	95
6.4.1 Umsetzung: AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan	97
6.4.2 Prototyp und Konzept: Augmented Trees	103
6.5 Projektergebnisse, Kritik und Entwicklungschancen	105
6.5.1 AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan	105
6.5.2 Augmented Trees	110
6.6 Fazit: Praxisprojekte	115
7 Diskussion und weiterführende Fragen	117
8 Ausblick & Empfehlungen	119
9 Verzeichnisse	124
9.1 Abbildungsverzeichnis	124
9.2 Literaturverzeichnis	126
10 Anhang	138
Anhang 1: Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten	138
Anhang 2: Einrichtung der Android-Entwicklungsumgebung für Unreal	143



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation, Problemstellung und Relevanz

Die Anzahl der Menschen, die in urbanen Räumen leben, ist zwischen 1950 und 2018 von 751 Millionen auf rund 4,2 Milliarden Menschen gestiegen. (United Nations, 2018) Eine Änderung dieses Trends der Urbanisierung ist derzeit nicht absehbar. Bis 2050 wird prognostiziert, dass zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden. (UN Sustainable Development Goals, n.A.) Durch das Wachstum der Städte und globale Entwicklungen wie den Klimawandel entstehen zusätzliche neue Herausforderungen in urbanen Gebieten. Diese Herausforderungen sind unter anderem Umweltprobleme, Luftverschmutzung, Mangel an natürlichen Ressourcen und überlastete Infrastruktur. (Jamei et al., 2017:1f.) All diese Veränderungen erfordern Investitionen in den öffentlichen Verkehr, die Schaffung grüner öffentlicher Räume und die Verbesserung der Stadtplanung und des Stadtmanagements in partizipativer und integrativer Weise. (UN Sustainable Development Goals, n.A.)

Wien wurde in den vergangenen Jahren wiederholt als „Lebenswerteste Stadt“ der Welt ausgezeichnet. (Mercer 2019; Economist 2019) Mitunter deswegen erwartet die Stadt starkes Bevölkerungswachstum und, damit verbunden, eine rege Bautätigkeit in den kommenden Jahrzehnten. (Radecki, 2020) Angesichts des für Wien prognostizierten Bevölkerungswachstums müssen bis 2030 zusätzlich mindestens 75.000 Wohnungen und die zugehörige städtische Infrastruktur geschaffen werden. (Magistrat der Stadt Wien, 2019:73) Um diese Herausforderungen zu meistern, gilt es, neben den eigentlichen planerischen Aufgaben und Handlungsmöglichkeiten, auch die Tools und Methoden zur Vermittlung und Kommunikation von Planungen und Projekten weiterzuentwickeln bzw. zu erweitern. (Magistratsabteilung 18, 2014:26 und 14ff.)

Im Jahr 2050 werden zehn Milliarden Menschen auf der Erde leben, zwei Drittel davon in Städten, in denen der reale private Raum als „Real Estate“ schon heute zum Luxusgut geworden ist. Welche Rolle spielt in dieser Situation der unendlich verfügbare virtuelle Raum? (Steiner, 2021)

Höffken und Streich (2015) diagnostizieren drei umfassende Trends bzw. Veränderungen mit Auswirkungen auf die Stadtplanung: 1) Ein neues Rollenverständnis der AkteurInnen stadtplanerischen Handelns, welches sich unter anderem durch gesteigertes Interesse an Teilhabe und steigenden Zahlen von „Bottom up“ Prozessen äußert.

2) Die ubiquitäre Verfügbarkeit von Information und (Fach-)Wissen (u.A. über Stadtplanung), das immer mehr Menschen zur Verfügung steht (und damit verbundene Änderungen der Rollen von Handelnden der Stadtplanung).

3) Die Zugänglichkeit unterschiedlicher Arten von Wissen, welche durch technische Systeme wie „Smartphones, Social Media und Open-Source-Software, sowie neuen Produktionsmöglichkeiten, wie 3D-Drucken“ (Höffken/ Streich, 2015:37) zugänglich werden und bislang ExpertInnen vorbehalten war. „Diese dezentrale städtische Infrastruktur ist gleichzeitig Kommunikations- und Produktionsmittel, Analyse-, Erfassungs-, Visualisierungs- und Organisationstool – und zwar in den Händen der Menschen vor Ort.“ (ebd.)

Raumplanung und Architektur arbeiten in der Kommunikation von Maßnahmen und Projekten permanent mit Abbildern der Realität (z.B. Karten, Plänen) und deren Überlagerung mit geplanten Inhalten (z.B. Planinhalte, Skizzen). „Die Art und Weise, wie PlanerInnen und Stadtgestaltende über urbane Probleme und deren Lösungen nachdenken und ihre Ideen kommunizieren, ist stark, wenn auch nicht ausschließlich visuell. (...) Das Verständnis komplexer Informationen über Stadtplanung und Städtebau kann erheblich erweitert werden, wenn die Informationen visualisiert werden.“ (Langendorf, 1992; nach Smith et al., 1998:2, Übersetzung des Verfassers) Zur fachgerechten Interpretation von technischen Zeichnungen und Plänen ist gegebenenfalls Übung und jedenfalls eine Interpretationshilfe notwendig. Beispielsweise wird für die Interpretation eines Flächenwidmungsplanes die (oder Wissen über die) zugehörige Planzeichenverordnung benötigt. Mitunter deswegen sind graphische, allgemeinverständliche Darstellungen wie Visualisierungen besonders wichtig, wenn die AdressatInnen aus verschiedenen oder dem Fachgebiet fremden Bereichen kommen und eine gemeinsame Gesprächsbasis bzw. Verständnisgrundlage geschaffen werden soll.

Diese Notwendigkeit zeigte unter anderem Kotzke auf, die feststellte, dass bei der interdisziplinären Zusammenarbeit eine gemeinsame Verständigungsebene erarbeitet werden muss, um einen Diskurs überhaupt zu ermöglichen. (Kotzke in: Selle 1996:304)

Um eine Diskussions- und Verständigungsbasis zu schaffen, werden zusätzlich zu textlichen Beschreibungen, bildlichen Darstellungen und rechtlich vorgegebenen Planunterlagen oft physische, maßstäbliche Modelle genutzt, die jedoch einige Nachteile mit sich bringen: „Die einzige Möglichkeit, die Stadt in diesen Modellen zu sehen und zu "erleben", ist die "Vogelperspektive", und daher ist es fast unmöglich, die Auswirkungen einer neuen Entwicklung in menschlichem Maßstab zu beurteilen.“ (Thompson et al., 2006:2f.)

Zur grafischen Darstellung architektonischer und planerischer Entwürfe oder Projekte zu Projektpräsentations- und Marketingzwecken und als Diskussionsgrundlage in Beteiligungsverfahren und zur BürgerInneninformation werden aktuell überwiegend nicht

einheitlich gestaltete fotorealistische Visualisierungen („Renderings¹“) genutzt. Diese sind von Anschlagtafeln und Werbebannern, Plakaten oder aus Werbeanzeigen bekannt. In den vergangenen Jahren wurden auch für Umgestaltungen im Straßenraum häufig Renderings eingesetzt, um geplante oder angedachte Maßnahmen zu präsentieren und zu vermarkten. Gelegentlich ergänzen gerenderte Videos der Planungsvision die planlichen Informationen. Diese Visualisierungen bergen, wie im weiteren Verlauf der Arbeit thematisiert, Risiken der Fehlinterpretation bzw. Manipulation, beispielsweise durch die Wahl der Perspektive bzw. des Blickwinkels (Reinwald et al., 2013:346), des dargestellten Wetters, Lichteffekten und Reflexionen oder allein durch die Platzierung von nicht unmittelbar themenrelevanten Elementen in der Darstellung. (Janusz, 2016:54f.)

Alle diese Darstellungen und Pläne vereint, dass sie zweidimensional in ihrer räumlichen Ausprägung sind, während die (Aus-)Wirkungen jedenfalls dreidimensional in der Realität in Erscheinung treten werden. Gibson (1973) beschreibt, dass der Mensch gewohnt ist, in einer dreidimensionalen Welt zu agieren und dies auch die menschliche Informationsverarbeitung prägt. „Die Dreidimensionalität erleichtert durch die Tiefenwahrnehmung dem Menschen sowohl die Orientierung im Raum als auch die Identifikation von Objekten und Standorten“. (Gibson, 1973:244 und 333f.; nach: Wietzel, 2007:154)

Eine „Reduktion der Dreidimensionalität der Umgebung durch verbale Beschreibungen oder zweidimensionale Abbildung (...) (bedingt, Anm.) immer eine vorgeschaltete Informationsreduzierung. Dieser Informationsverlust erfordert beim Rezipienten eine mentale Rekonstruktion (...). Die mentale Rekonstruktion erfolgt wiederum durch Muster- oder Modelloassoziationen. Abweichungen zwischen Originalobjekt und mental Rekonstruiertem, beispielsweise in räumlicher Dimension oder Lage, sind hierbei systemimmanent.“ (Wietzel, 2007:156) Nach dem Modell der Plankommunikation von Fürst & Scholles (2008) (Abb. 1) kann die Wahrnehmung (das Verständnis) von Projekten erheblich beeinträchtigt werden und so zum Beispiel zu Missverständnissen, Erwartungshaltungen oder Konflikten führen:

„Planer bedienen sich eines in Fachkreisen sehr festgesetzten und durch Gesetzesvorgaben definierten Wortschatzes um ein Problem in der Planung zu definieren. Hierbei codieren sie ihre Kernaussage, die der Empfänger wieder decodieren muss. Dabei können Übermittlungsfehler entstehen, da die Empfänger innerhalb ihres eigenen Deutungsschemas bleiben.“ (Fürst & Scholles, 2008:198, zitiert nach Zeile, 2010:21)

¹ Die Formulierung „Renderings“ ist nicht eindeutig, als der Begriff für PlanerInnen oft statische Abbilder/Stimmungsbilder/Visionen beschreibt (so auch in dieser Arbeit), wobei jedes in 3D-Anwendungen berechnete Einzelbild grundsätzlich auch als Rendering bezeichnet werden kann.

Aufgabe von PlanerInnen ist es mitunter auch, interessierten LaiInnen die Möglichkeit zu geben, möglichst schnell und niederschwellig eine eigene, informierte Meinung zu bilden. (Broschart, 2011:6) Dabei besteht besonders in der Kommunikation mit Fachfremden aber auch innerhalb des Fachgebietes Potenzial missverständlicher Interpretationen (Codierungen) der Planungsinhalte durch Emotionen wie Abwehrhaltungen aufgrund persönlicher Ängste oder eigener Vorstellungen. (Fürst & Scholles, 2008:198; nach: Zeile, 2011:21)



Abb. 1: Modell der Plankommunikation nach Fürst & Scholles, 2008 (eigene Darstellung)

AkteurInnen, ob PolitikerInnen, StakeholderInnen oder AnrainerInnen, welche nicht ständig mit der Materie befasst sind, stoßen möglicherweise an die Grenzen ihres räumlichen Vorstellungsvermögens oder notwendigen Fachwissens, um sich Plandokumente oder geplante Maßnahmen, die oft ausschließlich in textlicher Form oder als Plan vorliegen, entsprechend, dreidimensional und im räumlichen Kontext vorstellen zu können:

„Zum Beispiel haben Architekten durch jahrelanges Studium und durch Erfahrung die Fähigkeit erworben, durch Betrachten von 2D-Bauplänen sich ein Gebäude vor ihrem geistigen Auge vorzustellen – viele Bauherren verfügen über diese Fähigkeit nicht.“ (Dörner et al., 2013:9) ArchitektInnen und PlanerInnen nutzen deshalb häufig 3D-Modelle und auch maßstäbliche physische Modelle als Interpretationsmedium zwischen nicht-technischen EntscheidungsträgerInnen und technischen AuftragsnehmerInnen. (Salminen, 2019:2)

Es wird in Planungsprozessen auf ein breites Spektrum an Visualisierungs- und Darstellungstools zurückgegriffen, das von Skizzen über (Daten-)Graphen, Karten und Text bis zu der im weiteren Verlauf dieser Arbeit diskutierten Nutzung von Mixed Reality- und Virtual Reality-Tools reichen kann, um Maßnahmen, Planungen und Projekte zu kommunizieren. Jamei et al. bezeichnen dabei die Verfügbarkeit effektiver Visualisierungstools (...) als Schlüssel, um nachhaltige und resiliente Stadtplanung betreiben zu können. (Jamei et al., 2017:6)

Planungsaufgaben sind divers und je nach Anlass und Rahmenbedingung verschieden. „Meist geht es heute um Stadtumbau, der jeweils aufgrund von Geschichte, Kontext und Nachfrage „einzigartige“, jedes Mal neue Aufgaben stellt.“ (Sieverts, in: MA21b, 2010:19)

Streich bezeichnet aktuelle Stadtplanung als „Organisationsaufgabe für die komplexen Prozesse, die Struktur und Gestalt einer Stadt verändern“. (Streich, 2011:48f.)

Der Visualisierung von Planungen in der Beteiligung und Information der AkteurInnen kommt aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte in urbanen Räumen und dem kulturellen,

strategischen und instrumentellen Wandel (des Verständnisses) der Planung (von Government zu Governance; siehe: Kanonier/ Schindelegger, 2018:70ff.) als eines von vielen, informell im Planungsverfahren einsetzbaren Tools zur Vermittlung von Interessen und Konfliktlösung, besondere Bedeutung zu. Außerdem werden besonders in urbanen Räumen immer mehr Planungsprojekte, nicht nur bedingt durch die steigende Komplexität dieser, in Zusammenarbeit vieler AkteurInnen (sowohl technisch-fachlicher als auch Interessierte/Beteiligte) erarbeitet, was den Bedarf an gemeinsamen, verständlichen Darstellungen als Diskussionsgrundlage steigert. Dabei konnten Rockmann und Adler zeigen, dass derzeit genutzte Verfahren der BürgerInnenbeteiligung „häufig nicht den Ansprüchen der modernen Gesellschaft gerecht werden und an zeitgemäße Wege der Informationsbereitstellung sowie Informationsbeschaffung angeknüpft werden sollte.“ (Rockmann/ Adler, 2015:85)

Durch die Nachverdichtung der bebauten Gebiete oder den Eingriff in die Gestaltung des öffentlichen Raumes besteht Konfliktpotenzial privater und wirtschaftlicher sowie öffentlicher Interessen. Besonders Maßnahmen für mehr Raum für aktive Mobilität im Stadtraum erhitzen die Gemüter und sorgen auch abseits sozialer Medien für rege Diskussionen. (AIT, 2019)

Besonders bei Veränderungen im Straßenraum und großen Infrastrukturprojekten ist die Vermittlung der Interessen oftmals nur schwer möglich. So ergeben sich längere Abstimmungsphasen (ebd.), welche zeit- und kostenintensiv sind.

Planungsverantwortliche und Projektentwickelnde treffen teilweise auf vehementen Widerstand, wenn in „alteingesessene“, „gewachsene“ Strukturen eingegriffen wird.

Während gewisse Vorurteile und Strömungen (z.B. „nimby“ – not in my backyard) oft nicht einfach überwunden werden können, ist eine transparente Projektkommunikation der erste Schritt, um bei lokalen AkteurInnen für höhere Akzeptanz, jedenfalls aber für mehr Wissen bzw. Verständnis über das Projekt sorgen zu können. (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2012:59f.) Die Problematik der Wahrnehmung und Meinungsbildung von bzw. zu Projekten beginnt schon mit der ersten Information darüber und bestimmt auch die Bereitschaft zur Beteiligung maßgeblich: Meinungshaltungen entstehen dabei zum überwiegenden Teil durch Nachrichten aus lokalen Zeitungen und aus Gesprächen mit Freunden und Bekannten. (Rockmann/ Adler, 2015:84f.) „Die Aussagekraft im Sinne der Neutralität und Informationstiefe sowie -korrektheit und somit ihre Eignung als Grundlage für eine dialogfähige und begründete persönliche Meinung, ist bei diesen Informationsquellen größtenteils in Frage zu stellen.“ (ebd.:85)

Zusätzlich gestaltet sich der Zugang zu Informationen für BürgerInnen oft als komplex und unpraktisch. Barrieren in der Kommunikation können unter anderem durch unterschiedliche Wissens- und Informationsbasen und ein abweichendes Verständnis von Architektur und Baukultur entstehen. (ebd.:85) Zeitgemäße, kooperative Prozesse fordern jedenfalls das „Herbeiführen eines gemeinsamen Verständnisses“ (Selle, 1996:70), da in derartigen Prozessen niemand „mehr am Kopfende sitzt, alleinige Definitionsmacht hat und entscheidet, was das Problem sei und wie es anzugehen ist.“ (ebd.) Dies zeugt von der vorherrschenden Rolle der PlanerInnen als Vermittelnde und Schnittstellen in Zeiten steigender Komplexität von Stadträumen. Aus Sicht der Projektentwickelnden und Investierenden ist es wünschenswert, die allgemeine Akzeptanz gegenüber „ihren“ Projekten zu maximieren. Widerstand gegen Projekte seitens Planungsbetroffener wie AnrainerInnen lässt sich kaum vermeiden, es sollte jedoch das Ziel sein, die Widerstände, welche durch unvollständige/unklare Projektkommunikation entstehen können, zu vermeiden. (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2012:59f.) In anderen Worten schreibt Broschart, dass es nach Methoden zu suchen gilt, „(...) mithilfe derer der Planer in seiner Aufgabe als „Übersetzer“ von städtebaulichen Problemen unterstützt werden kann.“ (Broschart, 2011:6)

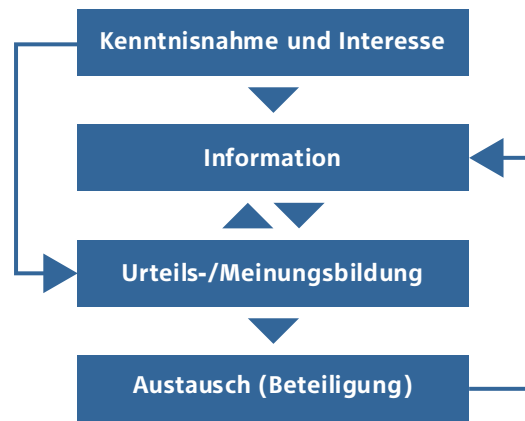


Abb. 2: Idealer Ablauf von Beteiligung (Rockmann/ Adler, 2015:85)

In der Produktentwicklung, Forschung und Aus- und Weiterbildung in technischen oder spezialisierten Berufen wird immer öfter auf Mixed- bzw. Augmented- und Virtual Reality (MR bzw. AR und VR) gesetzt, da so, zum Beispiel im Training von Piloten, bei der Erstellung von Prototypen (z.B. KFZ-Design), risikofrei und günstiger als in der realen Umgebung oder anhand physischer Modelle, Praxiserfahrung gesammelt werden kann und gegebenenfalls Fehler in der Produktion vorab korrigiert werden können. (Wietzel, 2007:186 und 200f.; Dörner et al., 2013:9f.) Von diesen Entwicklungen können auch Raumplanung und Architektur profitieren, da sich verschiedene Möglichkeiten der Visualisierung bzw. Kommunikation von Planungsvorhaben bieten. (Leimer, 2019:35)

Es ist durchaus vorstellbar, dass in näherer Zukunft MR- und VR-Applikationen ebenfalls zu den zentralen Tools in der Visualisierung planerischer Projekte zählen. Der virtuelle Raum kann als Experimentiergrundlage für Visionen und Planungen und als „Fenster in die Zukunft“ genutzt werden, der reale Raum in AR mit Virtuellem überlagert werden und so das Wissen

über und das Verständnis für Planungen und Projekte fördern. AR- und VR-Tools können auch als „intuitive Schnittstelle zwischen der künstlerischen Welt des Stadtplaners und der rationalen Welt der städtischen Daten“ (Hanssen, 2017:92, Übersetzung des Verfassers) interpretiert werden und bei der Beantwortung drängender urbaner Probleme helfen.

Diese Potenziale der Darstellungsformen, wie beispielsweise die Chance, ohne tatsächliche Eingriffe in den Raum Situationen und Entwicklungen simulieren zu können (Smith et al., 1998:4f.), die immersive Visualisierung ganzer Projekte über die (z.B. Verkehrs-) Simulation in der virtuellen Umgebung bis zur Darstellung von kleinräumlichen Maßnahmen wie Stadtmöblierung in AR (Schrom-Feiertag et al., 2018:4f.) werden in der Raumplanung noch nicht ausgeschöpft, auch wenn bereits seit den 1960er Jahren an der Nutzung derartiger Anwendungen (teils auch für die Planung) geforscht wird und bereits international eine Vielzahl an planerischen Projekten mit AR- und VR-Unterstützung umgesetzt wurden.

Die Anwendungsmöglichkeiten von Augmented Reality und Virtual Reality in der urbanen Planung sind der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Es wird ein Überblick über die - durch die rasante technologische Entwicklung der vergangenen Jahre - veränderten Möglichkeiten, Chancen und Risiken der Nutzung der Methoden gegeben, der PlanerInnen dabei helfen kann, einen anwendungsorientierten Überblick zu gewinnen.

1.2 Zielsetzung & Forschungsfrage

Ziel der Arbeit ist es, die Anwendungsmöglichkeiten und Rahmenbedingungen für die Nutzung von Mixed- bzw. Augmented- und Virtual Reality (MR bzw. AR und VR) in der urbanen Planung zu erfassen und eine Übersicht über mögliche Anwendungsmöglichkeiten der Visualisierungstools, zur Unterstützung des fachlichen wie partizipativen Diskurses, zu erarbeiten.

Anhand von dokumentierten Beispielen aus der Praxis, theoretischen Erkenntnissen und Erfahrungen aus der Umsetzung von Praxisbeispielen werden Chancen, Methoden und Werkzeuge untersucht, die diese Technologien der urbanen Planungspraxis im Sinne evidenzbasierter und bewusster Entscheidungsfindung bieten.

Dabei verfolgt die Arbeit das Ziel, einen praxisorientierten Überblick über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten sowie deren, für das Verständnis notwendige, technische und theoretische Hintergründe zu präsentieren. Die Chancen und Bedingungen für einen Einsatz und zu beachtende Risiken in der Anwendung werden dokumentiert und durch mögliche Entwicklungschancen und Potenziale ergänzt.

Es wird ermittelt, ob in übergeordneten Strategiepapieren und -plänen, die die Rahmenbedingungen für die Planung in Wien vorgeben, bereits Anwendungsfälle für AR und VR vorgesehen sind oder empfohlen werden, diese implementiert wurden oder Vorleistungen für einen künftigen Einsatz dieser erbracht wurden bzw. vorhanden sind.

Zusätzlich werden, um die praxisorientierten Chancen der Technologien für PlanerInnen zu beleuchten, Praxisbeispiele prototypisch umgesetzt, die PlanerInnen bei den ermittelten Herausforderungen unterstützen können. Die Arbeitsschritte, Ergebnisse und der jeweilige Zeitaufwand werden dokumentiert.

Diese breite Themenstellung wurde basierend auf folgender Forschungsfrage und den davon abgeleiteten forschungsleitenden Fragestellungen erarbeitet:

Welche Potenziale und Nutzungsmöglichkeiten bieten AR- und VR-Anwendungen bzw. -Tools zur Projektkommunikation und Visualisierung in urbanen Planungsprozessen?

- Was können AR- und VR-Tools beitragen, um die Entscheidungsfindung in Planungsprozessen zu erleichtern?
- Wie sind AR- und VR-Anwendungen und -Tools in den übergeordneten Konzepten und Leitlinien der Stadt erfasst bzw. vorgesehen?
- Welche Risiken müssen bei der Anwendung von AR- und VR-Tools beachtet werden?

1.3 Vorgehensweise und Methodik

Die zugrundeliegende Methode der Arbeit ist digital und analog durchgeführte Literaturrecherche und -analyse. Außerdem wurden eigene Grafiken und Illustrationen erstellt und abgewandelt, um Prozesse, Funktionsweisen und Anwendungsmöglichkeiten erklärend zu präsentieren. Die Literaturrecherche wurde in Suchmaschinen und der Online-Datenbank der Universitätsbibliothek der TU Wien (CatalogPlus und Elektronische Zeitschriftenbibliothek) begonnen und in online-Publikationsdatenbanken fortgesetzt. Ergänzt wurde dieser Ansatz mit Informationen aus fachlich einschlägigen Nachrichtenkanälen und Magazinen, um aktuelle Trends und Entwicklungen berücksichtigen zu können.

Nach der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wurden Experimente mit unterschiedlichen AR- und VR-Interfaces und Tools durchgeführt, die von der Erprobung der Raumerkundung in Google Earth VR, bis zu Testläufen mit unzähligen AR-Apps und den ersten Versuchen in der AR-App-Entwicklung reichten.

Es wurden Praxisprojekte durchgeführt und dokumentiert, um den Arbeitsablauf und den notwendigen Aufwand in der Erstellung abgrenzen zu können und die Umsetzung nachvollziehbar zu präsentieren. Die Erstellung bzw. Programmierung der Praxisbeispiele wurde zuvor und im Prozess anhand von verschiedenen Online Tutorials selbsttätig erlernt. In der Entwurfsphase der Praxisprojekte wurde in informellen Interviews mit in der Bezirkspolitik und Stadtverwaltung tätigen Personen Herausforderungen und Wünsche aus der bzw. in der Praxis und eventuelle Erwartungshaltungen an AR- und VR-Nutzungen in Planungsprozessen ermittelt, die anschließend in die Umsetzung der Praxisbeispiele eingeflossen sind.

2 Definition, Entwicklung und Funktionsweise

2.1 Definition, Abgrenzung und Einordnung

Vor der Thematisierung der Nutzungsmöglichkeiten der Methoden für die Planungspraxis werden grundlegende Definitionen von Augmented Reality (AR), Augmented Virtuality (AV) und Virtual Reality (VR) sowie jeweils die technischen Funktionsweisen beschrieben.

In der Terminologie und den Definitionen der Virtual Reality und der Mixed Reality fallen, besonders in der nicht wissenschaftlichen Berichterstattung, unscharfe und teils homonym verwendete Begriffe auf. Ähnliches beobachtete Wietzel bereits 2007. (Wietzel, 2007:207) So wird beispielsweise in Magazinen und umgangssprachlich „Mixed Reality“ regelmäßig als Überbegriff für alle Formen der Virtualität, manchmal hingegen als „Mittelding“ zwischen AR und AV benutzt.

Dörner et al. betonen, dass VR als relativ junges Wissenschaftsgebiet, dessen Weiterentwicklung unter anderem stark von Fortschritten bei der zugrundeliegenden Hardware getrieben wird, noch keine einheitliche, exakte Definition von „Virtueller Realität“ hervorgebracht hat. (Dörner et al., 2013:12) Ähnliches trifft auch auf die AR und AV zu, jedoch ist in der Literatur eindeutiger Konsens erkennbar, sich auf Milgrams und Kishinos Definition von Virtualität zu berufen.

Milgram und Kishino bezeichneten in ihrem Zugang zu einer taxonomischen Einordnung der Virtualität alles zwischen der absolut realen Umgebung (Real Environment) und der absoluten Simulation der Umgebung (Virtual Environment) als „Mixed Reality“. (Milgram/ Kishino, 1994:10f.)

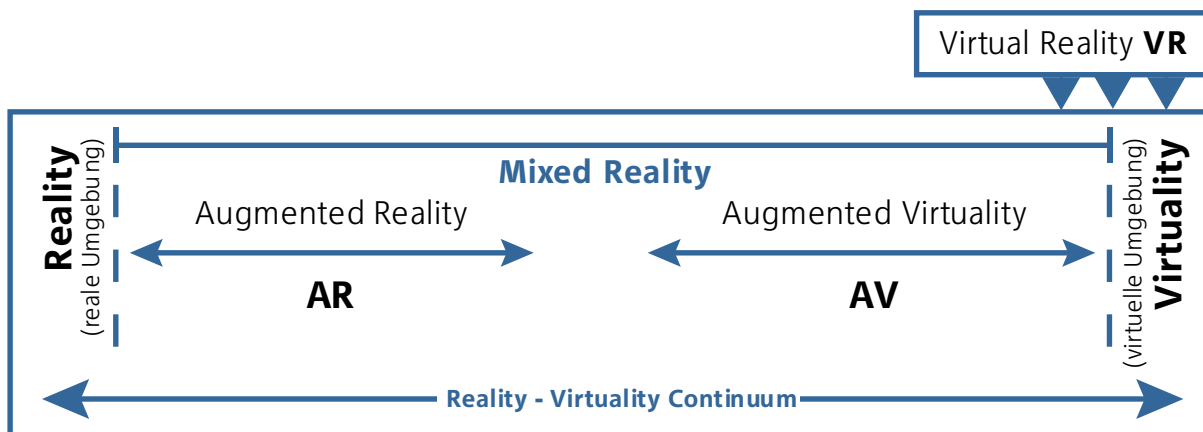


Abb. 3: Reality-Virtuality Continuum & VR (eigene Darstellung, Milgram/ Kishino, 1994:3)

Abb. 3 stellt die Einordnung von Virtual Reality, Augmented Reality und Augmented Virtuality im „Reality-Virtuality Continuum“ nach Milgram dar. (Milgram/ Kishino, 1994:3)

Mixed Reality (MR) beschreibt nach Milgram et al. einen Verlauf zwischen Realität und Virtualität „wobei der Anteil der Realität kontinuierlich abnimmt, während sich der der

Virtualität entsprechend erhöht. Soweit der Anteil der Virtualität hier überwiegt, ohne dass die Umgebung dabei ausschließlich virtuell ist (virtuelle Realität), so spricht man von Augmentierter Virtualität (engl. Augmented Virtuality). Ist hingegen der Anteil der Realität größer, so handelt es sich um AR.“ (Dörner et al., 2013:246) Der Übergang zwischen den Stufen der Virtualität nach Milgram ist, wie auch der Name „Continuum“ suggeriert, immer ein unscharfer, was eine theoretisch-eindeutige, starre Zuordnung von Anwendungsmöglichkeiten – besonders im Übergang von AR zu AV - erschwert, was auch die Autoren erkannten und die Verwendung des übergeordneten Begriffes der Mixed Reality empfahlen. (Milgram/ Kishino, 1994:4)

Die vollständig virtuelle Umgebung ist nach Milgrams und Kishinos Definition kein Teil von Mixed Reality, dabei ist die Abgrenzung in der Praxis oft nicht eindeutig möglich und nicht unbedingt zielführend. Virtual Reality wurde in Abb. 3 rechts verlaufend zwischen der Virtuality und Augmented Virtuality eingeordnet. Letztendlich haben die exakte Abgrenzung und Zuordnung von Anwendungsbeispielen zu AR, AV oder VR für diese Arbeit, über die grundlegenden Funktionsweisen hinaus, keine besondere Relevanz. Viel mehr sind die anzuwendenden Interfaces von Bedeutung, die im späteren Verlauf der Arbeit beleuchtet werden.

MR- und VR-Tools vereint als Darstellungsmethoden jedenfalls, dass sie Inhalte virtuell dreidimensional präsentieren können. Sie unterscheiden sich unter anderem in der Form der Präsentation der darzustellenden Inhalte, dem Grad der Immersion, der Position der Betrachtenden zu den Inhalten und den genutzten Interfaces für Eingabe, Ausgabe und Berechnung.

Zwei nicht immer einheitlich definierte Merkmale, durch die sich VR-Visualisierungen von klassischen Visualisierungsmethoden wie zum Beispiel Karten, Plänen oder Fotomontagen abgrenzen lassen, sind Präsenz und Immersion.

Als **Präsenz** wird im VR-Kontext das Gefühl beschrieben, sich wirklich in der virtuellen Umgebung zu befinden. Hinweise darauf sind zum Beispiel, wenn Nutzende in der virtuellen Umgebung reagieren, als ob es sich um eine reale Umgebung handelte. Das Gefühl setzt sich wiederum aus 3 verschiedenen Teilaspekten zusammen:

- Die *Ortsillusion* (engl. Place Illusion) beschreibt das Gefühl, sich an dem vom VR-System dargestellten Ort zu befinden
- Die *Plausibilitätsillusion* (engl. Plausibility Illusion) entsteht, wenn die Ereignisse der simulierten Umgebung so wahrgenommen werden, als ob sie wirklich geschehen.
- Die *Involviertheit* (engl. Involvement) bezieht sich auf den Grad der Aufmerksamkeit bzw. des Interesses des Nutzers an der simulierten Welt.

(Slater, 2009 und Witmer/ Singer 1998, nach: Dörner et al., 2013:18f.)

Das Konzept der Präsenz wurde ursprünglich im Kontext der Telerobotik – also der Fernsteuerung von Robotern – entwickelt. Dabei ist das Gefühl nicht auf VR beschränkt, sondern kann, in abgeschwächter Form auch in anderem Kontext, wie beim Lesen oder im Kino auftreten. (Dörner et al., 2013:17)

Immersion wird in Literatur wie in Werbung als zentrales Merkmal der Unterscheidung zwischen VR und anderen Darstellungsmethoden beschrieben, jedoch ist die Terminologie auch bei diesem Begriff nicht unbedingt eindeutig. (Dörner et al. 2013:14) Jennett et al. beschreiben Immersion über vier Faktoren: „Mangelndes Zeitgefühl“, „Verlust von Wahrnehmung der realen Welt“, „Involviertheit“ (engl. Involvement) und das Gefühl sich tatsächlich in der virtuellen Welt zu befinden. (Jennett et al., 2008; nach: Amin et al., 2016:6) Hier zeigt sich erneut, dass einige Begriffe (noch) nicht eindeutig definiert wurden, so zählen Dörner et al. (2013) den letztgenannten Faktor zum Konzept der Präsenz und nicht zur Immersion.

In dieser Arbeit wird die technische Definition von Immersion, wonach die Sinneseindrücke der Person möglichst umfassend durch ein oder mehrere Ausgabegeräte angesprochen werden (Dörner et al., 2013:13f.), benutzt. Dementsprechend umgeben immersive VR-Systeme den/die UserIn möglichst vollständig. (Whyte, 2002:3)

Unabhängig von der genutzten Technik zur Darstellung werden im folgenden Abschnitt AR, AV und VR definiert.

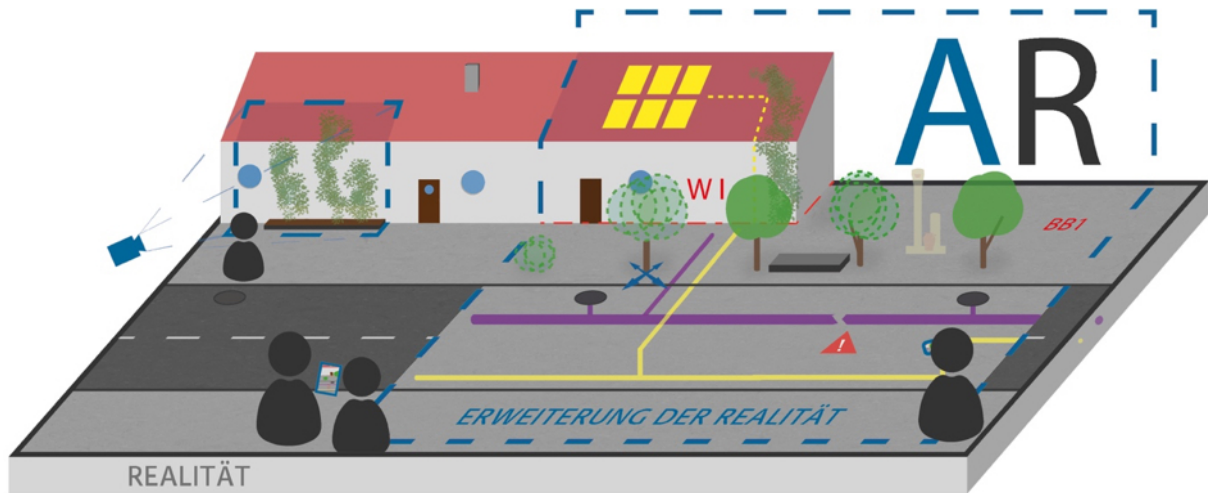


Abb. 4: Illustration AR-Chancen für die Planung (eigene Illustration)

2.1.1 Augmented Reality (AR)

Mit Augmented Reality („erweiterte Realität“) bezeichnet man im Allgemeinen die Echtzeit-Überlagerung menschlicher Sinneswahrnehmungen mit Computermodellen. Ein AR-System kann dementsprechend visuelle und teilweise auch akustische Information in Echtzeit überlagern und wiedergeben und somit die reale Umgebung mit computergenerierten Informationen ergänzen. (Höhl, 2007:499)

Azuma beschreibt drei charakteristische Merkmale eines AR-Systems: Die Kombination von realer und virtueller Welt (Überlagerung), Interaktivität und Echtzeitfähigkeit sowie die Registrierung in drei Dimensionen. (Azuma nach: Höhl, 2007:499f.; Dörner et al., 2013:245) Die Realität wird somit mit künstlichen virtuellen Inhalten angereichert, wobei der entscheidende Faktor ist, dass diese Erweiterung nicht statisch, sondern kontinuierlich und an den Standpunkt (Blickpunkt) des/der jeweiligen BetrachterIn angepasst wird. (Dörner et al., 2013:214ff.) Voraussetzung dafür ist, dass sowohl die Umgebung als auch das virtuelle Objekt über digitale Metadaten mit Angaben über Geometrie und Verortung des Objektes in einem Koordinatensystem verfügt. (Wietzel, 2007:153)

AR kann in unterschiedlichen Intensitätsstufen und zu verschiedensten Zwecken eingesetzt werden. Einige der Möglichkeiten, die später noch detailliert beschrieben werden, sind in Abb. 4 illustriert dargestellt. Allgemein unterscheidet man, je nach der Lage von Betrachter und Objekt zueinander, immersive und nicht immersive Darstellungsmethoden. Monitorbasierte Systeme (wie Smartphones) eignen sich zum Beispiel weniger, Head Mounted Displays (HMDs, ugs.: VR-Brillen) hingegen besser für die immersive Darstellung. (Höhl, 2007:500) Für die Darstellung planerischer Inhalte in AR ist die immersive Darstellung keine Bedingung.

2.1.2 Augmented Virtuality (AV)

Während in AR virtuelle Objekte den realen Raum überlagern, passiert dies in AV in umgekehrter Weise, hier überlagern reale Objekte bzw. Inhalte den virtuellen Raum. Dies können beispielsweise Video- oder Tonaufnahmen sein, die in der virtuellen Realität wiedergegeben werden. (Wietzel. 2007:207f.) Die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen sind darüber hinaus mit denen der Virtual Reality vergleichbar, mit der Ausnahme, „dass die Objekte in der

Realität durch Mess- und Aufzeichnungsgeräte erfasst und die Signale in den virtuellen Raum überführt werden.“ (ebd.) Dabei ist die theoretische Abgrenzung zu Augmented Reality aus zuvor beleuchteten Gründen kompliziert. (Milgram/ Kishino, 1994:4f.) Aktuell

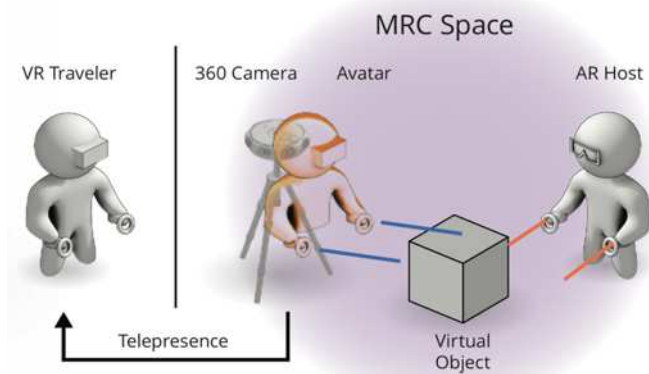


Abb. 5: Beispiel Telepräsenz. (Rhee et al., 2020:3)

wird, sofern eine Abgrenzung nicht eindeutig möglich ist, meist auf den Begriff der Mixed Reality zurückgegriffen. Zentrale Anwendungsmöglichkeiten für AV sehen Forschende in der zukünftigen Telepräsenz und Zusammenarbeit: Forschende der Universität Wellington untersuchten und entwickelten 2020 eine Möglichkeit der virtuellen „Teleportation“. Mit Hilfe einer Kombination aus AR- und VR-Tools untersuchten sie die Möglichkeit der Zusammenarbeit an einem Objekt aus der Distanz. Bei der Verwendung der asymmetrischen Anwendung betrachtet ein/e BesucherIn mit VR-HMD und Controllern das mit Unterstützung einer 360-Grad-Kamera und Tiefensensoren aufgezeichnete Bild, das auf Seiten des Host mittels AR-Brille um einen Avatar der besuchenden Person und die Position derer VR-Controller ergänzt wird (siehe Abb. 5). (Rhee et al., 2020:1ff.) Ein weiteres Beispiel stellt die Möglichkeit der technischen Fernwartung von Maschinen dar, bei welcher in der virtuellen Realität in Echtzeit Daten oder Probleme anhand eines 3D-Modells der Maschine in das HMD der TechnikerInnen eingespeist werden und diese so trotz der physischen Distanz einen optischen Eindruck über das Geschehen erlangen können.

Es konnten, über theoretisches Potenzial und die oben genannten Anwendungsfälle hinaus, keine explizit als solche definierten Anwendungsfälle für Augmented Virtuality in der Raumplanung ermittelt werden, weswegen die Kategorie im weiteren Verlauf der Arbeit nur an geeigneter Stelle erwähnt wird.

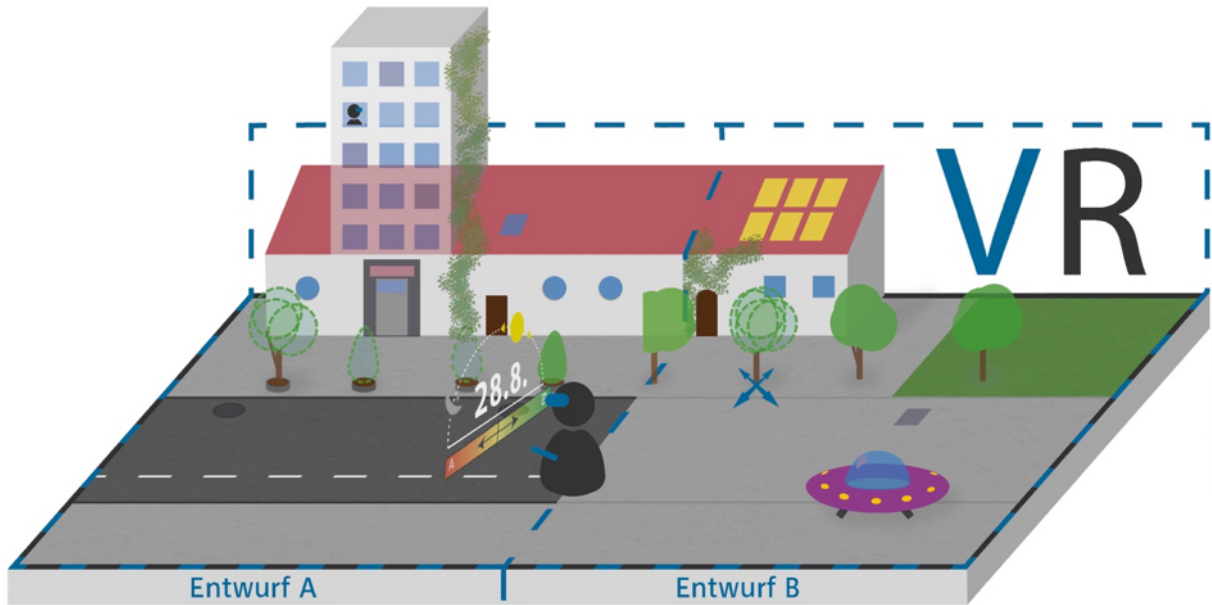


Abb. 6: Illustration einiger Potenziale von VR (eigene Illustration)

2.1.1 Virtual Reality (VR)

Rheingold beschreibt VR als die Nutzung von Technologie, um eine Illusion zu schaffen, sich in einer computergenerierten Umgebung zu befinden und die Möglichkeit, sich darin (möglichst realitätsnah) zu bewegen. (Rheingold, 1991:112f.) Darauf aufbauend beschreibt Cruz-Neira VR als immersive, interaktive, multisensorische, betrachtendenzentrierte, dreidimensionale, computergenerierte Umgebungen und die Kombination von Technologien, die zum Aufbau dieser Umgebungen erforderlich sind. (Cruz-Neira et al. 1993:135) VR erlaubt es, komplexe, räumlich dargestellte Daten zu „betreten“ und zu erkunden. Die nutzende Person ist aktiv beteiligt: Sie kann sich im virtuellen Modell uneingeschränkt bewegen. (Caneparo, 1997:434)

Die menschliche Eigenschaft, in bestimmten Situationen den augenscheinlichen Widerspruch einer virtuellen oder fiktiven Welt zur Realität auszublenden und dies auch zu wollen, führt beispielsweise dazu, dass virtuelle Abgründe Angstreaktionen auslösen können und eine Achterbahnfahrt in VR als aufregend empfunden werden kann. Dieses von Samuel T. Coleridge geprägte Phänomen (engl. „willing suspension of disbelief“) macht es möglich, schon durch die Vermittlung von virtuellen visuellen Informationen, glaubhafte virtuelle Umgebungen zu realisieren. (Dörner et al., 2013:7f.)

Erst dieses Phänomen ermöglicht es, Virtual Reality zu „erleben“ und ein Abbild der Realität, Szenarien oder Utopien zu erleben. „VR versetzt Nutzende in die Lage innerhalb einer simulierten Umgebung zu agieren. Im Idealfall geschieht dies - wie in der realen Welt - mit einer voraussetzungslosen Nutzung und hohen Interaktionsmöglichkeiten.“ (Brill, 2009; nach: Frieden et al., 2018:428)

Whyte beschreibt drei definierende Charakteristika von virtueller Realität: Interaktivität, Räumlichkeit und Echtzeitfähigkeit, wobei das Ausmaß der drei in den Umsetzungen variieren kann. (Whyte, 2002:3f.) Räumlichkeit und Echtzeitfähigkeit sind in den meisten zeitgemäßen VR-Umsetzungen jedenfalls gegeben, Interaktivität oft nur beschränkt über die freie Bewegung hinaus. (ebd.:4) VR erlaubt es Nutzenden zumindest, in alle Richtungen zu „blicken“, während der sichtbare Teil der virtuellen Umgebung entsprechend den Bewegungen in Echtzeit angepasst wird. (Pausch et al., 1997:1)

Haklay bezeichnet VR als die „höchste Stufe der Visualisierungen“ für die Planung und planungsnahe Disziplinen, wobei die zweidimensionale Karte als die erste Stufe und einfachste Darstellung von Inhalten gilt. (Haklay, 2011:3) So biete VR „eine Plattform, um die Auswirkungen zukünftiger Stadtentwicklungsszenarien vor jeder Umsetzungsphase zu visualisieren, und führt dadurch zu einer erheblichen Kostenreduzierung, einer drastischen Verbesserung der Umwelt in den Städten (...) und schließlich zu einer weiteren soziokulturellen und psychologischen Sensibilisierung der Stadtbewohner.“ (Jamei et al., 2017, Übersetzung des Verfassers)

2.2 Entwicklung/Geschichte

Auf die geschichtliche Entwicklung von AR und VR wird in dieser Diplomarbeit mit Ausnahme einiger relevanter Trends und planungsbezogener Nutzungen aus der näheren Vergangenheit nicht näher eingegangen. Einen planungsbezogenen, kompakten Überblick diesbezüglich präsentiert Leimer in seiner Diplomarbeit. (siehe: Leimer, 2019:19ff.)

Auffällig ist die erkennbar hohe Erwartungshaltung an die Möglichkeiten von Mixed- und Virtual-Reality Technologien, sowohl für die Anwendung in der Planung als auch in der Unterhaltungsbranche, in Presseberichten und wissenschaftlichen Publikationen, die um die 2010er Jahre veröffentlicht wurden. Dies ist in aktuellen Publikationen nicht mehr derartig beobachtbar. Gartner's „Hype Cycle“ bildet die Entwicklung der Erwartungshaltung gegenüber neuen Technologien ab und ist eine grafische Darstellung „des Reifegrads und der Akzeptanz von Technologien und Anwendungen (...).“ (Gartner, n.A. Übersetzung des Verfassers) Demnach folgt dem „Innovation Trigger“ und dem „Peak of Inflated Expectations“ eine Phase der Ernüchterung (Trough of Disillusionment), in der die Herausforderungen, seien sie technischer oder finanzieller Natur, in den Vordergrund treten und den theoretischen Möglichkeiten der Methoden „die Grenzen aufzeigen“. 2012 befand sich Augmented Reality am Höchstpunkt des Hype Cycles, was sich auch durch die euphorische Berichterstattung in Medien und das Emporkommen verschiedenster prognostizierter, teils utopischer Nutzungsmöglichkeiten dieser Technologie in dem Zeitraum widerspiegelt.

Mit dem „Fall“ der AR im Hype Cycle in das sogenannte Tal der Enttäuschungen („Trough of Disillusionment“) nahm die Berichterstattung über MR-Anwendungen ab.

Mit der als „Slope of Enlightenment“

bezeichneten Phase „entsteht ein Verständnis für die Vorteile, die praktische Umsetzung, aber auch für die Grenzen der neuen Technologie.“

(Gartner, n.A., Übersetzung des

Verfassers) Seit 2018 ist VR und seit 2019 auch AR nicht mehr im Hype Cycle zu finden. (Heredina, 2020) Festzustellen ist, dass AR im Hype Cycle nie das „Plateau der Produktivität“ erreicht hat, nach Gartner jedoch schon lange im Hype Cycle präsent war, noch immer auf einen erwachsenen Zustand zusteuert und aus der Kurve entfernt wurde, um „Platz für neuere Technologien zu schaffen“. (Gartner: in skarredghost, 2019) Die letztendliche Höhe des Plateaus hängt dabei weiter davon ab, ob die jeweilige Technologie in Massen- oder Nischenmärkten angenommen wird. (Gartner, n.A.)

Lange Zeit war die notwendige Hardware für die Darstellung von AR und VR auf Endgeräten für Privatpersonen unzugänglich bzw. unerschwinglich. Durch die weite Verbreitung von leistungsfähigen Smartphones und den technischen Fortschritt, beispielsweise in der Displaytechnologie und der Rechenleistung von Computerchips, ist eine Barriere zur einfachen und erschwinglichen Nutzung virtueller und erweiterter Realität als Visualisierungstool gefallen. Auch notwendige und umfangreiche Softwareumgebungen zur Umsetzung von VR-Applikationen sind heutzutage kostengünstiger als je zuvor, viele sind sogar kostenlos verfügbar und nutzbar.

Aktuell beinhalten Smartphones leistungsstarke SOCs (System on a Chip – ein Chip, der nahezu alle Funktionen eines Computersystems auf einem Chip vereint) und Displays mit hoher Pixeldichte, was für die Nutzung der Geräte als VR/AR-Interface grundlegende Voraussetzungen sind. Im Zusammenspiel mit Bewegungssensoren und akkuraten, satellitengestützten Ortungsmöglichkeiten wird das Rendern und Darstellen von AR- und VR-Inhalten direkt am Gerät und in Echtzeit ermöglicht.

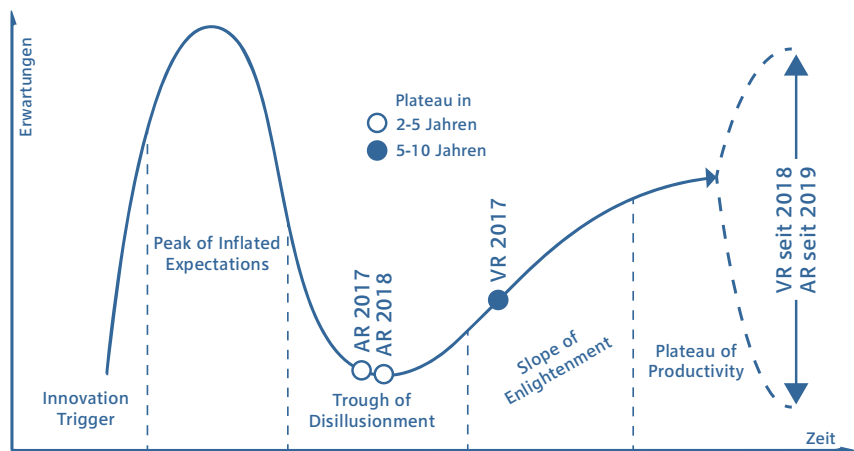


Abb. 7: AR und VR am Hype Cycle (eigene Grafik; Gartner.com, skarredghost.com)

Viele Smartphone-Modelle, ob auf Android oder iOS basierend, wie beispielsweise die „Pixel“-Serie von Google und neuere Modelle des Apple iPhones, haben Programmierschnittstellen für die Nutzung von AR und VR bereits im Betriebssystem integriert. Einzelne Geräte beinhalten seit kurzem sogar Tiefensensoren, die die Möglichkeiten für 3D-AR-Anwendungen noch erweitern (siehe Kapitel 8 Ausblick & Empfehlungen).

Es ist davon auszugehen, dass mit Smartphones einem großen Teil der Bevölkerung AR- bzw. VR-kompatible Geräte zur Verfügung stehen, was eine Chance für die weitere Verbreitung derartiger Inhalte bedeutet und dadurch auch eine Bedingung für eine breite Nutzung als Instrument der Information und BürgerInnenbeteiligung in der Raumplanung erfüllt.

2.3 Funktionsweise, Geräte und Darstellungsmethoden

Für AR und VR werden folgend Funktionsweisen, Varianten, technische Bedingungen z.B. Hardware wie Sensoren, Ausgabegeräte und Merkmale der jeweiligen Methode beschrieben, um über den theoretischen Rahmen hinaus einen anwendungsorientierten Überblick zu präsentieren, der für das grundlegende Verständnis der Methoden notwendig ist.

2.3.1 Augmented Reality (AR)

Aufgabe eines AR-Systems ist es, die reale Umgebung mit computergenerierter Information zu ergänzen und die Wahrnehmung des Menschen zu erweitern. (Friedrich/ Wohlgemuth, 2004, nach: Höhl, 2007:499)

Für eine AR-Darstellung müssen eine Referenzfläche und eine Referenzposition oder ein Referenzpunkt in der realen Welt vorhanden sein. Zusammen mit deren Daten(-Schatten) bzw. Metadaten ermöglichen diese eine korrekte Projektion eines 3D-Modells. Diese Projektion kann mit Markern oder Bildern („computer vision based AR“), verschiedenen Positionsdaten (z.B. GPS, „geospacial AR“) oder einer Kombination dieser unterstützt werden. Als Marker können unter anderem Bilddateien oder Pläne genutzt werden. (Reinwald et al., 2012:3; Bednarczyk, 2017:23f.)

Grundsätzlich besteht ein AR-System aus einer Rechereinheit, einem Anzeigesystem (Bildschirm oder HMD), einem oder mehreren Trackingsystemen (Satellitenpositionssysteme, markerbasierte oder markerlose Systeme), der Aufnahmesensorik (Kamera) und (gegebenenfalls) weiteren Eingabegeräten oder Sensoren. (Höhl, 2007:499ff.; Höhl/ Broschart, 2015b:21) Das Tracking kann auch als Bewegungsverfolgung bezeichnet werden.

Für die meisten AR-Anwendungen ist der erste Schritt die Videoaufnahme, bei welcher ein Videostream der Umgebung der betrachtenden Person, beispielsweise mit der Smartphone-Kamera, aufgenommen wird.

Im zweiten Schritt, dem Tracking, werden Lage, Position und Orientierung der betrachtenden Person bzw. des Gerätes berechnet. Dieser technisch herausfordernde Schritt ist die Voraussetzung für eine anschließende korrekte Projektion der AR-Inhalte. (Broll: in Dörner et al., 2013:242ff.) In Außenräumen erfolgt ein Teil des Trackings meist über satellitengestützte Ortungssysteme (z.B. GPS). Außerdem gibt es einige (je nach Art der Anwendung verschiedene) Herausforderungen zu bewältigen. Diese sind 1) die performante, markerlose und exakte dreidimensionale Umgebungserkennung, 2) geeignete Trackingsysteme für Vor-Ort-Visualisierungen, 3) die Berücksichtigung wechselnder Lichtverhältnisse zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten im Außenraum und 4) das genaue dreidimensionale Einpassen virtueller Geometrie in eine vorhandene städtebauliche Situation, sowie 5) die Berücksichtigung von Verdeckung von Objekten (Occlusion) und Transparenz. (Höhl/ Broschart, 2015a:73f.)

In geschlossenen Räumen, ungünstigen Verhältnissen zur Verortung von digitalen Objekten oder zur einfacheren App-Umsetzung für die digitale Positionsermittlung können (ergänzende) optische Trackingmethoden wie z.B. sogenannte „LLA-Marker“ (LAA = Latitude, Longitude, Altitude) zum Einsatz kommen, die die satellitengestützte Positionsermittlung unterstützen. Auch QR-Codes (Quick-Response-Codes) können als „LLA-Marker“ fungieren, wodurch Nutzende durch Scannen des Markers nicht nur zusätzliche Informationen einsehen können, sondern auch die zugehörige AR-Darstellung vor Ort mit den an das Anzeigegerät gesendeten Daten präzisiert werden. (Reinwald et al., 2012:3) Unterstützt wird die Lage- und Orientierungsapproximation durch Gyrosensoren und Magnetometer, die aktuell auch in den meisten Smartphones verbaut sind.

Im dritten Schritt, der (geometrischen) Registrierung, werden die im Tracking ermittelte Lage, Position und Orientierung des Anzeigesystems mit den virtuellen Inhalten in Beziehung gesetzt, wodurch letzteren Koordinaten in der AR zugewiesen werden und sie so ihren scheinbar festen Platz in der AR-Darstellung bekommen, unabhängig vom sich verändernden Blickpunkt der Betrachtenden. Im vierten Schritt, der Darstellung, wird das aufgenommene Videobild perspektivisch korrekt mit den gerenderten virtuellen Inhalten überlagert. (Broll: in Dörner et al., 2013:242ff.) Während die korrekte Berechnung der Verdeckung und Überlagerung von Realem und Simuliertem in AR eine zentrale technische Herausforderung war und bis heute ist (Wietzel, 2007:369; Höhl/ Broschart, 2015a:74), können heute selbst animierte AR-Modelle umgesetzt werden und auch die Positionierung der virtuellen Inhalte in

der Darstellung geht weitestgehend problemlos vonstatten. Die augmentierten Videobilder werden im abschließenden Schritt über ein Display, an dem auch die Kamera für die Videoaufnahme angebracht ist, wiedergegeben. (Broll: in Dörner et al., 2013:242ff.)

Im Großteil aktueller Anwendungen zur AR-Visualisierung von Inhalten erfolgt die Bewegung von der betrachtenden Person, während die perspektivische Darstellung des 3D-Modells am Wiedergabegerät in Echtzeit an die Positionsveränderungen angepasst wird.

Zur weiteren Steuerung in AR können externe und im Gerät integrierte (Touch-)Displays, Computer oder Tablets genutzt werden, um zum Beispiel Inhaltsebenen ein- oder auszublenden. Modernere, tendenziell hochpreisige AR- bzw. MR-Interfaces, wie „Microsoft HoloLens 2“, nutzen Hand- und Fingertracking im Zusammenspiel mit Gesten- und Sprachsteuerung als intuitive Steuerungsinterfaces. (Microsoft, n.A.)

Dörner et al. unterscheiden für Augmented Reality drei unterschiedliche Darstellungsmethoden: Video See Through (VST), Optical See Through (OST) und Projective AR (PAR), die sich durch unterschiedliche Hardwarekonfiguration und Anwendungsmöglichkeiten unterscheiden. Die Techniken bringen jeweils auch unterschiedliche Vor- und Nachteile mit (Dörner et al., 2013:248ff.; Höhl, 2007:499ff.) und werden folgend vorgestellt.

Video See Through (VST-AR)

Im VST-Verfahren wird die reale Umgebung mittels Videostream durch eine oder mehrere Kameras erfasst, perspektivisch korrekt mit ausgewählten 3D-Inhalten überlagert und auf einem Bildschirm ausgegeben. Dafür können Head Mounted Displays mit eingebauten Kameras oder Smartphones bzw. vergleichbare Geräte eingesetzt werden. (Dörner et al., 2013:248) Durch die Leistungssteigerung der in Smartphones verbauten Kameras, Sensoren, Prozessoren und Bildschirme wird diese Form der AR leistungsfähiger, massentauglicher und auch in Apps verstärkt genutzt. So ist und wird AR immer mehr Menschen zugänglich, da anders als für hochwertige VR-Erlebnisse kein zusätzliches Gerät oder Interface zur Nutzung von vielen AR-Anwendungen benötigt wird.

Durch die niederschwellige Möglichkeit der Bereitstellung von AR-fähigen Applikationen über Smartphones und Tablets ist diese Variante der AR die weitverbreitetste; auch AR-Spiele (wie z.B. „Pokémon Go“) setzen auf diese Form der AR-Darstellung. Die Praxisbeispiele dieser Arbeit sind ebenfalls als VST-AR-Apps umgesetzt.

Im Beispielsbild ist die VST-AR-Umsetzung von Google Maps, namens „Google Maps Live View“ zu sehen (Abb. 8). Hier wird zur Unterstützung der Navigation ein Videostream der Umgebung mit Geh-Instruktionen und einem Kartenausschnitt der Umgebung überlagert. Der/die Betrachtende nimmt in dieser Form eine Darstellung der Umwelt indirekt über den Bildschirm des Gerätes wahr. Eine weitere Nutzung von VST-AR von Google ist die Übersetzung bzw. Überlagerung von im Kamerabild angezeigtem Text nahezu in Echtzeit mit „Google Translator“.



Abb. 8:
Google Maps Live View VST
(Google, eigener Screenshot)

Optical See Through (OST-AR)

In dieser Darstellungsmethode wird die reale Umgebung von der betrachtenden Person direkt wahrgenommen. Das Ausgabegerät ergänzt die Umgebung optisch durch ein semitransparentes Display mit digitalen Inhalten. Dabei sitzen die Displays bzw. Projektionsflächen - vergleichbar mit Brillengläsern - vor den Augen der nutzenden Person. Dadurch, dass das System offen ausgeführt ist, die reale Umgebung somit nicht vollständig von virtueller Information überlagert wird, eignet sich diese Technik besonders dort, wo die Realität in kollaborativen Umgebungen mit Informationen ergänzt werden soll. (Dörner et al., 2013:248ff.; Höhl, 2007:499ff.) Da - eine entsprechende technische Umsetzung vorausgesetzt - ein großer Teil der für die Nutzenden sichtbaren Inhalte virtuell sein kann, können diese Art von Interfaces auch als „Mixed Reality Devices“ bezeichnet werden.

Nachteile der OST-AR sind, dass es teilweise Einschränkungen durch die technische Funktionsweise der Interfaces gibt. Dunkle, virtuelle Objekte scheinen in der OST-Technik aktuell oft transparent, so sind zum Beispiel virtuelle Schatten nicht oder nur eingeschränkt darstellbar. (Dörner et al., 2013:251, Tab 8.1-8.3) Die Qualität der Displays und der dargestellten Grafik ist aber jedenfalls weit von den Möglichkeiten klassischer Displays entfernt. (Bezmalinovic, 2021)

An der Weiterentwicklung derartiger Interfaces wird intensiv geforscht und gearbeitet, so auch an AR-Kontaktlinsen, die direkt Wahrgenommenes aus der Umgebung mit virtuellen Inhalten ergänzen sollen.

(Virtual Dimension Center, 2020a) Wann diese und andere Produkte tatsächlich veröffentlicht werden und ob diese abseits von wenigen Nischenmärkten angenommen werden, wird sich erst zeigen. OST-Interfaces werden aktuell



Abb. 10: HoloLens 2 Trimble Integration (Trimble.com)

überwiegend für Geschäftskunden vertrieben. Der Preis einer HoloLens 2 von Microsoft beläuft sich aktuell beispielsweise auf knapp 4000 €. (Microsoft, 2021)



Abb. 9: Microsoft HoloLens 2 (microsoft.com, eigene Bearbeitung)

Projective AR (PAR-AR)

Die Erweiterung der Realität in projektionsbasierter („projective“) AR erfolgt, anders als in den beiden zuvor genannten Beispielen, nicht durch ein Handheld-Gerät oder HMD, sondern durch Projektion von virtuellen Inhalten auf reale Gegenstände.

Diese Form von AR kann zum Beispiel zur virtuellen Manipulation von Oberflächeneigenschaften wie Farbe und Struktur oder das Projizieren von verborgenen Strukturen genutzt werden. So kann man virtuell durch Türen „sehen“ oder Leitungen, die in der Wand verlaufen, sichtbar machen (Abb. 11). (Dörner et al., 2013:249f.; Höhl, 2007:499f.)

Ein praktisches Anwendungsbeispiel stellt ein von einem Team der Universität München entwickeltes Interface dar, das es den Besuchenden eines Museums erlaubte, ein Exponat virtuell zu bemalen. Die entstandene Kolorierung wurde anschließend mit Projektoren auf das Exponat projiziert (Abb. 12).

(Bloch et al., 2019:2ff.)

Die Technik ist auch von Lichtinstallationen bekannt. In Abb. 13 ist eine der damals im Minutentakt wechselnden Beleuchtungs-Variationen des Kunsthistorischen Museum Wien im Zuge des Events „Wien Leuchtet 2016“ der MA33 zu sehen.

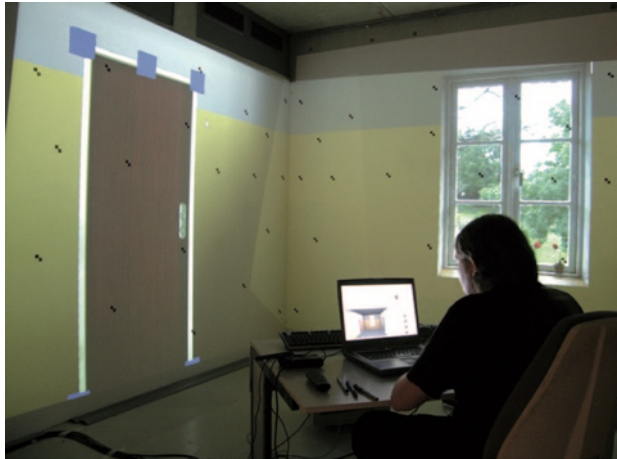


Abb. 11: Beispiel PAR (Dörner et al., 2013:249)



Abb. 12: Farbprojektion auf Exponat (Bloch et al., 2019:4)



Abb. 13: Lichtinstallation KHM, Wien Leuchtet 2016 (Fuerthner, 2016)

2.3.2 Virtual Reality (VR)

Grundsätzlich ist eine VR-Umgebung in Recheneinheit, Ein- und Ausgabegeräte zu unterteilen. Die Recheneinheit ist ein leistungsfähiges Computersystem, das für die Berechnungen und das Rendern der Inhalte (Weltsimulation) genutzt wird. (Dörner, 2013:23) „Eingabegeräte dienen der sensorischen Erfassung von Nutzerinteraktionen. Die so gewonnenen Daten werden zusammengefasst und an die Weltsimulation weitergeleitet.“ (Grimm et al., in: Dörner et al., 2013:97)

Ausgabegeräte wandeln das im Computer vorhandene Modell zu Sinnesreizen um, welche der/die NutzerIn wahrnehmen kann. Dabei ist es zielführend, möglichst viele Wahrnehmungskanäle (Sinne), derer sich der Mensch in der realen Umgebung bedient, auch in der VR-Umgebung anzusprechen (Dörner, 2013:23), um so die maximale Plausibilität der Simulation zu erreichen. Durch die in das Interface integrierten Displayeinheiten (Ausgabegeräte) und Sensoren, wie zum Beispiel für die Erfassung der Kopfposition (Headtracking), sind HMDs sowohl den Ein- als auch den Ausgabegeräten zuordenbar.

Ein wichtiger Punkt, um die VR-Umgebung real wirken zu lassen, ist die Minimierung der Latenz zwischen den an den Computer gesendeten (Bewegungs-) Befehlen und der Wiedergabe des entsprechend passenden sensorischen Outputs.

Da der/die UserIn im Fall der Nutzung eines HMDs nur noch die virtuelle Umgebung visuell (und gegebenenfalls auditiv) wahrnimmt (Whyte, 2002:3), müssen Bewegungen und Interaktionen möglichst zeitnah und authentisch in der VR wiedergegeben werden. (Wietzel, 2007:176f.)

„In einer Simulation können durchaus auf unterschiedlichen Kanälen der Präsentation, also z.B. visuell, auditiv und haptisch, verschiedene Latenzen entstehen. Die Präsentation kann dann asynchron werden. Solche Inkongruenzen können aber vom Menschen wahrgenommen werden und z.B. zu einem Unwohlsein führen.“ (Buhr et al., in: Dörner et al., 2013:197f.) (siehe auch 4.4.5 Cybersickness, Ergonomie und Hygiene).

Es gilt außerdem rein optische VR-Systeme von solchen zu unterscheiden, die multisensorisch konzipiert sind und zusätzlich zum Sehsinn auch andere Sinne wie das Gehör bespielen. Beispielsweise durch die Wiedergabe dynamischer Umgebungsgeräusche kann so das Präsenzgefühl gesteigert werden. Diese multisensorischen Systeme bieten – eine entsprechende Umsetzung vorausgesetzt – gesteigerte Immersion und Präsenz für die Nutzenden. Für die Anwendung von VR in der Planung steht in dieser Arbeit die visuelle Dimension von VR im Vordergrund.

Es gilt, zwei gängige und in der Planung einsetzbare Ausgabegeräte bzw. -Modi für VR zu unterscheiden. Das sind einerseits sogenannte CAVE-Lösungen („Cave Automatic Virtual Environment“) und die in der Arbeit bereits öfters genannten HMDs („VR-Brillen“).

Head-Mounted-Displays (HMDs)

Head-Mounted-Displays sind „Visualisierungs- und Interaktionssysteme (die man, Anm.) in Form eines Helms oder einer Datenbrille am Kopf trägt. (...) Ein miniaturisiertes Display erzeugt ein Bild, welches dem Nutzer vergrößert über eine Optik dargestellt wird.“ (Dörner et al., 2013:142) Das erste HMD wird Ivan E. Sutherland (1969) zugeschrieben (Abb. 14). Es funktionierte noch mit mechanischer Kopf-Positionserkennung und kleinen CRT-Bildschirmen. (Sutherland, 1969:759ff.) Aktuelle HMDs werden in zwei Kategorien unterteilt: HMDs wie die „Oculus Rift“, die „HTC Vive (Pro)“ oder die „Valve Index“, um nur einige zu nennen, und Karton- oder Kunststoff-Halterungen (z.B. Google Cardboard), in welche Smartphones eingeschoben werden können und so als kosteneffizientes VR-Interface nutzbar sind.

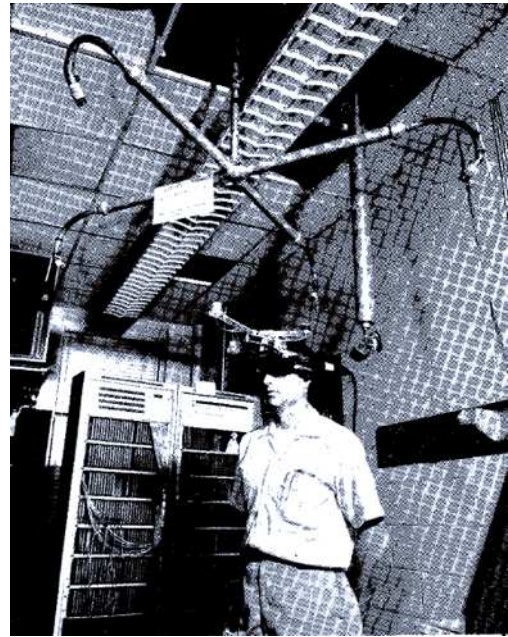


Abb. 14: Das erste HMD (Sutherland, 1969:760)



Abb. 15: HTC Vive Pro (l) und Valve Index (r) mit Controllern und Basisstationen (vive.com/valvesoftware.com)

Erstgenannte HMDs benötigen zusätzlich zu den Anschaffungskosten von der VR-Brille und -Controllern meist einen leistungsfähigen PC als Recheneinheit. Derartige VR-Interfaces bieten aktuell im Zusammenspiel mit dezidierten Controllern das hochwertigste am Markt verfügbare VR-Erlebnis. Für das Tracking von Positionsveränderungen im Raum und Kopfbewegungen („Head-Tracking“) sowie der Controller werden bei HMDs zumeist mehrere sogenannte Basisstationen genutzt, die im Zusammenspiel mit den in den HMDs verbauten Sensoren die Daten für die Positions-, Lage- und Orientierungsanpassung in der virtuellen Umgebung liefern. Mit Hilfe dieser Basisstationen können aktuell Räume bis zu 10x10 Meter mit 4 Basisstationen und bis zu 5x5 Meter mit 2 Basisstationen sensorisch abgedeckt werden. (Vive.com, n.A. (a))

Dadurch können diese VR-Systeme Nutzenden exaktes Head-Tracking, hochauflösende Bilder bei hoher Bildfrequenz, ein breites Sichtfeld und integrierte Audioausgabe bieten. (Leimer, 2019:22f.) Aktuell sind bestimmte Varianten von HMDs teilweise als sogenannte All-In-One Geräte ausgeführt, die keinen zusätzlichen PC benötigen, sondern die Sensoren und Rechneinheiten im Gerät integriert haben und auf kabellose „Stand-Alone-Nutzung“ ohne PC ausgelegt sind (z.B. Oculus Quest) und meist zu geringeren Preisen als ihre PC-gebundenen Pendanten vertrieben werden. Sie können aktuell nicht mit der Grafikqualität von PC-gebundenen Varianten aufwarten.

HMDs benötigen geeignete Interfaces zur möglichst intuitiven Steuerung in VR. So eignet sich ein 2D-Steuerungsgerät wie beispielsweise eine Computermaus oder Tastatur nicht oder nur eingeschränkt zur Steuerung in VR. (Grimm et al., in Dörner et al., 2013:97ff.) Zur möglichst natürlich wirkenden Navigation (gehen, greifen, etc.) im dreidimensionalen, virtuellen Raum bieten Hersteller explizit für VR-HMD-Gaming entwickelte Controller an. Um derartige Controller zukünftig überflüssig zu machen, wird – im Kontext von MR-Interfaces bereits seit vielen Jahren - intensiv an der latenzfreien Erfassung der vollständigen Handgestik („Fingertracking“) sowie der Übersetzung in Befehle für Software geforscht. (Microsoft, 2016) Aktuell sind HMDs in einer Preisspanne von rund 350€ (Oculus Quest) bis rund 1200€ (HTC Vive Pro) inklusive der jeweils notwendigen Sensoren erhältlich, dabei ist der Leistungsumfang entsprechend verschieden. (oculus.com, 2020; vive.com, n.A.(b))

Ebenfalls den HMDs zuzuordnen, jedoch erst im Zusammenspiel mit Smartphones funktionsfähig und im Funktionsumfang gegenüber vollwertigen HMDs stark eingeschränkt, sind Interfaces wie Google Cardboard oder Zeiss VR One Plus. In diese niederschwellig und kostengünstig verfügbaren Karton- oder Kunststoff-Halterungen werden



Abb. 16: Google Cardboard (avvr.google.com)

Smartphones eingesetzt und Inhalte, die am Smartphone stereoskopisch² wiedergegeben werden, sowie auch AR-Darstellungen sind bei Nutzung der Kamera des Smartphones möglich. Dazu ist eine Aussparung in der Cardboard vorgesehen.

² Bei stereoskopischen Darstellungen wird jedem Auge ein leicht unterschiedlicher Blickwinkel gezeigt, wodurch die Illusion der Dreidimensionalität entsteht. (Rheingold, 1991:14f.)

Beide Varianten von HMDs vereint, dass sie nur von einer Person benutzt werden können. Jede Person benötigt somit ein eigenes Gerät, um in die virtuelle Realität „einsteigen“ zu können.

Smartphones, die der Mittelklasse³ zugeordnet werden können, werden so preisgünstig zu VR-Interfaces. Das Smartphone wird durch Scannen des auf der Brille abgedruckten QR-Codes konfiguriert und in den vorgesehenen Schlitz vor den 2 eingebauten Linsen eingeschoben.

So können, abhängig von der Bildschirmqualität des Smartphones, Inhalte in VR präsentiert werden. Da die Brillen günstig hergestellt und individuell bedruckt werden können (der Verkaufspreis liegt 2020 zwischen 5€ und 15€), werden sie auch im Projektmarketing genutzt und versehen mit verschiedenen

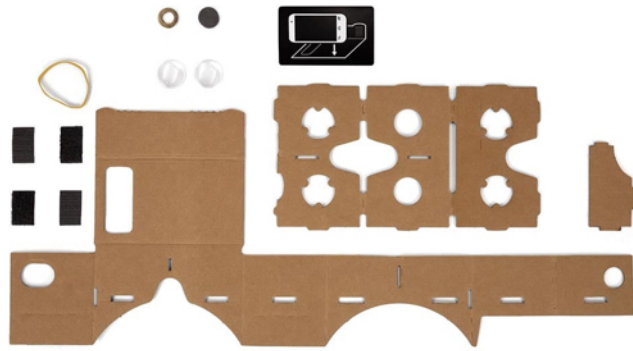


Abb. 17: Google Cardboard – Einzelteile (arvr.google.com)

Brandings vertrieben.⁴ Die mit dieser Methode erzeugten Bilder können aktuell nicht den Grad der Immersion von aktuellen vollwertigen HMDs erreichen, besonders was Sichtfeld, Tragekomfort und Bildqualität betrifft. Die Navigation in Cardboard-VR ist nur eingeschränkt über das Tracking des Blickwinkels bzw. der Blickrichtung möglich. Da in den meisten Anwendungen keine zusätzlichen Controller eingebunden werden können, wird zur Steuerung der Fokuspunkt in der VR genutzt. So kann beispielsweise eine Teleportation in der virtuellen Umgebung durch Fokussieren eines bestimmten Areales und Berühren des Bildschirms durch eine Aussparung in der Brille oder Blinzeln ausgelöst werden.

Besonders durch den geringen Anschaffungspreis und die einfache Bedienung können Cardboard-Lösungen zur niederschweligen Visualisierung von Planungsprojekten, zum Beispiel mit 360-Grad-Renderings, eingesetzt werden. Soll höhere Qualität, Navigation oder Steuerung in der VR-Umgebung möglich sein, müssen HMDs genutzt werden.

³ Auf Portalen für Unterhaltungselektronik werden Smartphones mit einem Marktpreis von € <400,- der Mittelklasse zugeordnet.

⁴ Google stellt die dafür notwendigen Vorlagen kostenfrei zur Verfügung: arvr.google.com/cardboard/manufacturers

Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)

Eine CAVE Installation besteht aus einem Raum oder einem aus Leinwänden oder Bildschirmen konstruierten Raum, auf dessen Wände (bzw. Projektionsflächen) die virtuelle Umgebung projiziert wird. (Salminen, 2019:24f.; Wietzel, 2007:168) Der/die UserInnen befinden sich in einem von Projektionsflächen umgebenen Raum, der so groß ist, dass sich auch mehrere Personen gleichzeitig darin aufhalten und bewegen können.

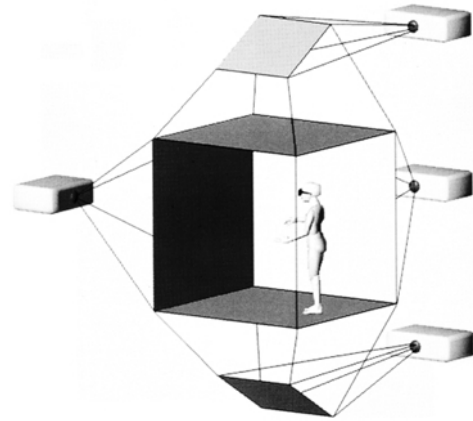


Abb. 18: CAVE Skizze (Cruz-Neira, 1992:66)

(Wietzel, 2007:168) Bei der Betrachtung durch eine Shutter- oder Polarisationsbrille⁵ entsteht die stereoskopische Illusion einer dreidimensionalen Darstellung, gleichzeitig für eine(n) oder mehrere Nutzende im Raum. (Cruz-Neira et al., 1992:67) Erst die Technik dieser Brillen lässt die Illusion einer dreidimensionalen Umgebung entstehen und ermöglicht, im Zusammenspiel mit Tracking der Position in der CAVE, UserInnen jeweils ihre Perspektive auf die dargestellten Inhalte zu zeigen. (Leimer, 2019:21) Außenstehende sehen die grafische Darstellung, wie in Abb. 19 zu sehen. Der Raum kann aus verschiedenen Materialien und mit unterschiedlich geformten Wänden konstruiert/abgegrenzt werden und besteht aus 3-6 Wänden. (Leimer, 2019:27; Salminen, 2019:25, 133; Cruz-Neira et al., 1992:67f.)



Abb. 19: 5-seitige CAVE (fraunhofer.de)

⁵ Diese Brillen können die Durchlässigkeit der Brillengläser elektronisch gesteuert manipulieren und innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde abwechselnd abdunkeln. (Rheingold, 1991:64f.) So kann eine stereoskopische Darstellung gezeigt werden und die Illusion von Dreidimensionalität entstehen.

Das CAVE wurde erstmals 1992 am Electronic Visualization Lab der University of Illinois entwickelt, mit der Motivation, die damaligen Nachteile (mangelnde Ergonomie, geringe Bildqualität und hohes Gewicht) von HMDs zu überwinden. (Wietzel, 2007:168)

Diese Art der VR-Darstellung kann von mehreren Personen gleichzeitig besucht werden. (Salminen, 2019:24f.) Außerdem ist es, anders als bei der Verwendung von HMDs, möglich, andere Personen direkt im Kontext der VR-Umgebung zu sehen, was den visuellen Immersionseffekt verstärkt. Außerdem nehmen Anwendende in allen Blickrichtungen ausschließlich die virtuelle Welt wahr und können sich darin (in den vorgegebenen Grenzen der Installation) natürlich bewegen. (Dörner et al., 2013:133) Leimer attestiert verschiedene Kritikpunkte von CAVE-Systemen: Der verhältnismäßig hohe Platzbedarf und Installationsaufwand sowie hohe Kosten für Rechner und Projektoren bei trotzdem beschränkter Betrachtendenzahl und einer nur aus eingeschränkten Winkeln darstellungsgetreuen Darstellung der Inhalte. (Leimer, 2019:28) Es kann in Anbetracht der Nachteile davon ausgegangen werden, dass - besonders durch die Fortschritte im Bereich der HMDs und Mixed Reality Devices in den vergangenen Jahren - CAVEs nur in speziellen Anwendungsfällen genutzt werden und langfristig von tragbaren Geräten abgelöst werden. Das erste öffentlich zugängliche CAVE-System weltweit wurde 1996 im Ars Electronica Center in Linz eröffnet und 2008 als Deep Space 8K abgewandelt neueröffnet. Zwei 16 mal 9 Meter große Projektionsflächen auf Wand und Boden zusammen mit 3D-Projektion und 3D-Lasertracking (Ars Electronica Center, n.A) wurden beispielsweise für Kunstinstallationen, Performances und für eine 3D-Informationsausstellung über die Umbauarbeiten an der Linzer Eisenbahnbrücke genutzt. (ebd.) Damit ist es im direkten Sinn keine CAVE-Installation (mehr), bedient sich aber ähnlicher Chancen, um Inhalte in 3D und teils interaktiv wiederzugeben, ermöglicht eine große Zahl an Besuchenden und zeigt neuartige Möglichkeiten auf, wie derartige Räume genutzt werden können.



Abb. 20: Deep Space 8K im AEC (ars.electronica.art)

3 Rahmenbedingungen (Programme, Projekte und Strategien)

Die Rahmenbedingungen für die Partizipation und die strategische Einbettung von AR und VR in der Planung und planungsnahen Disziplinen in Wien geben den Rahmen für die mögliche praktische Nutzung der Visualisierungsmethoden vor, die im Folgekapitel präsentiert werden. Ausgehend vom Wiener Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP2025 bzw. STEP), wurden, entsprechend dem Fokus der Arbeit auf die Stadt Wien, Werkstattberichte und Fachkonzepte auf ihre Bezugnahme zu AR und VR untersucht.

AR- und VR-Visualisierungen kann durch die Chance der Verbildlichung von Planinhalten Nutzen bei der Anwendung in Beteiligungs- und Informationsprozessen zugeschrieben werden, deshalb wird der partizipatorische Rahmen, allgemein als auch für Planungsprojekte in Wien, untersucht. Entsprechend diesem wurden und werden in Wien Programme, Projekte und Forschungen durch die Stadtverwaltung umgesetzt, die die Nutzung von AR und VR in der Planung oder in planungsnahen Domänen vorsehen. Es wird eine Auswahl von Projekten und Angeboten der Stadt Wien vorgestellt, die relevante Berührungspunkte mit der planerischen Anwendung von AR und VR haben.

3.1 Partizipatorische Rahmenbedingungen

Die Entwicklung des Verständnisses von Beteiligung hat sich seit den 1960er-Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und wird sich unter anderem durch die Verfügbarkeit digitaler Tools und gesellschaftlicher Entwicklungen und Trends weiterhin stetig verändern. Das kooperative Handeln öffentlicher AkteurlInnen inkludiert zusätzlich zu InvestorInnen und GrundstückseigentümerInnen auch die (nicht- investierenden) BürgerInnen, insbesondere bei der Quartiersentwicklung. (Selle, 1996:67)

Klaus Selle hat die Entwicklung des Beteiligungsverständnisses in Stufen bzw. Schichten dargestellt (Abb. 21).

Die Schichten ersetzen dabei die vorigen nicht und spätere Schichten sind auch nicht unbedingt als Verbesserung zu verstehen, sondern ergänzen einander. Heute kann man alle diese Formen der Beteiligung in der Praxis vorfinden. (ebd.:69) Selle weist auch auf die Wichtigkeit hin, „Selbstverständlichkeiten“ in der „auf Neuerungen ausgerichteten Fachdiskussion“ nicht zu vergessen. (ebd.:69f.)

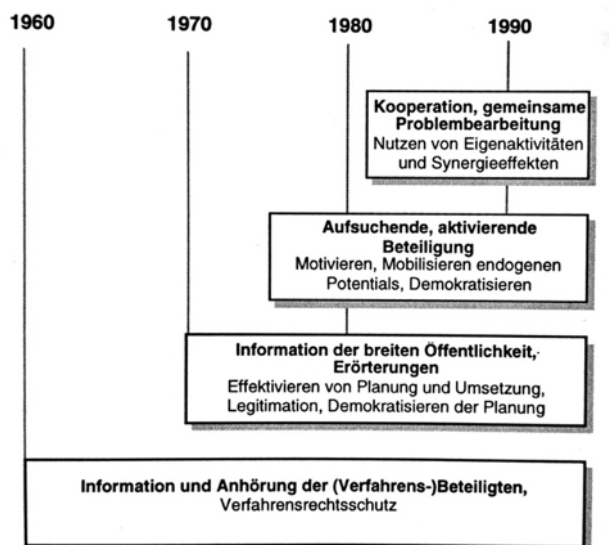


Abb. 21: Entwicklung des Beteiligungsverständnisses (Selle, 1996:69)

Die aktive (bzw. aktivierende) Partizipation (welcher sich auch die Stadt Wien spätestens mit der Veröffentlichung des STEP und der Fachkonzepte zur Beteiligung verschrieben hat, Anm.) geht über Anhörung und Information, die meist rechtlich normiert stattfindet, hinaus. Ziel ist dabei, bei den BürgerInnen Interesse zu wecken und sie nach Möglichkeit auch zu aktivem Mitwirken zu animieren. (Selle, 1996:69)

„Planung wird zunehmend als Prozess begriffen, in dem die unterschiedlichen Interessen im Raum erfasst und abgestimmt sowie mit den Planbetroffenen erörtert werden. Während die **formalen Planungsverfahren** in ihren Grundzügen über Jahre beständig sind, kommen in der Planungspraxis verstärkt **partizipative Planungsprozesse** mit flexiblen und anlassbezogenen Informations-, Beteiligungs- und Entscheidungsfindungsmodellen zur Anwendung.“ (Kanonier/ Schindelegger, 2018:128)

„Die öffentliche Hand übernimmt in der Stadtentwicklung zunehmend die Rolle einer Koordinatorin und Managerin von mitunter komplexen Prozessen mit unterschiedlichen Akteurinnen und Akteuren, die bestimmten Regeln folgen, aber flexibel genug an die jeweiligen Aufgaben anzupassen sind.“ (Magistratsabteilung 18, 2014:26) „In den letzten Jahren haben kooperative und partizipative Planungsansätze an Bedeutung gewonnen (...) generell wird verstärkt **interdisziplinär gearbeitet**, und es werden dabei unterschiedliche Entscheidungsträger, insb. auch von anderen Gebietskörperschaften und Fachmaterien, eingebunden und die entsprechenden **Interessen abgestimmt**.“ (Kanonier/ Schindelegger, 2018:73) Eine derartige Zusammenarbeit verschiedener Fachgebiete, die jeweils wiederum über unterschiedliche Kompetenzen und (Fach-)Sprachen verfügen, wie auch in der Beteiligung der Bevölkerung, macht es notwendig, eine gemeinsame Verständigungsbasis zu erarbeiten. (Kotzke, in: Selle, 1996:304) Hier können AR- und VR-Visualisierungstools, ergänzend zur zu erarbeitenden theoretischen und sprachlichen Verständigungsbasis, einen grafischen Beitrag leisten. Abseits von Pilot- und Forschungsprojekten kommen diese aktuell nur experimentell in extensiven, informell unterstützten Verfahren, wie dem zur Seestadt aspern (Stadtteilmanagement Seestadt aspern, 2019), zur Anwendung.

„In formalen Verfahren sind Teilnehmerkreis, Umfang der Beteiligungsrechte und Verbindlichkeit der Entscheidung bereits durch gesetzliche Vorgaben geregelt. Beispiele dafür sind (...) Planungen der Raumordnung, wie Flächenwidmungspläne oder Regionalprogramme (...) Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-Verfahren) (...) eine Strategische Umweltprüfung (SUP) (...) oder ein Naturschutzverfahren (...).“

(Strategiegruppe Partizipation, 2012:10)

„Das Planungsrecht kennt vielfach **keine umfassenden Mitwirkungs- und Mitentscheidungsbestimmungen**, sondern vor allem Informations- und Anhörungsrechte.“ (Kanonier/ Schindelegger, 2018:129)

Die formelle Beteiligung in der Wiener Planung ist auf die öffentliche Auflage bzw. Einsicht bei Änderungen am Flächenwidmungsplan im Amtsblatt der Stadt Wien sowie den Anschlag an den Amtstafeln des Rathauses und des in Betracht kommenden Bezirkes und auf die Möglichkeit zur schriftlichen Stellungnahme für BürgerInnen innerhalb der Auflagefrist beschränkt. (Bauordnung für Wien §2(6))

Die **informelle Beteiligung** ist grundsätzlich nicht rechtlich geregelt und daher frei gestaltbar. Sie kann in Form von konsultativer oder kooperativer Beteiligung stattfinden, die Aufgabenstellung wird gemeinsam von Verwaltung, (gegebenenfalls externen) PlanerInnen und anderen AkteurInnen erarbeitet. (Magistratsabteilung 21, 2017:20)

Informelle Beteiligung hat überwiegend beratende Funktion und soll dabei möglichst früh im Prozess angewendet werden. Hohe Erwartungshaltungen der Bevölkerung an Beteiligungsprozesse können mitunter nicht erfüllt werden, was ein klares Abstecken der Spielräume des Prozesses vorab notwendig macht. (Magistratsabteilung 21, 2017:21f.)

Informelle zusätzliche Maßnahmen können, müssen aber nicht unbedingt zur Akzeptanz des Projektes beitragen. Sie „dienen häufig der Vorbereitung und damit zur Beschleunigung der formellen Planung.“ (Wietzel, 2007:249) Durch die steigende Zahl von AkteurInnen in Planungsprozessen gewinnen informelle Beteiligungsverfahren und auch die Vermittlung und Konsensfindung in derartigen Prozessen generell an Bedeutung. (Kanonier/Schindelegger, 2018:132)

Zivilrechtlich durch die Vertragsraumordnung abgesicherte Planungsmaßnahmen wie städtebauliche Verträge (ebd.:73), die seit 2014 in der Wiener Bauordnung verankert sind (§1 Landesgesetzblatt für Wien, 2014), ermöglichen der Stadt, mit GrundstückseigentümerInnen vertragliche Vereinbarungen über ein städtebauliches Projekt einzugehen, wodurch diese an den Infrastrukturkosten, die durch Umwidmungen entstehen, beteiligt werden können und die Umsetzung von Planungszielen in städtebaulichen Verfahren unterstützt wird. (OIZ, 2019) Im Zuge derartiger Vereinbarungen können auch den informellen Beteiligungsmethoden zuordenbare Maßnahmen rechtlich bindend festgelegt werden.

Das *Praxisbuch Partizipation – Gemeinsam die Stadt entwickeln – Werkstattbericht 127*, bildet den informellen Rahmen für partizipative Verfahren der Stadt und soll MitarbeiterInnen der Wiener Magistrat in der Erstellung und Durchführung von Partizipationsprozessen unterstützen. (Arbter, 2012:6f.) Darin wird auf Begriffsdefinitionen und zentrale Begriffe, die in der Publikation *Standards für die Öffentlichkeitsbeteiligung* des Bundeskanzleramtes (2009) definiert wurden, aufgebaut. Zu einigen der vielfältigen im Praxisbuch genannten Nutzen von Partizipation können AR und VR im Planungsprozess ihren Teil beitragen:



Abb. 22: Praxisbuch Partizipation Cover (Arbter, 2012)

Partizipation kann „Planung für die Menschen (be-)greifbar und nachvollziehbar machen“. (Arbter, 2012:8) Diese kann einen Beitrag leisten, Diskussionen zu versachlichen, Interessen zu vereinen und Konflikte zu klären oder Kompromisse auszuarbeiten und Planungsalternativen aus verschiedenen Perspektiven zu begutachten. Arbter stellt in Aussicht, dass auch die Akzeptanz gesteigert werden kann, was dazu beitragen kann Proteste, Einsprüche, Eskalationen und Interventionen zu vermeiden und so Verfahren zu beschleunigen. (ebd.)

Die Präzisierung der Arten bzw. Variationen von Partizipation, wie sie in Abb. 23 zu sehen ist, gliedert die Partizipation in 3 Stufen. Diese Einteilung basiert auf dem Stufenmodell aus „A ladder of citizen participation“ von Sherry R. Arnstein (1969). Ihre „Leiter der Beteiligung“ reicht von nicht-Partizipation in Form von Manipulation der Bevölkerung bis zur überwiegenden Kontrolle/Macht in Entscheidungsfindungsprozessen auf Seite der Bevölkerung auf der höchsten Sprosse der Leiter. (Arnstein, 1969:216ff.)

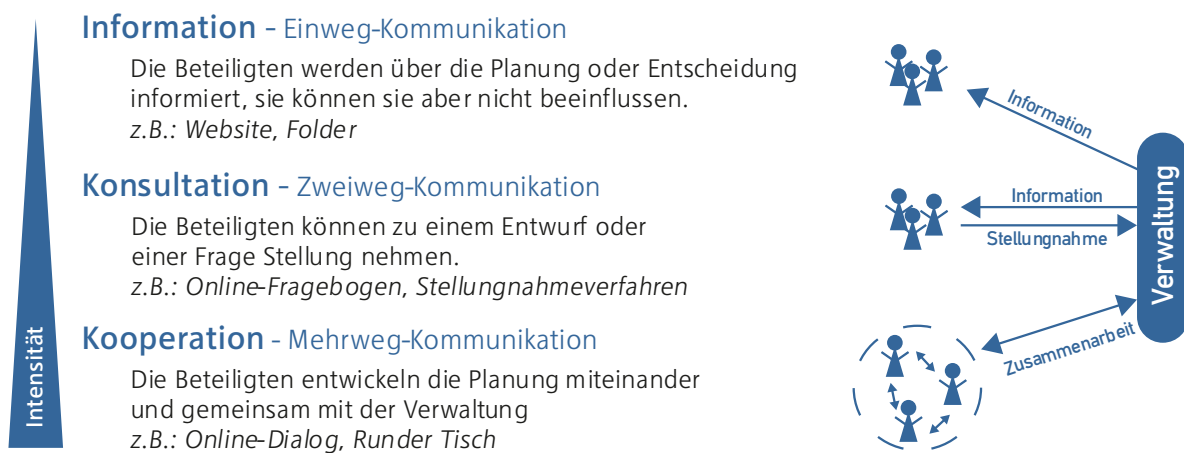


Abb. 23: Intensitätsstufen der Beteiligung, (eigene Darstellung nach: Bundeskanzleramt (Hrsg.) 2009, Arbter, 2012:11)

Während Kooperation in der Ableitung die intensivste der drei Formen der Beteiligung ist, muss je nach Aufgabe bzw. Ziel des Beteiligungsprozesses von den prozessgestaltenden AkteurInnen abgewogen werden, welche die individuell geeigneten Methoden sind. (Arbter, 2012:11)

Abb. 23 veranschaulicht die Intensitätsstufen der Partizipation. In jeder Stufe gibt es Möglichkeiten, AR und VR anzuwenden: Zur Information der Allgemeinheit, die zur konsultativen Nutzung um Feedbackmöglichkeiten erweitert werden können. Zur kooperativen Nutzung können kollaborative MR-/AR-/VR-Umgebungen unterstützend in der digitalen Zusammenarbeit genutzt werden, jedenfalls kann durch allgemeinverständliche Darstellungen die Basis für weitere Zusammenarbeit gelegt werden.

Eines der bereits umgesetzten Ziele des „Masterplan Partizipation“ ist die sogenannte *Informationsliste* (wien.gv.at (1)), die alle öffentlich zugänglichen Informationen zu Planungsprojekten der Stadt bündelt. Sie umfasst „aktuelle Flächenwidmungs- und Bebauungspläne, städtebauliche Wettbewerbe, kooperative Verfahren, städtebauliche Leitbilder und Zielgebiete der Stadtentwicklung. (...) Jede Information, die zur Konkretisierung von Ziel, Rahmenbedingungen und Ablauf des Projektes beiträgt, soll laufend ergänzt werden.“ (MA21, 2017:66f.) Das Ziel ist es, einen digitalen, niederschweligen und transparenten Zugang zu Informationen über jedes in Wien geplante oder sich in Umsetzung befindende Projekt zu ermöglichen und damit die schwächste der drei Intensitätsstufen der Beteiligung zu stärken. Die Daten zum Praxisprojekt AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan wurden teils über die Informationsliste bezogen.

3.2 Smart City Rahmenstrategie

Die zentralen Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie, die im Juni 2014 im Wiener Gemeinderat beschlossen wurden, sind „radikale Ressourcenschonung, der Blick auf zukunftsfähige Verhaltensweisen und der aktive, reflektierte Einsatz moderner Technologien“ (Magistrat der Stadt Wien, 2019:7; 28f.), um so die drei „Dimensionen“ *Lebensqualität*, *Ressourcenschonung* und *Innovation* bestmöglich zu vereinen und umzusetzen. Aufbauend auf den Leitzielen und diese weiter konkretisierend, werden in zwölf Themenfeldern (Zielbereichen) 65 Einzelziele benannt.

Dabei soll auf den vorhandenen Stärken wie dem sozialen Wohnbau, dem öffentlichen Verkehr, der Wasserversorgung, der Entsorgungsinfrastruktur,



Abb. 24: Smart City Rahmenstrategie Cover (Magistrat der Stadt Wien, 2019)

dem hohen Grünraumanteil und – für diese Arbeit besonders relevant – die öffentliche Verfügbarkeit von Daten von und über die Stadt (Open Data), aufgebaut werden. (Magistrat der Stadt Wien, 2019:32f.) Digitale Plattformen und Kommunikationskanäle sollen gemäß der Strategie dabei für mehr Beteiligung und Mitgestaltung genutzt werden. (ebd.:53)

Im „Zielbereich Gebäude“ wird die Nutzung digitaler Gebäudemodelle („BIM“ – Building Information Modeling)⁶ zur Vereinfachung der Konzeption und Ausführung von Bauprojekten angestrebt. Durch die gemeinsame Planungsunterlage für alle Projektbeteiligten wird eine „deutlich wirtschaftlichere, ressourceneffizientere und nachhaltigere Umsetzung in Aussicht gestellt.“ (ebd.:73; 77)

Im „Zielbereich Digitalisierung“ wird unter anderem das Ziel der Stadt Wien, digitale Daten unter Verwendung aktueller Technologien und analytischer Verfahren zur Entscheidungsunterstützung zu nutzen, genannt. (ebd.:81) Zusätzlich sollen Werkzeuge der Digitalisierung, wie digitale Beteiligungsangebote, zu denen auch MR-Visualisierungen zählen, von der Strategieentwicklung bis hin zu kleinräumlichen Planungen auf Grätzl-Ebene genutzt werden, um Transparenz zu schaffen und Teilhabe zu ermöglichen. (ebd.:81)

Weiter wird auf die Wichtigkeit der sozialen Inklusion im Prozess der Digitalisierung hingewiesen. Dazu zählt auch, dass Services der Stadt weiterhin analog zur Verfügung stehen, „solange dafür ein Bedarf besteht“. (ebd.:115) AR und VR können insofern auch einen Teil zur Inklusion von Bevölkerungsgruppen in den Planungsprozess beitragen, als durch die Nutzung neuer digitaler Schnittstellen, potenziell andere, neue Zielgruppen für die Planungsinhalte interessiert werden können.

3.3 Digitale Agenda Wien 2025

Die Digitale Agenda Wien 2025 (Stadt Wien, 2019) ist eine Säule der Smart-City Rahmenstrategie und „Leitprogramm für eine nachhaltige Gestaltung des digitalen Wandels“. (Magistrat der Stadt Wien, 2019:54) Diese beschreibt die Digitalisierung als „umfassende Herausforderung für die gesamte Gesellschaft“ und die Informations- und Kommunikationstechnologien als das „Nervensystem“ der „smarten Stadt“. (ebd.)

Diese stelle nicht nur das Funktionieren der Stadt sicher, sondern darüber hinaus die Chance, kluge und innovative Leistungen anzubieten und die Stadt für ihre BürgerInnen noch direkter erlebbar zu machen. (Stadt Wien, 2019:5)

⁶ Building Information Modeling bezeichnet eine Methode der vernetzten Planung, bei der ein virtuelles 3D-Modell des Gebäudes mit allen relevanten Bauwerksdaten verknüpft wird. Dadurch sind gezeichnete Elemente eindeutig identifizierbar und Fehler aufgrund nicht kongruenter Planunterlagen können früh erkannt und behoben werden. (KBOB, 2018:5)

In den Zielsetzungen der Agenda finden sich folgende für diese Arbeit relevante Zielsetzungen: „Die optimale Nutzung neuer Technologien zur Erreichung der Ziele der Smart-City-Wien-Ziele „2050“, die „Partizipation und Einbindung der WienerInnen bei der voranschreitenden Digitalisierung der städtischen Serviceleistungen“ und die „Nutzung enormer Chancen für die digitale Stadtverwaltung“. (Stadt Wien, 2019:15)

Die Handlungsfelder „Service“, „Infrastruktur“ und „Steuerung“ sind für diese Arbeit besonders relevant und zeigen Trends und Entwicklungsinteressen der Stadt auf.

Die Allgemeinheit soll digital eingebunden werden. Dafür sollen Informationen transparent, zentral und über im

Strategiepapier als „glaubwürdig“ bezeichnete Plattformen zur Verfügung stehen. „Das Wissen der BewohnerInnen gilt als Basis für die Weiterentwicklung der Stadt von einer bürokratischen hin zu einer partizipativen Verwaltung.“ (ebd.:35) Es werden VR und AR als Partizipations- bzw. Kommunikationsmaßnahmen im Kontext der Stadtentwicklung erwähnt. Als Beispiel wird hier die Möglichkeit der Einbringung von Meinungen bei der Gestaltung von Plätzen und Grätzeln anhand greifbarer, anschaulicher Beispiele genannt. (ebd.:36)

Außerdem wird erwähnt, dass Baustellen, die bereits vereinzelt mit Unterstützung von AR geplant werden, auch digital eingereicht werden können sollen und Behörden die Potenziale der Darstellungsmethoden zur Überprüfung vor Ort nutzen sollen. Dabei wird auf das Potenzial der Technologie für die Beteiligung nur oberflächlich eingegangen: „Personen haben die Gelegenheit, ihr künftiges Eigenheim, ihre Mietwohnung oder ihren zukünftigen Arbeitsplatz virtuell zu erleben und mitzugestalten.“ (ebd.:73)

Als ein weiteres Leitprojekt in der Digitalen Agenda wird Open Government Data (OGD) genannt. OGD beinhaltet „jene nicht-personenbezogenen und nicht-infrastrukturkritischen Datenbestände, die im Interesse der Allgemeinheit ohne Einschränkung zur freien Nutzung, zur Verbreitung und zur Weiterverwendung frei zugänglich gemacht werden.“ (digitales Österreich, n.A.) Die Stadt Wien stellt so seit 2011 jedes Quartal „ausgewählte Daten, Dokumente und Dienste, die zur freien Nutzung, zur Weiterverbreitung und zur freien Weiterverwendung in maschinenlesbarer Form freizugänglich sind.“ (Data Excellence, IKT-Teilstrategie, 2019:9f.)⁷



Abb. 25: Digitale Agenda Wien 2025 Cover (Stadt Wien, 2019)

⁷ Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0 AT)

Damit soll eine offene Datenkultur geschaffen werden und der Ausbau der digitalen Beteiligungs- und Nutzungsmöglichkeiten sowie die aktive Zusammenarbeit mit der Öffentlichkeit gefördert werden. (Stadt Wien, 2019:71) Ein ebenfalls in der Digitalen Agenda genannter Punkt behandelt die Wichtigkeit der Technologiefolgenabschätzung. (ebd.:19) Mögliche Konflikte durch den Technikeinsatz von AR und VR werden in Kapitel 4.4 Herausforderungen und Risiken in der Anwendung beleuchtet.

3.3.1 Wien gibt Raum

Das im Zuge der Digitalen Agenda gestartete Programm „Wien gibt Raum“ soll es langfristig ermöglichen, unter anderem

Baustelleneinreichungen oder die Bewilligung von Werbeschildern und konsumfreien Räumen wie „Parklets“ und „Grätzloasen“ vermehrt ohne Verhandlung vor Ort durchführen zu können und so die Amtswege reduzieren. (Stadt Wien, 2019:34; Digitales Wien (1), n.A.) Für die Neuorganisation der internen Prozesse der Stadtverwaltung entsprechend dem Programm „Wien gibt Raum“ war eine großflächige Inventarisierung der bereits vorhandenen Objekte im und der Ausprägung des öffentlichen Raum(es) notwendig. (Falkner/ Eysn, 2019:15) Um die Amtswege zu reduzieren wird unter anderem die „Kappazunder“ Applikation genutzt (siehe Folgepunkt), um den Lokalausweis der Behörden „vom Schreibtisch“ ausführen zu können.

Ziel des Programmes ist es außerdem, dass Antragstellende, sei es für Werbeflächen, Schanigärten oder (temporäre) Stadtmöblierung, Bewilligungen an einer zentralen Stelle, einem sogenannten „one-stop-shop“ einholen können. (Strondl et al., 2018:45f.) Schanigärten können seit 7/2020 digital eingereicht werden, eine Übersicht über die geplanten und bereits umgesetzten Möglichkeiten ist in Abb. 27 grafisch dargestellt.



Abb. 26: Infografik „Wien gibt Raum“ (Stadt Wien/ Youtube)

... für BürgerInnen

Parklets, Grätzloasen, ...

Märkte

Kleinveranstaltungen, Grätzlfeste*

... für Unternehmen

Schanigärten

Märkte

Veranstaltungen

Bauarbeiten

Kioske

Warenausräumungen

Werbung & Beleuchtung

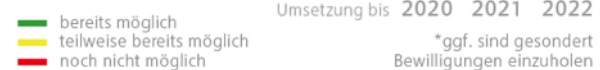


Abb. 27: Umsetzungsstand "Wien gibt Raum" 3/2021 (eigene Darstellung, Digitales Wien (1))

3.3.2 Wien gibt Raum – Kappazunder (Infra3DCity)

Der „Kappazunder“ – ein Baustein des digitalen „Wien Zwillings“ - soll es ermöglichen, Bewilligungen und Begutachtungen des Raumes sowie Messungen und Stellungnahmen zumindest teilweise „vom Schreibtisch“ aus durchzuführen. (Stadt Wien, 2019:34; Strondl et al., 2018:46)

So soll die Anzahl der Vor-Ort-Begehungen reduziert werden und damit eine Kostenreduktion erzielt werden. Außerdem würden die Kommunikations- und Entscheidungsaufgaben vereinfacht, da der „Kappazunder“ als gemeinsame, magistratsübergreifende Schnittstelle genutzt werden soll. (iNovitas, n.A.) Das Projekt ist Teil des Programmes „Wien gibt Raum“.

Basierend auf den infra3DCity Services von iNovitas, einem Schweizer Unternehmen, wurde durch Befahrungen mit Vermessungsfahrzeugen zwischen September 2017 und Mai 2018 ein digitales Abbild des öffentlichen Raumes erstellt. (Falkner/ Eysn, 2019:17)

„Die in der „Mobile Mapping Kampagne“ generierten Bilddaten wurden der Wiener Stadtverwaltung in einem einfach benutzbaren, webbasierten Bilddatendienst („Kappazunder“, Anm.) zur Verfügung gestellt.“ (Strondl et al., 2018:46)



Abb. 28: Vermessungsfahrzeug (Strondl et al., 2018:49)

In Summe wurden zirka 3.000 km Straßenachsen im 415 km² umfassenden Stadtgebiet von Wien erfasst. (ebd.:48) Mittels Software wurden Geoinformationen, Vermessungs- und Bilddaten des Ist-Standes sowie Daten über vorhandene Genehmigungen und Anträge zusammengeführt. (ebd.:45) Das Web-Interface ist mit der bestehenden Geodaten-Infrastruktur der Stadt verbunden und lässt Bearbeitungen und Ergänzungen der Geometrien zu. (Falkner/ Eysn, 2019:18f.) Die Umgebung wird zusätzlich mit einem 3D-LaserScan abgetastet und gespeichert. (Digitales Wien (1), n.A.) Der essenzielle Unterschied zu Google StreetView ist, dass die erfassten Daten mit vorhandenen Plandaten wie Fluchtlinien und Einbauten zusammengeführt werden und dementsprechend genauere Ergebnisse liefern können. Zusätzlich wurde im Zuge der Bearbeitung der erfassten Bilddaten aufgezeigt, dass unterstützt von KI-Systemen und teils automatisiert Werbeflächen, Verkehrszeichen und der Straßenzustand erfasst und in den 3D-GIS-Datenbestand der Stadt Wien aufgenommen werden können. (Eysn et.al., 2020:9ff.)

Die in der Vermessung erfassten Daten können, vergleichbar mit den Vermessungen von Google (StreetView), gegebenenfalls bei der 3D-Modellierung und Texturierung eines 3D-Stadtmodells genutzt werden. Um die Bilddaten aktuell zu halten, müssen regelmäßig Befahrungen durchgeführt werden.

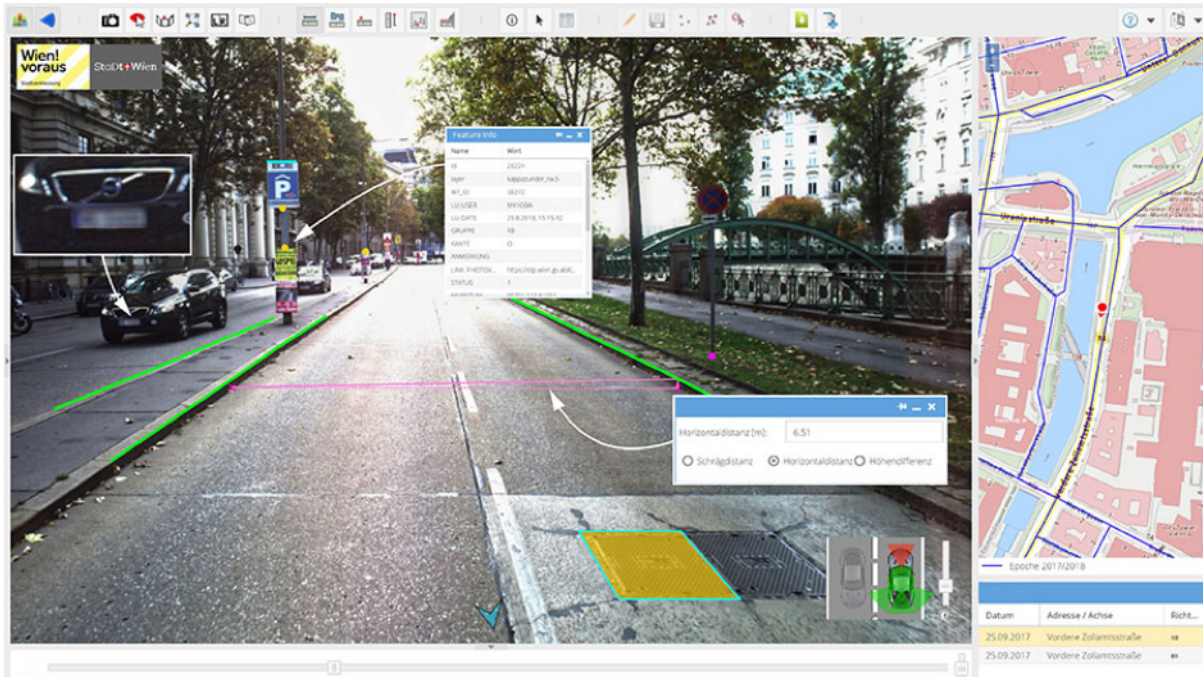


Abb. 29: Interface der Kappazunder-App (digitales.wien.gv.at)

Laut dem Webauftritt der Stadt Wien sollte das Geodatenset, welches magistratsintern im „Kappazunder“ zur Verfügung steht, in weiterer Folge auch im Zuge der Open Data Initiative der Stadt Wien öffentlich zugänglich sein. (Digitales Wien (2), n.A.) Ob die technischen und datenschutzrechtlichen Bedingungen dafür, wie angegeben, Ende 2019 geprüft wurden, konnte nicht festgestellt werden. Mit Stand 3/2021 sind die Daten jedenfalls nicht öffentlich verfügbar.

3.3.4 Digitale Baueinreichung

Als ein für diese Arbeit besonders relevantes Ergebnis der „Digitalen Agenda“, welches auch die Nutzung von MR-Tools vorsieht, kann die „Digitale Baueinreichung“ gesehen werden. Diese ermöglicht es seit 18.6.2019, auf freiwilliger Basis, Bauansuchen online abzuwickeln. Die „Digitale Baueinreichung“ ist ein erster Schritt zu einem Baubewilligungsverfahren, das vollständig online und mit dreidimensionalen Modellen abgewickelt werden kann. (wien.gv.at (5))

Im Arbeitsdokument zur „Digitalen Agenda“ wird auch die Möglichkeit der Bauabnahmen mithilfe von AR-Anwendungen erwähnt. (Stadt Wien, 2019:33)

In der finalen Fassung wird im Handlungsfeld „Infrastruktur“ unter anderem die Vision der Weiterentwicklung der bereits verfügbaren „Digitalen Baueinreichung“ genannt:

“Im Bauverfahren soll der virtuelle Ortsaugenschein mittels AR bzw. VR künftig den Planungsprozess erleichtern und das Parteiengehör zum Hightech-Erlebnis in der Amtsstube machen. Sowohl die Wirkung auf die Nachbargrundstücke als auch der Blick ins Innere eines Gebäudes unterstützt einen akzeptanzfördernden Zugang. Darüber hinaus

gestattet es sowohl der Behörde als auch den Bauausführenden genaueste Überprüfung von Plan und Wirklichkeit.“ (Stadt Wien, 2019:73)

Aktuell (Stand 4/2021) ist die „Digitale Baueinreichung“ auf das digitale Einreichen von Plänen statt gedruckter Unterlagen beschränkt, was für Bauwerbende Vorteile wie Kostenersparnisse bedeutet, jedoch vorläufig keine Weiterentwicklung im Sinne der Möglichkeiten der Visualisierung von Bauprojekten darstellt.

3.4 EU-Forschungsprojekt - BRISE-Vienna

Als zweiter Schritt zu einer vollständig digitalen Abwicklung von Bauansuchen und Bewilligungen kann das Projekt BRISE („Building Regulations Information for Submission Involvement“) gesehen werden, welches bis August 2022 unter anderem

mit der TU Wien umgesetzt und von der EU-Initiative „Urban Innovation Actions“ gefördert wird. (Radecki, 2020) Hier sollen, aufbauend auf die „Digitale Baueinreichung“, Möglichkeiten und Tools geschaffen werden, um die rund 13.000 Baueinreichungen, die in Wien jährlich bearbeitet werden, künftig digital mit 3D-BIM-Modellen und teils automatisiert abzuwickeln.

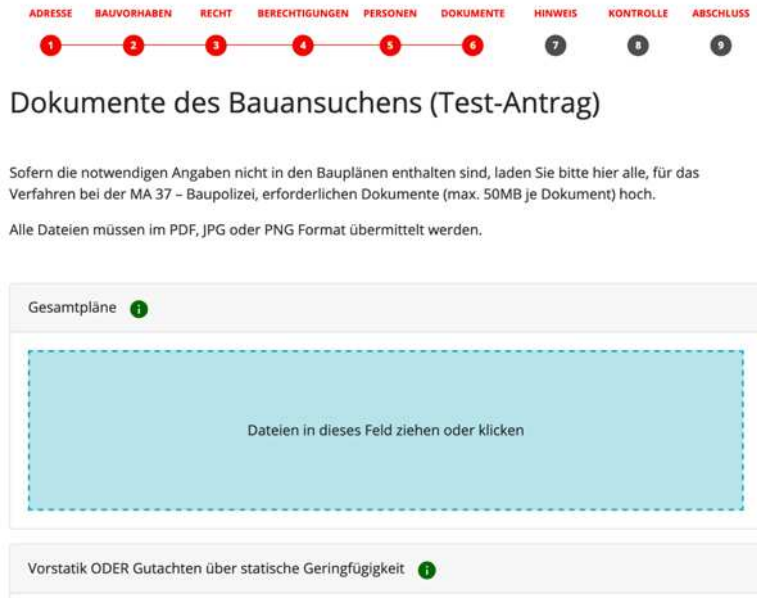


Abb. 30: Digitale Baueinreichung (digitales.wien.gv.at, Screenshot)

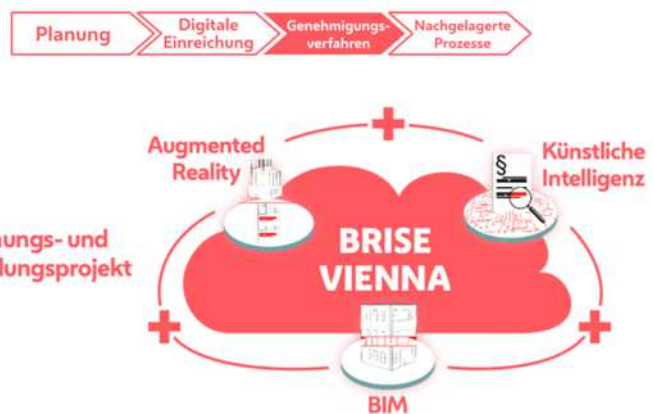


Abb. 31: BRISE – Struktur (digitales.wien.gv.at)

So soll das Genehmigungsverfahren beschleunigt und allgemein effizienter gestaltet werden. (Radecki, 2020)

„Die meisten Baugenehmigungen sind das Ergebnis eines langwierigen Prozesses, der mehrere Schritte umfasst: papiergestützte Einreichung der Pläne, manuelle Überarbeitung der Pläne, manuelle Überprüfung der Einhaltung stadtweiter und standortspezifischer Vorschriften, Vor-Ort-Beobachtungen der Baustelle, Feedback-Zyklen mit den Bauträgern, Bürgerbeteiligungsverfahren, öffentliche Anhörungen usw.“ (ebd.)

Aufgrund des Aufwandes derartiger Verfahrenswege benötigen die (Genehmigungs-) Prozesse im Durchschnitt ein Jahr. (ebd.) Durch die Nutzung von 3D-BIM-Modellen statt digitaler oder analoger 2D-Pläne sollen Berechnungen, wie beispielsweise die der Kubatur und die Einhaltung von Normen, teilweise automatisiert überprüft werden und Arbeitsschritte dadurch erheblich vereinfacht werden. Die Überprüfung der Baupläne und einzureichenden Unterlagen soll zusätzlich durch Maschinenlernen („KI“) beschleunigt werden. BRISE gleicht die digitalen Baueinreichungs-Modelle mit behördlichen Referenzmodellen ab und hält Abweichungen für die weitere Bearbeitung in der Verwaltung fest. (digitales Wien (3)) Außerdem ist im Zuge dieses Projektes geplant, die 3D-Modelle der Bauvorhaben mit Hilfe von AR-Tools zu visualisieren, um Vorhaben für BürgerInnen leichter nachvollziehbar zu machen. (Leadersnet, 2020; digitales Wien (3))

3.5 Zwischenfazit: Die Wiener Rahmenbedingungen

In vielen Bereichen konnte die Stadt Wien die Digitalisierung, entsprechend der Ziele der übergeordneten Programme und Strategien, vorantreiben. Dabei liegt erst mit dem vor kurzem angelaufenen Projekt „BRISE“ ein Schwerpunkt auf der expliziten Nutzung von MR-Technologien im planerischen Kontext. Weitere klare Bekenntnisse zur Nutzung von AR und/oder VR in Planungsprojekten finden sich in den aktuellen Fassungen der Strategiepapiere nicht. Dies könnte durch das noch vergleichsweise geringe Alter und den dadurch oft erst prototypisch umgesetzten Anwendungen der Visualisierungsmethoden im Zusammenspiel mit der langfristig vorausplanenden Formulierung der Strategien begründet werden. Der allgemeine Schwerpunkt in der Nutzung digitaler Tools seitens der Stadtverwaltung liegt auf der Vereinfachung und Optimierung von Amtswegen bzw. Abläufen. Der „Kappazunder“ wird im Amtsalldag bereits genutzt, um Anträge wie solche für Radabstellanlagen oder Werbetafeln zumindest teilweise „vom Schreibtisch“ abzuwickeln und damit Amtswegen zu reduzieren, Zeit (und damit auch Geld) zu sparen und gleichzeitig Anträge schneller bearbeiten zu können.

Eine der wichtigsten Rahmenbedingungen in der voranschreitenden Digitalisierung von Prozessen sind Datengrundlagen bzw. ist die Datenverfügbarkeit.

In Form von OGD-Daten ist bereits viel Information digital öffentlich zugänglich. Dies sollte, auch entsprechend des Bekenntnisses der Stadt Wien, möglichst viele Daten über die OGD-Initiative zur Verfügung zu stellen (Stadt Wien, 2019:71), weiter forciert werden. Auch der Datensatz des „Kappazunder“ sollte öffentlich oder zumindest für Bildungseinrichtungen bzw. für die Forschung zugänglich gemacht werden. Für die Umsetzungen von 3D-Visualisierungen in VR oder AR in einer digitalen Stadtumgebung ist außerdem ein frei zugängliches, möglichst detailliertes und texturiertes 3D-Abbild der Stadt wünschenswert. Dies ist ein zusätzlicher Anreiz (bzw. die Ausräumung eines arbeits- und kostenintensiven Arbeitsschrittes) auch für Private und bei kleineren Bauprojekten, VR in der Planungs- und Beteiligungsphase der Projekte anzuwenden.

Der Fokus der Stadtverwaltung im Bereich der Nutzung von MR-Tools im Planungskontext, wie auch der Digitalisierung im Allgemeinen, liegt auf der Effizienzverbesserung von Prozessen wie der Baueinreichung. Gegebenenfalls kann durch automatisches Abgleichen erstellter Stadtmodelle und 3D-Daten mit den vorhandenen Widmungsplänen die Überprüfung des Baubestandes erleichtert werden. Die Visualisierung zur Baueinreichung und Überprüfung übermittelter 3D-Modelle mittels AR und VR zusammen mit einer entsprechenden öffentlichen Verfügbarkeit der Modelle und Visualisierungen kann neben der Effizienzsteigerung auch zur Transparenz in der Planung beitragen, weswegen dieser Thematik mehr Raum in den planungsbezogenen Zielformulierungen und Programmen der Stadt eingeräumt werden sollte.

4 AR und VR als Kommunikationsmedium in der urbanen Planung

Dieses Kapitel setzt sich mit dem theoretischen und praktischen Nutzen und möglichen Anwendungsfällen von AR und VR für die bzw. in der urbanen Planung auseinander.

Visualisierungen als „Verbildlichung“ des Geplanten werden voraussichtlich, im Sinne der intensivierten Partizipation in der Planung, als fachliche wie auch allgemeinverständliche Abstimmungs- bzw. Diskussionsgrundlage weiter an Bedeutung gewinnen. Da die sensorische Wahrnehmung der Umwelt zu einem Großteil vom Sehsinn dominiert ist, wird visuellen Abbildungen von geplanten Projekten hohe Wichtigkeit zugeschrieben. Aus einer in den USA im Jahr 1999 durchgeführten Studie schrieben die Testpersonen mit 87% dem Sehen die größte Wichtigkeit zu, gefolgt vom Hören mit 7%. (Weidenbach, 1999; nach: Wietzel, 2007:156) Für die Interpretation und Präsentation von (Bau-)Projekten und Plänen wird deshalb auf grafische Darstellungen, seien es (händische oder digital erstellte) Skizzen, (maßstabgetreue oder abstrakte) Modelle, Renderings oder eben in MR oder VR dargestellte 3D-Modelle, entsprechend der technischen Möglichkeiten der jeweiligen Zeit, zurückgegriffen. Hier wurden in den vergangenen Jahren durch technologische Entwicklungen Chancen eröffnet, auch planerische Visualisierungen neuartig umzusetzen. Lange Zeit mussten 3D-Informationen die Stadtstruktur auf einem 2D-Medium, der Zeichnung, ausgedrückt und kommuniziert werden. (Bourdakis, 2001:404) AR und VR können die umfangreiche Palette, welche RaumplanerInnen heute bereits zur Maßnahmenkommunikation zur Verfügung steht, ergänzen. Geplantes kann durch die dreidimensionale Darstellung wesentlich leichter verständlich dargestellt werden und einen realitätsnahen, dreidimensionalen Blick auf das Projekt, teilweise sogar direkt vor Ort am Bauplatz, ermöglichen.

Dazu werden in diesem zentralen Abschnitt nach der Erläuterung einiger Grundvoraussetzungen zunächst der Nutzen von AR und VR für die Raumplanung aus theoretischer Sicht erklärt und danach, gruppiert und anhand von praktischen Anwendungsfällen, präsentiert.

4.1 Grundlagen/Vorleistungen

3D-Modellierung der Planung

Zur dreidimensionalen Darstellung von Planungen im virtuellen oder digital erweiterten Raum müssen diese, und gegebenenfalls die Projektumgebung, jedenfalls vorab in 3D modelliert werden. Dies kann nachträglich, nach der eigentlichen Projekt-/Objekt-Planung nachgelagert passieren, oftmals wird aber schon in der Planung von Projekten 3D-fähige Software genutzt. Viele Architekturbüros nutzen in der Planung BIM-Modelle, die entsprechend aufgearbeitet auch in AR und/oder VR betrachtet werden können.

Gegenüber 3D-Modellierungen, die ausschließlich für den Zweck der Projektvisualisierung erstellt werden, bieten sich in der Planung, Bauausführung, Überprüfung seitens der Behörde(n) und im Erhalt der Gebäude Vorteile durch die vernetzte Planung mit BIM. (Stadt Wien, 2019:73) In den vergangenen Jahren wurde eine große Zahl von AR- und VR-Applikationen und -Tools entwickelt und auf den Markt gebracht, die auf die Arbeitstätigkeiten des Bauingenieurwesens und der Architektur ausgerichtet sind – meist durch die einfache Integration von BIM-Modellen oder ähnlichen 3D-Modellen – zur Visualisierung von Architektur und Planungsmodellen.⁸

3D-Modellierung der Umgebung

Die räumliche Umgebung muss, um ein Projekt eingebettet in einem digitalen Abbild der Stadt präsentieren zu können, zuerst in 3D modelliert bzw. erstellt werden. Die Thematik der 3D-Stadtmodelle als Grundlage für viele Maßnahmen der 3D-Planungsvisualisierung bietet, wie sich in der Erarbeitung herausstellte, großes Gesprächs- und Forschungspotenzial.

Sunesson et al. (2008) vermuten, dass eine weiter verbreitete Nutzung von VR ein gemeinsames Modell der (Stadt-)Umgebung fordern würde, da anders die Kosten für die individuelle Modellierung von Umgebung und Terrain bedeutend höher seien und auch die Vergleichbarkeit – aufgrund der unterschiedlich ausgeführten Umgebungsmodellierung – eingeschränkt wäre. (Sunesson et al., 2008:259) Digitale Stadtmodelle werden vor allem „für die Simulation geplanter Bauvorhaben und Flächenwidmungen sowie für die Berechnung von Sichtbarkeiten, Abschattungen, Lärm- und Schadstoffausbreitungsmodellen“ (wien.gv.at (3)) genutzt. „Im Rahmen von städtebaulichen Maßnahmen ist es notwendig verschiedene Varianten der Bauführung gegeneinander abzuwägen. (...) Durch Einfügen dieser Projektvarianten in ein dreidimensionales Stadtmodell können in Diskussion stehende Bauvorhaben in einem einheitlichen, qualitativ gesicherten Umgebungsmodell präsentiert und objektiv miteinander verglichen werden.“ (wien.gv.at (4))

⁸ z.B. Trimble Thekla BIMSight, Autodesk Design Review, BIMVision, BimX Desktop Viewer, (...)

Dieses Potenzial beschreiben auch Thompson et al., (2006) und ergänzen noch weitere Punkte, die die Wichtigkeit der Stadtmodelle unterstreichen: Dazu zählen die Notwendigkeit der Möglichkeit, ergänzende Dateien einzubinden und formale wie informale Wege, um 3D-Daten mit Stakeholdern und Entscheidungstragenden zu teilen sowie die Möglichkeit, verschiedene Fachdisziplinen „unter einem (digitalen) Dach“ zu vereinen. Als Herausforderungen identifizierten sie unter anderem die Fragen des Eigentums, der Privatsphäre und technische Problematiken, wie Kompatibilität und Aktualität. (Thompson et al., 2006:5; Roupe, 2013:11)

Wie Zeile (2010) anmerkte, standen bereits damals vielen Gebietskörperschaften 3D-Stadtmodelle zur Verfügung; Trotzdem griff man „immer noch auf das klassische Holzmodell oder sogar auf Gipsmodelle zurück.“ (Zeile, 2010:182) Während Gebietskörperschaften mittlerweile größtenteils Zugriff auf digitale Flächenwidmungspläne und Bebauungspläne haben, ist oft noch keines und wenn, kein texturiertes 3D-Stadtmodell vorhanden.

Basierend auf den über den Geodatenviewer und über OGD (data.wien.gv.at) verfügbaren Datensätzen (Flächen-Mehrweckkarte, Geländemodell, Baukörpermodell, Dachmodell, sowie Brückenmodelle) kann im Browser eine 3D-Ansicht der Stadt betrachtet werden, in der auch der Schattenwurf



Abb. 32: Stadtplan 3D-Schattensimulation (eigener Screenshot; wien.gv.at/stadtplan3d)

von Gebäuden simuliert werden kann. Die Datensets sollen in einem dreijährigen Zyklus aktualisiert werden (wien.gv.at (2)).⁹ Das 3D-Modell beinhaltet dabei, wie in Abb. 32 zu sehen, keine Texturen.

3D-Stadtmodelle, wie der 3D-Stadtplan Wien, enthalten oft keine Texturen und sind in unterschiedlich hohem, meist jedoch geringem Detailgrad (LOD - Level of Detail) in 3D modelliert. Vergleicht man beispielsweise das im Sommer 2020 vorgestellte, überarbeitete Stadtmodell der Stadt Linz (Abb. 33) mit dem der Stadt Wien (Abb. 32), fällt ein höherer Detailgrad des Abbildes der oberösterreichischen Landeshauptstadt ins Auge. Wie auch das Wiener 3D-Stadtmodell wurde es mit der CityGrid Software von UVM Systems erstellt. (UVM Systems, n.A.) Die CityGrid Software enthält dabei Schnittstellen, um die Betrachtung und

⁹ Die letzte Aktualisierung der implementierten Datensätze fand im 2. Quartal 2014 statt. (Stand 3/2021) (wien.gv.at (2))

Begehung der Stadtmodelle in VR – zumindest theoretisch - zu ermöglichen. (UVM Systems, 2020:12ff.)

Das Linzer Modell¹⁰ wird aktuell unter anderem zur Visualisierung von Brücken(um-)bauprojekten genutzt und könnte – eine Verfügbarkeit der Daten zur weiteren Nutzung vorausgesetzt – als Basis für virtuelle Begehungen oder Beteiligungsformate mit VR- oder AR-Unterstützung herangezogen werden. Stadtmodelle stehen dabei vor einer zentralen Problematik: Städte sind niemals „fertig“, entsprechend müssen auch Stadtmodelle



Abb. 33: 3D-Stadtmodell Linz (A7 Bypassbrücke und Neue Donaubrücke) (Screenshot, 3d.linz.at)

permanent aktuell gehalten werden. Die zentralen Herausforderungen liegen neben der Erstellung in der Erhaltung und periodischen Aktualisierung des Modells. (Roupe, 2013:11)

Als Beispiel für die (nicht-) Aktualität der Daten können Services wie Google Maps oder Apple Maps herangezogen werden, die, trotz überwiegend automatischer photogrammetrischer Berechnungen der 3D-Gebäudemodelle, meist auf mehrere Jahre alte Daten zurückgreifen.

Die (öffentliche) Verfügbarkeit der Daten eines derartigen Stadtmodells gestaltet sich aus verschiedenen Gründen kompliziert. Neben Fragen des Nutzungsrechtes betrifft dies vor allem den großen Umfang des Datensatzes. So umfasste das gesamte Datenset inklusive Texturen der Stadt Linz bereits 2011 rund 658 GB Daten (Achleitner, 2011:18), was eine Weiterverbreitung und externe Nutzung schon aufgrund der Datenmenge kompliziert gestaltet. Auch in den Strategieprogrammen der Stadt Wien wird auf die Wichtigkeit der Schaffung von Schnittstellen hingewiesen, um „den Zugang zu Daten der Stadt Wien und deren Weiterverarbeitung zu erleichtern“. (Stadt Wien, 2019:73)

¹⁰ Link zum 3D-Stadtplan: 3d.linz.at (2.9.2020)

Mangels niederschwellig verfügbarer Schnittstellen für die externe Verwendung der Datensätze steht das 3D-Modell somit faktisch oft exklusiv der Gebietskörperschaft zur Verfügung.

Wenn ein detailliertes und texturiertes 3D-Modell des Planungsraumes bereits vorhanden ist (und eine Möglichkeit des Datenbezugs besteht), wird die Umsetzung von 3D-Visualisierungen im virtuellen Stadtkontext erheblich vereinfacht. Entsprechend wird vom Autor empfohlen, Schnittstellen zur Verfügung zu stellen, um derartige Daten nicht nur online betrachten zu können, sondern um die Möglichkeit der Weiterverwendung und gegebenenfalls dezentralen Editierung/Ergänzung zu erweitern. Ein möglichst detailliertes, öffentlich verfügbares 3D-Abbild der Stadt ist als Grundlage und Vorleistung für viele MR- und VR-Visualisierungen wünschenswert.

4.2 Was können AR und VR für die Raumplanung leisten?

Je nach Planungsanlass und Betrachtungsraum nehmen dreidimensionale Darstellungen, zu welchen AR- und VR-Visualisierungen zuzuordnen sind, unterschiedliche Bedeutung ein. AR und VR bieten vor allem Mehrwert darin, Modelle mit dreidimensionaler Ausprägung und damit verknüpfte Daten zu visualisieren. Bei flächenbezogenen Daten ist der Vorteil einer Darstellung in Mixed Reality gegenüber klassischen Planwerken oder Darstellungsformen als unbedeutend anzusehen. (Wietzel, 2007:248f.) So herrsche in der überörtlichen Planung generell eine „maßstabsbedingte Ungenauigkeit der verorteten Ziele und Grundsätze“ (ebd.:248) vor und weder die exakten örtlichen Gegebenheiten noch die Dreidimensionalität dieser ist von Relevanz. Auch die Aufgabenstellungen umfassen meistens einen hohen Abstraktionsgrad, in Bezug auf Ziele und Aufgaben. (ebd.:247f.)

Bei Betrachtungen in großen Maßstäben und bei Projekten der örtlichen bzw. kommunalen Ebene kommt dreidimensionalen Darstellungen mehr Bedeutung zu. (ebd.:248f.)

Konkrete Bau- und Planungsprojekte werden der Öffentlichkeit und den entscheidungstragenden Personen zusätzlich zu den normierten Plänen oft mit realen, maßstäblichen Modellen und Renderings aus festgelegten Blickwinkeln oder auch als computergeneriertes Video präsentiert. Die von der erstellenden Person vorbestimmte(n) Perspektive(n) der Darstellung(en) und die Wahl der Bildausschnitte können dabei die Wahrnehmung des Projektes maßgeblich beeinflussen und können auch manipulativ eingesetzt werden. (Janusz, 2016:54; Reinwald et al., 2015:346)

In einer VR-Umgebung können Position und Blickpunkt von den betrachtenden Personen in der Simulation weitgehend frei gewählt werden. So wird ein objektiverer, immersiver Einblick in die Ausprägung des Geplanten ermöglicht. (Hall, 1993 nach Whyte, 2002:107)

Auch AR-Darstellungen ermöglichen eine größtenteils freie Perspektivenwahl, wodurch die Möglichkeit der Manipulation reduziert wird. (Reinwald et al., 2014:19) Dabei sind nicht alle Perspektiven für alle Personen gleich verständlich – so fällt es Personen mit Vorerfahrung leichter, Projekte aus der Vogelperspektive zu erfassen als LaiInnen. (Bourdakis, 1997:667) Die Betrachtendenperspektive ist eine egozentrische, also von dem/der BetrachterIn bestimmte und erlaubt Echtzeitinteraktion, gegebenenfalls sogar über Körpergestik, im Unterschied zu statischen Szenen oder vorberechneten Animationen (Dörner et al., 2013:14), die von Architekturentwürfen bekannt sind. Im Kontext mit dem umliegenden Stadtquartier - sei es ein 3D-Stadtmodell oder die tatsächlich gebaute Stadt in AR - kann durch die Darstellung von in Zukunft erlebbaren Perspektiven auf das Projekt aus dem öffentlichen und privaten Raum (Gehsteig, Straße, von den benachbarten Gebäuden und Grundstücken, ...) in 3D ein akkurateres Bild über das Projekt vermittelt werden, als dies mit statischen Renderings, Videos oder Plänen und Text möglich ist. AR-Umsetzungen ermöglichen es auch, Objekte digital zu überlagern und somit virtuell verschwinden zu lassen. (Wietzel et al., 2009:84)

Der Simulation, Abschätzung und Evaluierung der (Aus-)Wirkungen von Planungsentscheidungen kommen in der Raumplanung große Bedeutung zu. Misserfolgen oder Fehlplanungen, die oft nicht oder nur bedingt reversibel sind, kann durch den Einsatz von VR und AR zur Vorab-Visualisierung oder/und (virtueller) Begehung und Abnahme von Planungen, vorgegriffen werden. Durch die genaue Vorhersage des Aussehens und des Einflusses neuer architektonischer Objekte auf die Umgebung können finanzielle Ressourcen eingespart werden, bevor die Bauarbeiten begonnen oder abgeschlossen werden.

(Cirulis/ Brigmanis, 2013:78) In Ergänzung zu bestehenden und teilweise normierten Methoden der Projektdarstellung können MR-Anwendungen das Wissen über ein Projekt stärken und so möglicherweise auch das Verständnis von Beteiligten für dieses fördern. Der Einsatz von Augmented Reality erleichtert im Vergleich zu 2D-Plänen und Renderings das Erkennen der Position von Planungsobjekten (z.B. Parkplätze, Pflanzen und Gebäude) und unterstützt die immersive Wahrnehmung. (Reinwald et al., 2014:14) Bei der AR-Visualisierung vor Ort muss außerdem, anders als in VR, nur die Veränderung, nicht aber der Bestand modelliert werden. (ebd.:19)

Besonders Personen, die in ihrem Alltag selten Pläne lesen, können sich die geplante Situation in der Realität mittels AR-Tools besser vorstellen. (Reinwald et al., 2013:346)

Jedenfalls muss, anders als bei der Visualisierung mit klassischen Darstellungsmethoden, keine mentale Rekonstruktion der Räumlichkeit des Projektes erfolgen. So können Fehlinterpretationen vermieden werden und Planungen anschaulicher und nachvollziehbarer präsentiert werden. (Wietzel, 2007:242)

In der VR-Darstellung solcher 3D-Modelle, wie beispielsweise mithilfe von HMDs, kann, anders als bei der Wiedergabe auf einem Computerbildschirm, die Illusion (Ortsillusion, Präsenz) entstehen, sich tatsächlich an dem simulierten Ort zu befinden. Das bringt den Vorteil, dass die Inhalte, gegenüber z.B. Plan und Text oder Rendering, als real und damit weniger abstrakt wahrgenommen werden können. So wird die „Übersetzung“ der Inhalte und das Verständnis besonders, aber nicht nur, für LaiInnen oder fachfremde Personen, einfacher und damit das Risiko einer Fehlinterpretation von visuellen Aspekten vermindert. (Wietzel, 2007:367f.) Modelle in der virtuellen Realität ermöglichen den Betrachtenden räumliche und zeitliche Gestaltungsprozesse zu verstehen, denn Sie fördern die Kommunikation und machen Planungsvorschläge nachvollziehbar. (Stauskis, 2014:5) Dies eröffnet Chancen für die Beteiligung und den fachlichen Austausch. Im Vergleich zur konventionellen Computergrafik zeichnen sich AR- und VR-Darstellungen zusätzlich dadurch aus, dass die Präsentation nicht ausschließlich auf den visuellen Aspekt beschränkt sein muss: Akustisches und haptisches Feedback können beispielsweise die Erfahrung intensivieren. (Dörner et al., 2013:14f.)

Steigende Baukosten und Anforderungen an Bauwerke allgemein und im Speziellen im urbanen Raum fordern Möglichkeiten, die Entscheidungs- und Entstehungsprozesse weitläufig zu optimieren, möglichst transparent zu gestalten und nach Möglichkeit eventuell bestehende Probleme schon vor Baubeginn zu erkennen und zu beseitigen. (Salminen, 2019:2f.; Smith et al., 1998:8f.) In AR oder VR können Bauprojekte schon bei Baubeginn oder davor, auch am (virtuellen oder realen) Bauplatz betrachtet werden und auch Stadtmöblierung vorab virtuell erprobt werden. So kann der Abstraktionsgrad der Darstellung reduziert werden und Projekte besser verstanden werden. Dies bietet für konkrete Planungsprojekte die Chance, Planungsalternativen so zu visualisieren, dass Alternativenentscheidungen in (z.B. städtebaulichen) Wettbewerben informierter getroffen werden können. (Dörner et al., 2013:9)

Salminen (2019) unterteilt VR-Tools für die Stadtplanung in drei Hauptkategorien: Betrachtung („viewing“) oder Visualisierung, Modellierung („modeling“) und Simulation.

Das **Betrachten** eines 3D-Modells in VR kann das Verständnis der AkteurInnen über das Projekt fördern und kann auch zur Kommunikation mit nicht-technischen Teammitgliedern eingesetzt werden.

Modellierung beschreibt die Methode, VR bei der Erstellung von Plänen und 3D-Modellen, anstatt oder in Ergänzung zu dafür herkömmlich eingesetzter CAD-Software zu nutzen.

Um Auswirkungen bestimmter Szenarien vorherzusagen, können **VR-Simulationen** - beispielsweise die Simulation verschiedener Planentwürfe zur Straßengestaltung aus

unterschiedlichen Perspektiven (FußgängerInnen, FahrradfahrerInnen, ...) im Straßenverkehr - genutzt werden, um eine Analyse und Bewertung während des Planungsprozesses zu ermöglichen. (Salminen, 2019:2f., Schrom-Feiertag et al., 2018:3)

Hanssen erstellte in seiner Diplomarbeit zur Nutzung von VR als Tool im Städtebau ein modulares System aus vorab modellierten, texturierten (Gebäude-)Blöcken, welche der/die UserIn in der VR-Umgebung kombinieren und platzieren konnte. (Hanssen, 2017:52ff.) Seine Forschung zeigt unter anderem auf, dass VR im Städtebau bzw. dem aktiven Entwerfen oder der Modellierung - besonders aufgrund des Trade-Offs zwischen dem Umfang bzw. der Möglichkeiten in der VR-Umgebung und der Bedienbarkeit des Interfaces - noch kein vollwertiger Ersatz für etablierte Methoden des Erstellens von städtebaulichen Entwürfen und Planungen in VR ist. (ebd.:90f.)

Das zeigen auch VR-Tools wie „designspace VR“ auf: Die Applikation, die ursprünglich im Zuge eines Programmierwettbewerbs¹¹ entstanden ist, ermöglicht die Visualisierung von 3D-Modellen und das eingeschränkte 3D-Modellieren einfacher Geometrien in der VR-Umgebung sowohl auf bzw. in 3D-Modellen als auch auf Bildern bzw. Plänen. Während dabei der Mehrwert für die Planung nur bedingt erkennbar ist, bietet das Programm auch die Option, bei der virtuellen Begehung eines 3D-Modells (wie zum Beispiel eines Parks) den Blickwinkel und die Position der Betrachtenden in der Simulation aufzuzeichnen. In der so erstellten Punktdarstellung („Pointcloud“) kann somit nachträglich ermittelt werden, welchen Orten die Testpersonen am meisten Aufmerksamkeit zukommen ließen. (designspacevr, n.A.)

Pragmatisch betrachtet liegen die Chancen für VR-Nutzung in der urbanen Planung aktuell somit vor allem in den Kategorien *Betrachten* und *Simulation*. Die 3D-Modellierung (z.B. Planerstellung) in VR gestaltet sich, wie zuvor beschrieben, aufgrund der Komplexität der Thematik, als unpraktisch. Der anwendungsorientierte Schwerpunkt der Visualisierungsmethoden liegt auf der allgemeinverständlichen visuellen Kommunikation von Projekthinhalten mit fachfremden Personen oder im nicht-technischen Diskurs. Dies ist - anders als das aktiv gestalterische Erstellen von Entwürfen - besonders in urbanen Prozessen Kernaufgabe von Planenden, denen heute stärker vermittelnde Funktionen in Prozessen zukommen. (Kanonier/ Schindelegger, 2018:128f.) In Beteiligungsprozessen, seien sie konsultativer oder rein informierender Natur, kann den Partizipierenden mithilfe von AR- und VR-Tools ein immersiver Einblick in ein Projekt gegeben werden. Sofern konsultative oder kooperative Beteiligung vorgesehen ist, kann das verbesserte Verständnis zu hochwertigerem Feedback für die Projektentwicklung führen.

¹¹ AEC (Architecture, Engineering, Construction) Hackathon - online: aehackathon.com

Die zuvor genannten Kategorien *Betrachten, Modellieren, Simulation* nach Salminen (2019:2f.) können auch auf AR umgelegt werden. Der Schwerpunkt liegt dort aktuell auf dem Betrachten von Inhalten in AR. Durch MR- und AR-Anwendungen können die visuellen Ausprägungen von Projekten und Planungen im Raum einfacher eingeordnet werden. (Wietzel, 2007:242) „Im Gegensatz zu klassischen Darstellungsformen, wie beispielsweise Pläne und physische Modelle, ist nun eine maßstabsgetreue und fotorealistische Simulation der baulichen und gestalterischen Vorhaben und Maßnahmen, bezogen auf die visuell wahrnehmbaren Ausprägungen, möglich.“ (ebd.:243) In der Modellierung und der Simulation können sich, abhängig unter anderem davon, wie sich VR bzw. MR als Arbeitsumgebung etablieren können und der Technologieentwicklung im Bereich des kollaborativen Arbeitens in AR bzw. MR (z.B. HoloLens und zugehörige Steuerungsinterfaces), weitere Anwendungsfelder in der Raumplanung eröffnen. Aktuell sind die meisten App-Umsetzungen auf die Darstellung und korrekte Projektion von 3D-Inhalten in AR beschränkt. (mehr dazu im Abschnitt 8 Ausblick & Empfehlungen)

Schrom-Feiertag et al. beschreiben die Anwendbarkeit von AR und VR in Planungsprozessen anhand der drei Stufen der Beteiligung: Bei der **Information** von Beteiligten bieten derartige Darstellungen das Potenzial, komplizierte oder komplexe Probleme der Planung neuartig darzustellen. Zum Beispiel können Szenarien, Planungs- oder Gebietsentwicklungen (z.B. Pflanzenwachstum in 5 oder 10 Jahren) immersiv dargestellt werden und Tageszeiten mit Lichteinfall simuliert werden. Außerdem weisen sie auf das Potenzial hin, VR in Kombination mit Verkehrssimulationen und Möglichkeiten der Befahrung/Begehung mit verschiedenen simulierten Verkehrsträgern und dem Ziel des verbesserten Verständnisses für den Unterschied verschiedener Planungsvarianten, zu nutzen. So stellen sie Chancen der höheren Akzeptanz für gerechte Raumverteilung im Straßenraum in Aussicht. (Schrom-Feiertag et al., 2018:3)

Für die **konsultative** Beteiligung bieten VR-Visualisierungen verbessertes Verständnis für Projekte bzw. unterstützen beim Verstehen von Projekten und ermöglichen das Einbringen von Feedback an die Planenden. (ebd.:3) Außerdem besteht die Möglichkeit der Steigerung der Akzeptanz gegenüber politischen Entscheidungen und die Chance, durch neue Blickwinkel innovative Lösungsansätze für Probleme zu finden. (Stadt Wien:73f.; gruenstattgrau.at, n.A.)

Sollen Planungen **kooperativ** entwickelt werden, „(...) können VR-Werkzeuge sehr hilfreich sein, um Fragen visuell zu unterstützen, verschiedene Varianten leicht verständlich zu präsentieren und eigene Varianten zu entwickeln.“ (Schrom-Feiertag et al., 2018:3f.)

Ein weiterer wichtiger Punkt, der neben der Beschreibung der Potenziale von AR- und VR-Technologien notwendig ist, um diese in der Planungskultur ankommen zu lassen, ist die Beschreibung, Einschränkung oder Ausräumung möglicher Risiken, sowie die Aufwandseinschätzung für interessierte Parteien wie BauträgerInnen, Interessensgemeinschaften oder Gebietskörperschaften.

Im Forschungsprojekt „VR-Planning – we’re planning“ wurden „AR und VR als innovative Möglichkeiten für eine verbesserte partizipative Planung erforscht und anhand realer Anwendungsbeispiele evaluiert“. (AIT, 2019) Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein starker Fokus auf die Visualisierung oftmals konfliktbelasteter Umgestaltungen von Straßenräumen, die die aktive Mobilität bevorzugen, gelegt. In einer prototypisch entwickelten VR-Umgebung kann zwischen Projektvarianten gewechselt werden und diese „begangen“ werden. Dadurch wird eine vereinfachte Kommunikation der tatsächlichen Ausprägungen von Planungen und somit auch eine verbesserte Partizipation bei einer Nutzung der Anwendungen im Planungsprozess in Aussicht gestellt. (AIT, 2019; Fraunhofer, 2019) Weiters wird im angeführten Forschungsprojekt des AIT ein Leitfaden für die Integration von VR und AR in die Kommunikation von Stadtentwicklung, partizipativer Planung und interdisziplinärer Fachplanungen erarbeitet.¹² Dieser soll zukünftig praxisorientiert über die notwendigen Voraussetzungen zur Integration von VR- oder AR-Anwendungen aufklären und wird auch Aufwandsabschätzungen, die im Zuge der Forschungsarbeit ermittelt werden konnten, beinhalten. (Fraunhofer, 2019)

Durch Interaktivität und Elemente der Gamification in Planungsprozessen wie mit AR und VR bietet sich unter anderem die Chance, zusätzliche InteressentInnengruppen anzusprechen. (Gnat, M. et al., 2016:4ff.) Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Visualisierungstools nicht selektiv wirken und Nutzende, zum Beispiel durch technische Bedingungen oder aufwendige Bedienung ausgeschlossen werden. (Reinwald et al., 2014:16ff.) Auf diese und andere Risiken und Herausforderungen wird nach der Vorstellung der Anwendungsmöglichkeiten eingegangen.

Broschart et al. beschreiben MR-Tools als „eine Ergänzung der dem Architekten oder Planers [sic!] ohnehin zur Verfügung stehenden Werkzeuge. (...) Durch ihren Einsatz wird dieser in seiner täglichen Kommunikationsarbeit unterstützt, das direkte Gespräch und Interagieren mit den beteiligten Personen können und sollten sie jedoch nicht ersetzen!“ (Broschart/ Zeile, 2014:646f.) Dieser Hinweis findet sich wiederholt in der Literatur und es wird auch nach der

¹² Leider war der Leitfaden bis 3/2021 nicht fertiggestellt und konnte deswegen aus terminlichen Gründen nicht weiter thematisiert werden. Auch die Ergebnisse der Forschung sind mit 3/2021 nicht über das Abstract, die Ausschreibung und Presseaussendungen hinaus öffentlich einsehbar. Auf Nachfrage wurden dem Autor 8/2020 seitens des AIT zwei Dokumente zur ausschließlichen Verwendung in dieser Arbeit übermittelt.

folgenden Aufzählung verschiedener Potenziale zur Anwendung von MR-Tools in Planungsprozessen klar, dass diese nicht oder jedenfalls noch nicht in der Lage sind, etablierte Mittel der Projektvermittlung und Beteiligung zu ersetzen.

Reinwald et al. (2014) betonen, dass AR-Anwendungen alleine nicht unbedingt die Qualität von Partizipation verbessern müssen, zum Beispiel benötige es weitere Mittel, um Feedback einzubringen oder den Vorschlag mit anderen zu diskutieren. (Reinwald et al., 2014:4f.)

Ein weiterer Vorteil der Nutzung virtueller Technologien für die Zusammenarbeit, der über Bequemlichkeit und Kosteneinsparungen hinausgeht, ist die globale Beteiligung. Es ist davon auszugehen, dass die Nutzung zeitgenössischer digitaler Plattformen eine verstärkte Beteiligung weiterer wichtiger AkteurInnen ermöglicht, da die virtuell teilnehmenden Personen nicht mehr auf einen geografischen Standort beschränkt sind. (McWhorter, 2014:340) Die Möglichkeit der räumlichen Entkopplung des Projektes von der tatsächlichen Baufläche ist ein zusätzliches wichtiges Argument für die Nutzung von AR- und VR-Applikationen als Visualisierungstools.

4.3 Anwendungsfelder und Praxisbeispiele

In diesem zentralen Abschnitt der Arbeit wird eine Übersicht über Anwendungsmöglichkeiten und Chancen, die Virtual Reality der (urbanen) Raumplanung bieten kann, gegeben. Anschließend werden die Potenziale der Augmented Reality beleuchtet. Die Beispiele werden nach Anwendungsfeldern gruppiert und anhand von Praxisumsetzungen beschrieben, die bereits mit Unterstützung von AR- oder VR-Tools visualisiert wurden.

Die an Anwendungsfällen orientierte Formulierung wird gewählt, da durch die teils rasante technologische Entwicklung in der AR- und VR-Branche bei einer rein technikzentrierten Definition bzw. dem Beschreiben der Chancen, diese nach kurzer Zeit nicht mehr gültig oder aktuell sein können.

Da Wien der Raum für die weiteren Untersuchungen und Anwendungsempfehlungen ist, wurde der Fokus außerdem verstärkt auf Projekte und Prozesse, die in Wien stattfinden oder stattgefunden haben, gelegt. Dabei wird versucht, einen breiten Überblick und möglichst verschiedene Herangehensweisen und Chancen zu beleuchten, die diese Tools für die Planung und für planungsnahe Disziplinen bieten können.

Weiters werden mögliche Entwicklungschancen der Technologien bzw. Anwendungsfälle für die Zukunft dargelegt. Dabei sei darauf hingewiesen, dass derartige Prognosen und Spekulationen Unsicherheiten beinhalten: Beispielsweise meinte Bill Gates 1985, dass das Internet ein Hype bleiben würde. Prognosen zur Technologieentwicklungen sollten demnach immer nur in der Form von „informed guesses“ getätigt werden. (Floeting, 2002:23)

4.3.1 Digitale/Virtuelle Begehung

VR kann in der Grundlagenforschung bzw. in der Vorphase eines Projektes genutzt werden, um auch aus der Distanz das Wissen über den Planungsraum zu erweitern.

Ergänzend zur Begehung vor Ort und ohne vorab notwendiger Datenaufbereitung können,

aus der Distanz, zum

Beispiel Google

Street View oder

vergleichbare

Services bzw.

Bilddatenbanken, in

VR genutzt werden,

um einen ersten

Überblick über das

Planungsgebiet zu



Abb. 34: Stereoskopische Darstellung für Cardboard VR (eigener Screenshot, Google StreetView)

gewinnen. Google Street View ist „für den Planungskontext interessant, da der Dienst eine Begehung in einem virtuellen 360° Panorama anhand des Straßennetzes in der Fußgängerperspektive anbietet.“ (Zeile, 2010:100)¹³ Aktuell wird auf derartige Bild- und 3D-Daten meist über einen klassischen Computer- oder Smartphone-Bildschirm (nicht immersiv) zugegriffen. Sie können aber im Fall von Google Street View auch niederschwellig, unter Zuhilfenahme von Smartphone HMDs wie Cardboard, seit 2015 (Google, 2015) in VR betrachtet werden. StreetView ist dabei auf die Perspektive aus dem öffentlichen (Straßen-) Raum beschränkt, (Zeile, 2010:100f.) was einer umfassenden Begehung teils hinderlich ist, da nicht befahrbare Straßen so meist nicht erfasst sind. Eine Funktion ermöglicht seit kurzem das Wechseln zwischen zu verschiedenen Zeitpunkten erstellten 360-Grad-Panoramen. So können beispielsweise Veränderungen in der Nutzung des öffentlichen Raumes über einen längeren Zeitraum beobachtet werden, abhängig von der Häufigkeit der Befahrung der Strecke durch das Mobile-Mapping-Fahrzeug.

Unter Zuhilfenahme von HMDs wie der HTC Vive und zugehörigen Controllern kann in Google Earth VR¹⁴ - einem 3D-Abbild der Erde - ein Großteil der Welt und auch viele weltbekannte Museen in VR besichtigt werden. Für viele Ballungszentren gibt es dabei bereits mittels automatisierter Verfahren erstellte, texturierte 3D-Abbilder der Landschaft inklusive Topographie und Gebäuden. Außerdem ist StreetView dabei nahtlos in das VR-Interface integriert.

¹³ Die Perspektive der Bilder ist aus dem Straßenraum und oberhalb der PassantInnenperspektive orientiert

¹⁴ Verfügbar unter: store.steampowered.com/app/348250/Google_Earth_VR

Dadurch wird ein einfaches Wechseln zwischen der Vogelperspektive und dem Straßenraum ermöglicht (Abb. 35).

Durch die Registrierung in drei Dimensionen ist eine Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung gegenüber Plänen und Bildern in Aussicht zu stellen (Wietzel, 2007:367), was genutzt werden kann, um besseres Verständnis über das Planungsgebiet aus der



Abb. 35: Google Earth VR (eigener Screenshot, Google Earth VR)

Distanz zu erlangen. Derartige VR-Visualisierungen des Bestandes können Begehungen des Planungsgebietes nicht ersetzen, sie ermöglichen jedoch auch ohne Anfahrtsweg immersive Einblicke in Gebiete und Blickwinkel, die vor Ort nicht oder nur schwer reproduzierbar sind, wie zum Beispiel die Vogelperspektive. Die Services sind niederschwellig, kostenfrei verfügbar, verhältnismäßig einfach in der Bedienung und eignen sich primär zur Raumerkundung von Zuhause bzw. aus der Distanz.

Dabei gilt es zu beachten, dass die grundlegenden Daten sowohl von Street View als auch Google Earth VR oft unterschiedlich aktuell sind, wodurch das 3D-Modell der Stadt teilweise nicht dem StreetView Bild entspricht. Vergleichbare VR-Darstellungen können mit Hilfe entsprechender Schnittstellen auch für die 3D-Stadtmodelle der Gebietskörperschaften umgesetzt werden. Viele Softwaretools wie auch von UVM Systems (die, wie zuvor erwähnt unter anderem das Wiener und Linzer Stadtmodell operativ erstellt haben) beinhalten Möglichkeiten zur Darstellung der Stadtmodelle in VR.

4.3.2 Planungs- und Projektvisualisierung

Das naheliegende und größte Potenzial bietet VR in der immersiven, erlebbaren Visualisierung konkreter Projekte und Planungen.

Projekte können vor Baubeginn oder Planfertigstellung, freistehend oder in einem digitalen Abbild der Umgebung, in VR besichtigt werden. Zum Beispiel können so die Auswirkung eines Projektes auf das Stadtbild, Sichtachsen und Lichteinfall im Lauf der Jahres- und Tageszeiten simuliert werden.

Dabei kann VR-Visualisierung schon in der Anfangsphase von Projekten genutzt werden. Digitale Entwurfsmodelle („Mock-Ups“), abstrakte Baukörpermodelle oder bereits

ausgearbeitete Planungen können sowohl zur Kommunikation zwischen StakeholderInnen, als auch in Partizipationsprozessen genutzt werden, um – in Ergänzung zu den etablierten Darstellungsmethoden – eine verständliche Gesprächsgrundlage über das Geplante zu schaffen, auf deren Basis weitere Verhandlungen, Fragen oder Diskussionen in den Entscheidungsgremien oder bei Beteiligungsveranstaltungen stattfinden können. Durch die simulierte Dreidimensionalität der Visualisierung kann die räumliche Ausprägung und Verortung des Geplanten jedenfalls einfacher verstanden werden. (Reinwald et al., 2014:13f.) Dabei gilt es zu beachten, dass der Detailgrad dem Planungsstand entsprechend umgesetzt wird. Im zuvor gegebenen Beispiel ist es nicht sinnvoll, Fassadengestaltung in die Darstellung zu implementieren, diese kann potenziell von den relevanten Inhalten ablenken. (Wietzel, 2007:367) „Dies bedeutet im Falle eines stadtplanerischen Bebauungsvorschlages die Darstellung der Baukörper als einfache Objekte ohne Aussagen zu Fassaden. Bei einem konkreten Bauvorhaben im weit fortgeschrittenen Planungszustand ist durchaus eine fotorealistische Abbildung sinnvoll.“ (ebd.)

In der Planung der Seestadt aspern – einem der größten städtebaulichen Projekte Europas – wurde, mitunter aufgrund des großen Umfangs und der Nutzung als methodentestender Prozess, auf verschiedene auch neuartige graphische Darstellungsformen gesetzt und Ideen Konzepte und Technologien, die in der „Smart City Rahmenstrategie“ vorgeschlagen werden erprobt, (wien.gv.at (7)) sei es zur Öffentlichkeitsbeteiligung, Information oder Projektvermarktung.



Abb. 36: Virtueller Rundgang Seestadt aspern. Stereoskopische Darstellung (eigene Bearbeitung; aspern-seestadt.at)

So wurde für die letzten beiden Kategorien eine in VR betrachtbare Visualisierung umgesetzt, um den geplanten Zustand des Stadterweiterungsgebietes bei Baufertigstellung zu zeigen.

Um einige Bauabschnitte bereits im Vorhinein zu besichtigen, stellte das Stadtteilmanagement Seestadt aspern Anfang 2019 den „virtuellen Spaziergang“ für das Seeparkquartier online. Das Stadtquartier kann durch Scannen von Markern vor Ort und ortsunabhängig über den Webzugang (aspern Seestadt, n.A.) immersiv und nicht-immersiv besichtigt werden.

Die Bezeichnung virtueller „Rundgang“ oder „Spaziergang“ ist insofern missverständlich, als ausschließlich 360-Grad Panorama-Renderings von mehreren Punkten entlang dreier vorgegebener Routen zu besichtigen sind. Der nutzenden Person ist keine freie Bewegung im Modell möglich. In die Renderings sind zusätzliche Informationen über Projekte inkludiert, die durch Tippen auf Icons eingeblendet werden können.

Neben der stereoskopischen Darstellung, die auf HMDs und auf Smartphones mit VR-Interfaces wie „Google Cardboard“ betrachtet werden kann, ist auch eine monoskopische Darstellung der Inhalte für Smartphone, Tablet oder PC ohne VR-Interface möglich. (Stadtteilmanagement Seestadt aspern, 2019)

Die Möglichkeiten dynamischer VR-Umsetzungen sind dabei bereits um einiges umfangreicher. So können Planungsvarianten im Lauf der Zeit, zum Beispiel eine Darstellung der Bepflanzung nach der Bauphase und nach 5, 10 oder 20 Jahren sowie zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten erfolgen. (Schrom-Feiertag et al., 2018:3) Derartige Visualisierungen fördern zusätzlich das Verständnis über den Prozess der Entwicklung des Stadtquartiers (ebd.), was einen wertvollen Beitrag für die Partizipation darstellt.

AR-Projektvisualisierungen eignen sich unter anderem für die Verbildlichung von bereits ausgearbeiteten planerischen Projekten vor Ort, die Entscheidungstragenden, der Bevölkerung oder Interessierten präsentiert werden sollen. „Die Realität selbst ist damit der Rahmen für Planung und Entwurf. Der Einsatz von Augmented Reality kann entscheidend dazu beitragen, beabsichtigte und unbeabsichtigte Wirkungen im Vorfeld zu untersuchen.“ (Reinwald et al., 2014:2)



Abb. 37: AR-Gebäudevisualisierung (Broschart et al., 2013:122)

Dadurch, dass mit Hilfe von AR-Methoden die Stadt selbst der Ort der Visualisierung ist und so auf eine Abbildung (und eine damit verbundene Abstraktion) der Umgebung verzichtet werden kann, können die räumliche Ausprägung und mögliche optische Auswirkungen des Geplanten einfacher verstanden werden. Bauprojekte können, wie z.B. in Abb. 37 zu sehen, im städtischen Kontext betrachtet werden: Schattenwurf, Abstände, Höhen und andere Auswirkungen der Gebäude können so realistischer als anhand von Plänen und Abbildungen erlebt werden. (Radecki, 2020)

Visualisierungen von Bauprojekten in AR können außerdem den Vergleich zwischen dem Soll und Ist vor Ort erheblich vereinfachen, was ein großes Potenzial für die Gegenüberstellung des Eingereichten und tatsächlich fertiggestellten Gebäudes hinsichtlich der Planentreue ermöglicht. Diese Thematik und Entwicklungschancen werden im Kapitel 3.3.4 Digitale Baueinreichung vertiefend beschrieben.

Diese „nahbaren“ realitätsnahen Darstellungen versprechen auch Potenzial für gesteigertes Engagement seitens der BürgerInnen. Im Zuge des „Smartwalk Saarbrücken“ wurde ein Informations- und Beteiligungsprojekt umgesetzt, welches die geplanten Maßnahmen entlang eines interaktiven Rundweges in der Stadt zeigte. An mehreren Punkten im Stadtgebiet wurde unter anderem eine geplante Brücke bereits vor Planungsabschluss in VST-AR visualisiert. (Broschart et al., 2013:120f.) Durch die VST-AR-Applikation konnte so ein Modell der Brücke, eingepasst in den Stadtraum und am zugewiesenen Bauplatz, betrachtet werden.



Abb. 38: AR-Darstellung „Smartwalk Saarbrücken“ (Broschart et al., 2013:122)

Das Beteiligungsprojekt bot an neun Stationen unterschiedliche digitale Darstellungsformen zu verschiedenen inhaltlichen Thematiken. An anderen Stationen wurden beispielsweise die lokale Lärmbelastung und mögliche Überflutungsszenarien dreidimensional dargestellt. Bei jeder Station wurde außerdem eine Kommentarfunktion implementiert, die auch eine Bewertung des Projektes ermöglichte. (Broschart et al., 2013:121f.) Das gestattete es den Betrachtenden vor Ort und ohne weitere „Betreuung“, Gedanken und Einwände zum Projekt zu dokumentieren.

AR-Projektvisualisierungen im Stadtraum stellen meist die technische Anforderung, dass (zumindest temporär) der gesamte Ausschnitt, in den das zu platzierende 3D-Objekt projiziert

werden soll, für die Kamera des VST-AR-Interfaces sichtbar sein muss. Andernfalls können Probleme in der korrekten Projektion des Objektes auftreten.

Zudem muss meist eine Datenverbindung bestehen und meistens auch ein Positionsabgleich mit GPS gewährleistet sein. (Dübner, 2014:48) Mitunter deswegen eignen sich derartige, markerlose AR-Visualisierungen primär für kleinere Maßnahmen oder vordefinierte Betrachtenden-Positionen mit genügend Distanz zum darzustellenden Objekt, wie es zum Beispiel bei der AR-Darstellung der Brücke in Saarbrücken der Fall war.

Derartig können beispielsweise auch Flächen und Räume mit Modellen oder Bildern einer geplanten Umgestaltung überlagert werden.

Darüber hinaus kann AR zur Projektvisualisierung auch genutzt werden, um ortsunabhängig 3D-Modelle auf Flächen zu projizieren. Mit Ausnahme der intuitiven Navigation durch die 3D-Inhalte ist hier der Vorteil gegenüber klassischen 3D-Modellen bei der Darstellung über Smartphone oder Tablet VST-AR gering. Die Wiener Linien veröffentlichten 2019 eine Smartphone Applikation¹⁵, die alle U-Bahn-Stationen der ersten Ausbaustufe der U5 in 3D im geplanten Zustand bei Baufertigstellung abbildet (Abb. 39). (U2xU5, 2019)

In der Visualisierung sind sowohl die unterirdischen Stationsbauten als auch die Bebauung an der Oberfläche detailliert dargestellt. Straßenraum und Grünflächen sind texturiert ausgeführt und werden durch

realitätsnahe Baummodelle ergänzt. Die Darstellung der Stationen und ihrer Umgebung erfolgt als frei dreh- und zoombares 3D-Modell und weist einen hohen Detailgrad auf. Die Visualisierung kann auch als VST-AR mittels AR-Marker und Projektion auf freie Flächen betrachtet werden. Zusätzlich sind animierte Modelle von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln in der Darstellung umgesetzt. Ob derartige, animierte Inhalte zu einem verbesserten Verständnis des Projektes beitragen können oder eher von wesentlichen Aspekten ablenken, ist unklar. (siehe Kapitel 4.4 Herausforderungen und Risiken in der Anwendung und Kapitel 7 Diskussion und weiterführende Fragen)

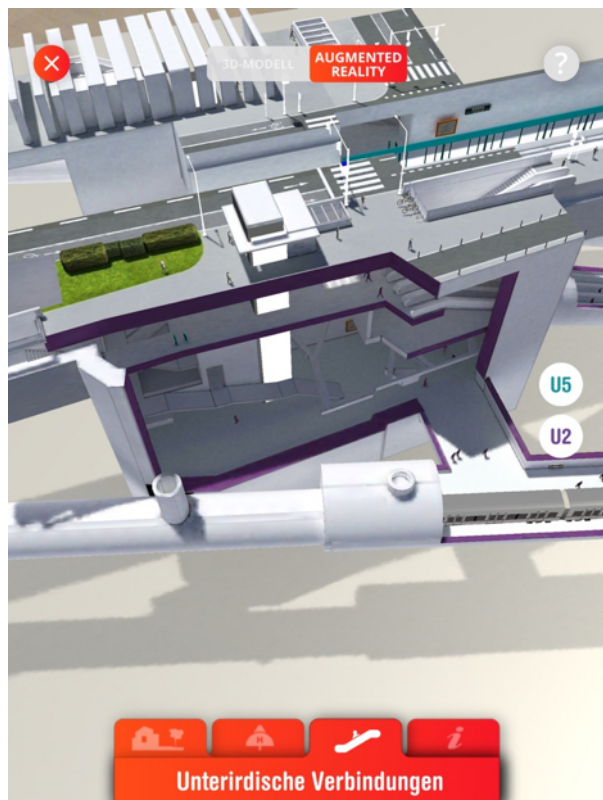


Abb. 39: U2xU5 App (eigener Screenshot, Wiener Linien)

¹⁵ Google Play Store: play.google.com/store/apps/details?id=com.scalamatta.UBahn

Als Weiterentwicklung der AR-Applikation in Form einer Marker- oder Cloud-unterstützten VST-AR-Darstellung in direkter Umgebung von Baustellen vorstellbar. So würde ein virtueller, korrekt projizierter „Blick“ in den Untergrund gestatten, vor Ort den Fortschritt der Bauarbeiten und den geplanten Zustand bei Fertigstellung zu zeigen.

4.3.3 Variantenvergleich

Der Variantenvergleich, wie in (städtebaulichen und Entwurfs-) Wettbewerben ist eine der zentralen Anwendungschancen für VR in Planungsprozessen.

In Architektur- und Planungswettbewerben bietet sich eine VR-Nutzung insofern an, als innerhalb der immersiv-virtuellen Umgebung die Möglichkeit besteht, zwischen verschiedenen Entwürfen zu wechseln und somit einen direkten optischen Vergleich zur Hand zu haben. Die Projekte können aus verschiedenen Perspektiven und in unterschiedlichen Situationen und Szenarien betrachtet werden. Derartige Vergleiche können mit einer Vielzahl von Projekten wie Infrastrukturprojekte, (Wohn-) Bauprojekte und Platz- und Straßenraum



Abb. 40: Einreichung im digitalen Stadtkontext aus verschiedenen Blickwinkeln (Sunesson et al., 2008:258)

(Um-) Gestaltungen durchgeführt werden. Dadurch dass die Projekte virtuell erlebbar und nahtlos miteinander vergleichbar sind, kann eine fundierte Variantenentscheidung getroffen werden. Eine Studie zur Nutzung von in VR dargestellten 3D-Modellen im Variantenvergleich wurde zur Neugestaltung der Stadtbibliothek in Göteborg (Schweden) durchgeführt (Abb. 40) und zeigte trotz der nur geringen Zahl an Testpersonen (10 Interviews mit 12 Prozessbeteiligten) bereits 2008 einige wichtige Punkte auf, die es bei derartigen Anwendungen von VR zu beachten gilt. (Sunesson et al., 2008:255ff.)

Neben allgemeingültigen Vorzügen der VR-Nutzung wie dem verbesserten Verständnis der räumlichen Ausprägung des Dargestellten sowie dessen Einbettung in den Stadtraum wird auch darauf hingewiesen, dass es wichtig ist, ein Qualitätsniveau in der VR-Wiedergabe zu finden, das gut genug ist, um den Inhalt eines Vorschlags wirklich abzubilden, aber nicht so gut, dass die allgemeine Öffentlichkeit den Vorschlag als abgeschlossen versteht. (ebd.:257) Dies ist eine zentrale Herausforderung in der Visualisierung, im Allgemeinen wie auch in 3D, die im Abschnitt 4.4.2 Abstraktion, Darstellung und Realität weiter thematisiert wird.

Um eine gleichwertige Darstellung der eingereichten Projekte zu garantieren, wurde ein externes Visualisierungsbüro mit der 3D-Modellierung und VR-Umsetzung der Entwürfe der Bibliothek Göteborg betraut. Dabei waren nur minimale Rückkopplungsschleifen mit den Architekturbüros vorgesehen. Dies wurde von Letzteren kritisiert, da sie die Kontrolle darüber abgeben mussten, wie ihre Projekte letztendlich optisch präsentiert wurden. (Sunesson. et al., 2008:257) Ähnliches betont auch Leimer (2019), der in seiner Arbeit die möglichen Nachteile beschreibt, die auftreten können, wenn Architektur oder Planungsbüros für Wettbewerbe jeweils selbsttätig ihre VR-Visualisierung gestalten. Wenn verschiedene Tools/Engines verwendet werden, ist zum Beispiel ein Wechsel zwischen den Varianten nicht ohne zusätzlichen Aufwand in der Aufbereitung umsetzbar und Belichtungs- und Beschattungseffekte nur mehr bedingt vergleichbar. (Leimer, 2019:105) „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



Abb. 41: 3D-Entwurfsvorstellung Neugestaltung Schwedenplatz (Leimer, 2019:82)

den planenden Büros betrachtet und abgesegnet werden.“ (ebd.:105f.)

Er beschäftigte sich im Rahmen seiner Diplomarbeit mit dem Variantenvergleich zweier Projekteinreichungen zur Umgestaltung des Schwedenplatz in Wien und setzte dafür beide Entwürfe als 3D-Modelle um, die mithilfe von HMDs in VR besichtigt und verglichen werden konnten. In einem weiteren Schritt untersuchte er den Unterschied in der Raum- bzw. Projektwahrnehmung seitens der Testpersonen in VR im Vergleich zu klassischen Visualisierungsmethoden der Raumplanung. Er konnte verbessertes Verständnis über die dargestellten Umgestaltungsprojekte durch die VR-Nutzung ermitteln. (ebd.:108) Wenn 3D-Modelle (in AR/VR) regelmäßig vergleichend in Wettbewerben verwendet werden sollen, gilt es einen Rahmen zu schaffen, der einen objektiven Vergleich erst möglich macht. Dafür muss ein gemeinsamer Rahmen bzw. eine Norm erstellt werden, indem beispielsweise der Detailgrad der Modelle, die verwendeten Materialien, Effekte und ähnliches vorab eingeschränkt bzw. definiert werden, um eine Vergleichbarkeit der Konkurrenzprojekte im Wettbewerb zu gewährleisten.

4.3.4 Erweiterung analoger Inhalte/Pläne

Mit AR-Tools können analoge Darstellungen wie Planmaterial um dreidimensionale Inhalte erweitert werden und bieten so vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in der Planung.

Gedruckte Karten, Pläne und schriftliche Dokumente sind Teil eines jeden Planungsprozesses.

Im Zuge der Digitalisierung und Initiativen wie OGD wird Information vermehrt digital zur Verfügung gestellt. Analoge Formate können

aus verschiedenen, teils rechtlichen Gründen,

nicht ersetzt werden. Analoge Karten,

Grafiken und auch physische Modelle können

jedoch mithilfe von AR-Tools um digitale 3D-

Inhalte erweitert werden. Abbildungen und

Pläne von Gebäuden werden perspektivisch

passend mit dem 3D-Modell des im

vorliegenden Dokument dargestellten

Objektes überlagert. Die Planung kann so aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden

(Abb. 42). Viele Gaming-Engines und AR-Tools unterstützen den direkten Import von

weitläufig verbreiteten Architekturmodelltypen bzw. Dateitypen (z.B. BIM-Modelle), was

mitunter auch derartige Umsetzungen vereinfacht. Diese Form der Visualisierung ist

besonders interessant für Architektur und Planung, da so analoge und digitale

Darstellungsformen kombiniert werden können. Plakate oder mitunter auch technische

Plandarstellungen können graphisch um die dritte Dimension erweitert werden. Auch Bilder

oder Karten der aktuellen Situation in einem Planungsgebiet können mit geplanten

städtebaulichen Entwicklungen bzw. Modellen überlagert werden. (Streich, 2011:236)

Die Bauwirtschaft, besonders im Bereich der

Fertigteilhäuser setzt mit vergleichbaren

Methoden auf AR-Tools als zusätzlichen

Kaufanreiz. Apps und Tools ermöglichen,

das Bauprojekt teilweise direkt am Bauplatz,

jedenfalls aber vorweg und ortsunabhängig

in einer markerbasierten VST-AR-Projektion

zu begutachten. Dazu werden die Marker

gedruckt aufgelegt und dann bei der

Betrachtung durch die Smartphone-App in Echtzeit mit dem 3D-Modell überlagert (Abb. 43).

Städtebauliche Modelle, wie sie bei Projektpräsentationen zur Stadtteilentwicklung häufig

genutzt werden, können interaktiv gestaltet werden, indem sie zum Beispiel durch PAR-

Projektion mit zusätzlichen Informationen zu Demographie, Gebäudenutzungen oder



Abb. 42: Darstellung (VST-AR) über Plänen
(idg.fraunhofer.de)



Abb. 43: Mobile-VST-AR
(eigener Screenshot, Fertighaus Weiss)

verschiedenen Umsetzungsvarianten überlagert werden. In einer Projektausstellung der ÖBB und der Stadt Wien zum Stadtentwicklungsgebiet Nordwestbahnhof wurde eine derartige Visualisierung auf einem 3x3 Meter großen, digital bespielten Modell umgesetzt. (OTS0209, 2020) Eine Variante des zuvor genannten Beispiels unter Nutzung der VST- oder OST-AR kann es außerdem ermöglichen, 3D-Inhalte über bzw. am Modell darzustellen.

Im Fall eines Variantenvergleiches in der Platz-/Parkgestaltung können, eingeblendet auf diesem oder einem abstrahierten Baukörpermodell der Umgebung, verschiedene Gestaltungsvarianten graphisch visualisiert und verglichen werden.

Dafür werden Smartphones oder OST-AR Brillen wie Microsoft HoloLens als Interface genutzt. So ergeben sich Möglichkeiten, mehrere Informationsebenen auf dasselbe Modell zu projizieren und so vielfältige



Abb. 44: AR-Erweiterung eines physischen Stadtmodells (ait.ac.at)

Informationen wie Nutzungen oder verschiedene Szenarien darzustellen. Derartige Visualisierungen bzw. Projektionen auf Flächen sind auch für andere Umgestaltungen im öffentlichen Raum denkbar. Entwürfe einer Platzumgestaltung können zunächst in 3D modelliert werden und dann in VR „begangen“ als auch in VST- oder OST-AR über einen Plan oder am Bauplatz projiziert werden.

Die Festsetzungen, die durch den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan getätigt werden, betreffen jede/n BürgerIn in der Möglichkeit der Bebauung seines/ihres Grundstückes. Für BauherrInnen bedeutet eine positive Entscheidung oft einen nicht unerheblichen Wertzuwachs für ihr (Bau-)Projekt oder Grundstück (durch z.B. die Maximierung der Ausnutzbarkeit des Bauplatzes).

Es kann davon ausgegangen werden, dass viele BürgerInnen, aber auch EntscheidungsträgerInnen dabei die möglichen (Aus-)Wirkungen der Pläne nicht oder nur teilweise verstehen. Während die Entwürfe von ExpertInnen der Stadt erarbeitet werden und deshalb inhaltliche Qualität zu erwarten ist, gilt es, nach Möglichkeiten der Transparenzsteigerung zu suchen. Eine derartig wirkende Möglichkeit beschreiben Broschart und Zeile:

Bei der Abänderung oder Neufestlegung eines Flächenwidmungsplans und in der Stadtteilplanung können die durch die zu treffende Entscheidung ermöglichten Bauweisen und -höhen über ein AR-Tool visualisiert werden.

Dreidimensionale Modelle können, zum Beispiel mittels VST-AR, über den Plan projiziert werden, um den Abstraktionsgrad der Darstellung zu reduzieren. (Broschart/ Zeile, 2014:643f.; Höhl/ Broschart, 2015b:24f.)

Es wird beispielsweise die maximal ausnutzbare Bauhöhe



Abb. 45: VST-AR-Entwicklungsplan (Broschart/ Zeile 2013:116)

oder verschiedene Bauweisen in einem 3D-Modell veranschaulicht und so können Parteien in einem Widmungsverfahren dabei unterstützt werden, Auswirkungen (Höhen, Bauweise, etc.) der vorgesehenen Planänderungen zu erkennen. Abb. 45 zeigt eine Fotomontage bzw. ein Mock-Up von Broschart und Zeile (2013:116), in Abb. 46 ist ein Foto aus dem Praxisteil dieser Arbeit abgebildet. (Mehr dazu im Abschnitt 6 AR-Praxisprojekte.)

In Wien müssen in den Bauausschüssen der Bezirke unter anderem Entscheidungen über die Zulässigkeit von Abweichungen von Bauprojekten von Vorschriften des Bebauungsplanes¹⁶



Abb. 46: AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (eigenes Foto)

getroffen werden. Diese Veränderungen an den Bauprojekten bzw. Bebauungsmöglichkeiten gehen aus Plandarstellungen nicht immer leicht erkennbar hervor. Durch Hervorheben der Änderungen am 3D-Modell oder durch A-B-Vergleiche im räumlichen Kontext wie im Variantenvergleich (siehe Abschnitt 4.3.2 Planungs- und Projektvisualisierung), können Abänderungen in 3D, in AR vor Ort oder in einer VR-Umgebung gegenübergestellt werden und Behörden, Politik und Parteien eine zusätzliche Entscheidungshilfe bieten. Mit derartigen Apps und Programmen können Entscheidungstragende und Personen mit

¹⁶ Beispiele dafür sind Überschreitungen der Baufluchtlinie (§69) bei Dachgeschoßausbauten, Voluminerschiebungen von Baukörpern, Lift- und Balkonzubauten, Überschreitungen der maximal zulässigen Bauhöhe (§69 BO für Wien) und Überschreitungen beim Bau von Gaupen. (§81 BO für Wien)

Parteienstellung bei der evidenzbasierten Einschätzung der möglichen Folgen eines Entscheids unterstützt werden und auch der Miteinbezug weiterer, fachfremder wie interessierter Personen wird vereinfacht.

Derartige Verfahren stellen einen weiteren möglichen Anwendungsfall für die zukünftig vorgesehene Baueinreichung mit BIM-Modellen dar (siehe Abschnitt 3.4 EU-Forschungsprojekt - BRISE-Vienna). Wenn die Pläne und Grundlagen, die von der/dem BauherrIn einzureichen sind, bereits ein 3D-Modell enthalten (oder die Einreichung mit einem BIM-Modell erfolgt), ist ein direkter Vergleich in 3D, der weiter auch in AR und VR betrachtet werden kann, umsetzbar.

Zukünftig ist es möglich, dass bei städtebaulichen Planungen in einer Mixed-Reality-Umgebung bzw. AR- oder AV-Umgebung gearbeitet wird, die ein physisches Modell weitgehend obsolet macht. Dafür kann das 3D-Modell auf einen maßstäblichen Plan oder auch auf freie Flächen (z.B. Konferenztische) projiziert werden. Dies bietet unter anderem den Vorteil, dass Änderungen oder Korrekturen am Modell digital eingespeist werden können. Die Zusammenarbeit mehrerer Personen an einem derartigen virtuellen Modell, das keine physische Grundlage benötigt, ist mit Software Lösungen wie beispielsweise von vGIS bereits heute möglich (Abb. 47). Die für eine komfortable Nutzung derartiger Systeme notwendigen OST- bzw. MR-Interfaces wie die Microsoft HoloLens sind aktuell hochpreisig in der Anschaffung. In (kosten-)aufwendigen Projekten oder zur Kollaboration in Architektur- oder BautechnikerInnenbüros ist es durchaus vorstellbar, dass derartige Technik in naher Zukunft vermehrt genutzt wird.



Abb. 47: Hologramm, Shared View HoloLens AR (vGIS Inc.)

4.3.5 Stadtmöblierung, -begrünung und -gestaltung

Bei der Visualisierung von kleinräumlichen Planungen wie urbanen Begrünungen, Straßenraumumgestaltungen und Stadtmöblierungen, wie sie in Städten laufend geplant und umgesetzt werden, bietet AR großes Potenzial.

Derartige Projekte gewinnen in Städten aufgrund verschiedenster Herausforderungen wie den Auswirkungen der stadt-klimatischen Veränderungen aufgrund des Klimawandels stark an Bedeutung. AR-Tools können als „Fenster in die Zukunft“ herangezogen werden, um

kleinräumliche Maßnahmen vor Ort zu visualisieren und um Menschen (Stadt-)Begrünungen vor Ort zu zeigen.

Eine derartige Umsetzung wird im Forschungsprojekt „Lila4Green“ erprobt. Ziel des Projekts ist der Aufbau eines „Living Labs“: Das „Miteinbeziehen der NutzerInnen (Co-Creation), um deren Bewusstsein für urbane Grün- und Wasserflächen zu fördern und um die Akzeptanz solcher Vorhaben zu erhöhen.“ (gruenstattgrau.at, n.A.) Ein Teil des Forschungsprojektes, das noch bis 8/2021 läuft, ist die Umsetzung einer markerbasierten VST-AR-App unter anderem zur Darstellung von Stadtmöbeln, Grünelementen und Bäumen (Abb. 48).

Dafür wurden physische Marker im öffentlichen Raum platziert, auf die in der VST-AR-App 3D-Objekte projiziert wurden. Dies erlaubte den Testpersonen, durch Verschieben der Marker in der realen Welt,



Abb. 48: Lila4Green-App (gruenstattgrau.at)

Positionen von Grünelementen und Bäumen virtuell zu erproben. Das Praxisprojekt "Augmented Trees", welches prototypisch im Zuge dieser Arbeit ausgearbeitet wurde, nutzt ebenfalls VST-AR und Marker, um den Stadtraum virtuell zu begrünen und so Entwicklungschancen aufzuzeigen. (siehe Abschnitt 6.2.2 Augmented Trees) Derartige Projekte werden oft von der Stadt, Interessensgemeinschaften und politischen Interessenvertretungen angeregt oder initiiert und nicht selten müssen Projekte und Planungen nachträglich abgewandelt werden, weil beispielsweise an den gewünschten Orten eine Bepflanzung nicht oder nicht ohne weiteres möglich ist. Diesem Risiko kann durch die Verfügbarkeit von Daten über die häufig unter Straßenzügen und Gehwegen verlaufenden Leitungsinfrastruktur entgegengewirkt werden. Diese Daten können in einer AR-Visualisierung, ähnlich der von den Stadtwerken erprobten OST-AR-Applikation (siehe Abschnitt 4.3.6 Leitungsinfrastruktur & Instandhaltung), genutzt werden, um so vorab beispielsweise feststellen zu können, ob genug Erdreich für eine Baumpflanzung vorhanden ist oder ob zusätzliche Umbauarbeiten notwendig sind.¹⁷

Prozesse der Veränderung wie beispielsweise die Neubewilligung bzw. Neuerrichtung und Reparatur von Stadtmöbeln finden laufend und oft bis zur Realisierung - mit Ausnahme der

¹⁷ Hier gilt es zu beachten, dass in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit eventuell eine abstrahierte Darstellung der Leitungen genutzt werden muss, da diese Daten teilweise unter Verschluss stehen.

direkt Beteiligten - unbemerkt statt. Dabei verstreicht zwischen dem ersten Einbringen von Ideen, dem Beschluss und der Umsetzung einer Maßnahme oftmals viel Zeit.

AR-Tools können zukünftig effizienzsteigernd genutzt werden, um den Behördenweg zu vereinfachen und zu verkürzen: Personen platzieren virtuelle Stadtmöbel wie Bänke, Fahrradständer, Mistkübel oder ähnliches in den digitalen Stadtraum. Die so gesammelten Ideen und Vorschläge („Crowd-Sourcing“) können verortet in einer Datenbank gespeichert und von anderen Personen, zuständigen Behörden und Politik eingesehen und gegebenenfalls weiterverfolgt werden. EntscheidungsträgerInnen nutzen diese angedachte AR-Applikation, um die Plausibilität und Umsetzbarkeit der so geforderten Maßnahmen zu überprüfen, beispielsweise in Verhandlungen vor Ort. Im Falle der Bewilligung könnten QR-Codes als Marker an Orten der geplanten Maßnahmen angebracht werden und so ein perspektivisch korrekt projiziertes 3D-Modell des geplanten Stadtmöbels auf Smartphones oder Tablets der Interessierten dargestellt werden.

Seit der aktuellen Novelle der Wiener Bauordnung kann Fassadenbegrünung für Gebäude über den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan vorgeschrieben werden. (BO für Wien, § 5, Abs. 4 lit. k) Die Argumentation für Fassadenbegrünung im urbanen Raum ist dabei primär keine ästhetische: Mit dem Blick in eine Zukunft, in der Wetterextreme wie besonders warme Sommer zu erwarten sind, schaffen begrünte Fassaden eine Abkühlung des lokalen Mikroklimas ebenso wie die Möglichkeit, die Betriebskosten für Kühlung und Heizung des begrünten Gebäudes zu senken. (MA22, ÖkoKaufWien, 2019:12 f.,19f.)

Andere mögliche Vorteile durch Fassadenbegrünung, wie die Verbesserung des Lärmschutzes (ebd.:23), kann zum Beispiel durch die Einbindung von dynamischen Audioinhalten wie Motorengeräuschen in VR-Abbildungen des Raums entsprechend lauter oder leiser wiedergegeben werden. Der Unterschied, den die Fassadengestaltung auf die Umgebungslautstärke hat, kann so in einem 3D-Stadtmodell multisensorisch erlebbar gemacht werden. Um die Akzeptanz und potenziell das Interesse an derartigen Begrünungen zu steigern, kann Fassadenbegrünung außerdem vorab als VST- oder gegebenenfalls auch PAR-AR auf Gebäudefassaden (virtuell oder tatsächlich, je nach Ausführung) projiziert werden.

Während diese Form der Darstellung mehr die ästhetischen und psychologischen Aspekte einer Begrünung visualisiert, kann ein projiziertes Wärmebild, gegebenenfalls mit Echtzeitdaten einer Wärmebildkamera, die thermischen Vorteile, die durch

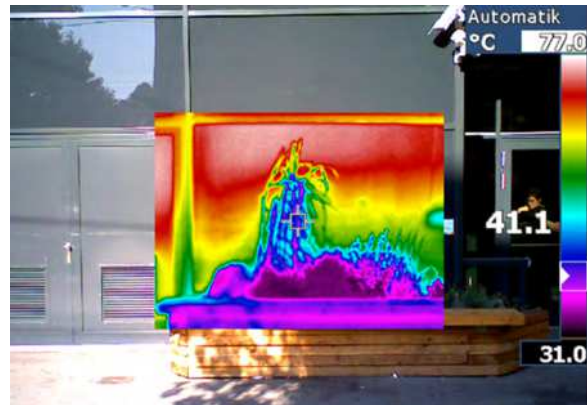


Abb. 49: Thermische Vorteile Begrünung (MA22, ÖkoKaufWien, 2019:22)

Fassadenbegrünung erreicht werden können, auf Gebäude projizieren und so Wissen über die Auswirkung von Fassadenbegrünung auf das lokale Stadtklima vermitteln.

4.3.6 Leitungsinfrastruktur & Instandhaltung

Bei der Umgestaltung von Straßenräumen, wie Begrünungen und Verkehrsberuhigungen, gilt es, wie im Abschnitt 4.3.5 Stadtmöblierung, -begrünung und -gestaltung erwähnt, den unterirdischen Raum mit zu planen oder zumindest zu berücksichtigen. So ist es zum Beispiel oftmals durch unter Parkstreifen oder dem Gehsteig verlaufende Leitungsinfrastruktur nicht ohne weiteres möglich, Bäume in Straßenzügen zu pflanzen. Mit Hilfe von AR können Einbauten und unterirdische (Leitungs-)Infrastruktur an der Oberfläche sichtbar gemacht und Arbeitsabläufe optimiert und beschleunigt werden.

Vor der Wartung von unterirdischer Leitungsinfrastruktur und auch der Umgestaltung von Straßenräumen, muss die Leitungsinfrastruktur lokalisiert und danach freigelegt werden. Das passiert aktuell über analoge Vermessungen unter Zuhilfenahme von GIS-Karten. (Wiener Stadtwerke, n.A.) Je nach Leitungsart sind zusätzliche Schritte notwendig, die das Aufspüren der Leitungen sehr kosten- und arbeitsintensiv machen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, entwickelten die Wiener Stadtwerke eine OST-AR-Applikation zur Anwendung mit der Microsoft HoloLens.

Durch die Kombination der digitalen Netzpläne aus dem GIS, GPS-Daten und einer Präzisierung über bodengestützte Positionsbestimmungssysteme, lässt sich die reale Umgebung mit einer bis auf 2,5 cm exakten OST-AR-Darstellung des unterirdisch



Abb. 50: HoloLens-Darstellung der unterirdischen Leitungsinfrastruktur (wienersstadtwerke.at)

verlaufenden Gas-, Fernwärme und Stromnetzes überlagern. (ebd.) Das in Zusammenarbeit mit der TU Wien entwickelte Projekt soll in Zukunft auch zum Erfassen von Daten genutzt werden, beispielsweise um noch nicht erfasste Leitungsverläufe digital zu verzeichnen und so den Dokumentationsbestand wesentlich zu verbessern. (Stadtleben, 2020:24)

Eine ähnliche Darstellung kann zum Thema der zuvor beschriebenen Straßenraum-Umgestaltungen und -Begrünungen hilfreich sein. Vor Ort können durch VST- oder OST-AR-Projektion Eignungs- beziehungsweise Ausschlusszonen für Baumpflanzungen ersichtlich gemacht werden. Da die Initiativen für kleinräumige Begrünungen wie Baumscheiben oftmals als politische oder planerische Bottom-Up-Prozesse von Bezirkspolitik oder

BürgerInneninitiativen angeregt werden, können so pragmatischere bzw. präzisere Umsetzungsvorschläge erarbeitet werden, die dann mit höherer Wahrscheinlichkeit weiterverfolgt werden können.

Auch GIS bzw. georeferenzierte 3D-Modelle sonstiger unterirdisch verlaufender Infrastruktur (z.B. Kanalisationssysteme) können, vergleichbar mit zuvor vorgestellten Anwendungen, im VST- oder OST-AR-Verfahren dargestellt werden. Jedenfalls bieten AR-Technologien in diesem



Abb. 51: vGIS AR (Screenshot, vGIS Inc.)

Anwendungsfeld bereits heute große Potenziale hinsichtlich der Effizienzsteigerung, die auch schon heute teilweise ausgeschöpft werden.

4.3.7 Planerische Interventionen, Visionen und Bewusstseinsbildung

Ähnlich der Präsentation eines tatsächlich geplanten Projektes können auch Visionen, Projekte, Denkanstöße oder mögliche Szenarien schon vorab im virtuellen Abbild des Raumes sichtbar gemacht oder erprobt werden. Die in diesem Abschnitt präsentierten Methoden fanden teils abseits von klassischen Planungsprozessen statt. Die aufgezeigten Möglichkeiten können aber auch in Planungsprozessen angewendet werden.

VR und AR bieten sich als Umgebung für Experimente und Interventionen an: In der virtuellen Umgebung können Szenarien ohne tatsächlichen Eingriff in den realen Raum erlebbar gemacht werden. So können unter anderem planerisch-künstlerische Zukunftsvisionen immersiv und leicht verständlich visualisiert werden. Das eröffnet mitunter Chancen für kreative Herangehensweisen an den Raum bzw. die Raumnutzung und kann auch für Projektmarketing- und Beteiligungszwecke genutzt werden.

Gegenüber klassischen Visualisierungen von Visionen in Form von Skizzen, Fotomontagen und Renderings liegt der Vorteil derartiger VR-Darstellungen in der immersiven Erlebbarkeit. Interessierten kann nicht nur ein Abbild der Vision(en) gezeigt werden, sie können diese, je nach Ausführung, auch eigenständig „besichtigen“ und virtuell erleben. Das digitale Abbild der Stadt kann ohne reale Folgen nach Belieben verändert werden und die geschaffenen Situationen auch für weitere Simulationen genutzt werden. So können diese Tools genutzt werden, um beispielsweise für Akzeptanz für Maßnahmen der Energiewende, Stadtbegrünung oder andere Themen zu werben.

Die mit dem VCÖ-Mobilitätspreis 2019 (Kategorie Digitalisierung und Automatisierung – Ideen und Pilotprojekte) ausgezeichnete Vision „What if – shared cars, shared cities“¹⁸ des in Wien ansässigen Design Büros „Wideshot“ befasst(e) sich mit den Möglichkeiten und Veränderungen in der Stadtgestaltung der Wiener Innenstadt, wenn durch die steigende Bedeutung von „Mobility as a Service“ und anderen Sharing-Konzepten der Bedarf an Parkflächen sinkt, und Räume für anderwärtige Nutzungen frei werden. (BMK Infothek, 2019; VCÖ, 2019) Dargestellt wurde(n) die Vision(en) der „parkplatzfreien Stadt“ mithilfe von



Abb. 52: Monoskopische Darstellung der VR-Vision für die Wiener Innenstadt (wideshot/leadersnet)

stereoskopisch durch VR-Brillen wie Google Cardboard präsentierten 360-Grad Renderings. Dabei konnte man in der VR-Umgebung, durch Tippen auf Marker in den Darstellungen oder Fokussierung dieser und Blinzeln, zwischen mehreren digital umgestalteten Orten in der Wiener Innenstadt wechseln (Abb. 52).

Die 7. Ausgabe des Entwurfs- und Ideenwettbewerbes „Bas Carbone“, welcher 2015 publiziert wurde, ist ein weiteres Beispiel für die Möglichkeiten der Nutzung von AR in der Kommunikation von Planungsvisionen: Vier Architektur- und Planungsbüros bekamen den Auftrag, ihre Visionen für ein „CO₂-armes“, nachhaltiges Stadtquartier in der französischen Stadt Lille zu erarbeiten.

Im Rahmen der Ausstellung „Lille 3000“ wurden Mock-Ups der vier Visionen mit dem Leitthema „Luft“ und unter dem Motto „Lille Respire“ präsentiert. (Renaissance Lille, 2015;

¹⁸ Die Dokumentation des Projektes ist auf einige Pressemitteilungen und -berichte beschränkt. Auf schriftliche Anfrage beim VCÖ wurde mitgeteilt, dass leider keine weiteren Informationen über das Projekt vorhanden wären. Wideshot Design GmbH ließ Anfragen unbeantwortet.

What Time Is It, 2015) Das breit angelegte, interdisziplinäre Projekt setzte stark auf neue und untypische Visualisierungen und nutzte unter anderem Google Cardboard, um die für das Stadtviertel „Vauban Esquermes“ erstellten Entwurfsplanungen in VR darzustellen.

In der VST-AR-Applikation konnten die vier Entwürfe in AR verglichen werden. Wie in Abb. 53 zu sehen, konnte das Orthofoto des Stadtteils, welches unter anderem in einer lokalen Zeitung publiziert wurde, über die App in Echtzeit mit den 3D-Modellen von Entwürfen überlagert werden.



Abb. 53: Lille Respire AR-Applikation (Artefacto AR)

(Artefacto-AR, 2015) Die vorhandene Dokumentation bezeugt eine Herangehensweise zur Nutzung von AR zur grafischen Kommunikation in planerischen und architektonischen Entwurfsprozessen, die ihrer Zeit durchaus voraus war.¹⁹

Besonders die Publikation, Verbreitung und Erweiterung in bzw. von AR-Medien zeigt Möglichkeiten für Planungsprozesse auf, die nicht unbedingt auf Ideenfindungen und Visionsprozesse reduziert werden müssen.

Das Projekt „Innovation City Ruhr“, welches den strukturellen Wandel, der durch den Kohleausstieg und die Herausforderungen des Klimawandels thematisiert und durch den EFRE-Fonds mitfinanziert wurde, nutzte VR zusammen mit Elementen der Gamification zur Präsentation und Vermarktung des Projektes, das sich mit der klimagerechten Planung für die Zukunft von Stadtgebieten im Ruhrgebiet auseinandersetzt.

(InnovationCity Ruhr, n.A.)

Zur Illustration angedachter bzw. geplanter



Abb. 54: Screenshot Innovation City Promo-Video (materna-tmt.de)

¹⁹ Die App wurde für Android und iOS veröffentlicht, Links und QR Codes wurden in lokalen Medien publiziert und ist aktuell nicht mehr downloadbar.

energieplanerischer Maßnahmen des Projektes wurde eine interaktive VR-Umgebung entwickelt. So konnten auf einem virtuellen Tablet in der VR-Umgebung Maßnahmen zur Optimierung von Gebäuden und Infrastruktur ausgewählt werden, deren simulierte Folgen auch direkt in dem in 3D modellierten Stadtgebiet plakativ sichtbar gemacht wurden. So wird gezeigt, wie und mit welchen Maßnahmen die Energiebilanz eines Wohnquartiers verbessert werden kann und dadurch aus der abstrakten Projektidee eine erlebbare Vision entsteht. (Kohne, 2020)

Ein Projekt des Hochleistungsrechenzentrums (HLRS) Stuttgart beschäftigt sich mit den Barrieren, denen Skateboard fahrende Personen im Stadtraum ausgesetzt sind am Beispiel eines Platzes in Stuttgart. Testpersonen fahren in einer CAVE-VR-Umgebung virtuell Skateboard, lenken und steuern dabei auf einem echten Skateboard als Interface. So soll auf Hindernisse und Gefahren im Stadtraum, denen SkateboarderInnen begegnen, aufmerksam gemacht werden und im Anschluss an das Projekt aufbauend auf den Erkenntnissen auch ein Skatepark entworfen werden. (HLRS Stuttgart, 2021)

Die Möglichkeit der Bewusstseinsbildung für Transportarten kann auch für andere Herausforderungen genutzt werden, um Probleme in der Nutzung des jeweiligen Transportmittels aufzuzeigen. Ähnliche Simulationen können unter anderem auch genutzt



Abb. 55: Skate-Simulation CAVE-VR (HLRS Stuttgart)

werden, um spielerisch auf Hindernisse bezüglich der Barrierefreiheit, wie beispielsweise für auf den Rollstuhl angewiesene Personen, hinzuweisen.

4.3.8 Städtisches Erbe

Verborgenes oder Unzugängliches kann durch AR-Tools sichtbar und mit Hilfe von VR immersiv begehbar dargestellt werden. Der Fokus für die Nutzung von AR und VR in Projekten der Planungsdomäne liegt klar auf der Visualisierung von Inhalten/Projekten/Planungen, aber auch vergangene, nicht mehr vorhandene (bzw. zerstörte) oder unzugängliche Bauwerke und Strukturen können in VR und AR virtuell „sichtbar“ oder gar „erlebbar“ gemacht werden. Im Zusammenspiel mit aktueller Vermessungstechnik und Photogrammetrie werden virtuelle

Begehungen oder Besichtigungen von verborgenen oder nicht mehr vorhandenen Orten oder Bauwerken ermöglicht, deren realer Besuch lebensgefährlich oder unmöglich, aber jedenfalls für einen Großteil der Weltbevölkerung unerreichbar ist. Ein Beispiel für eine derartige Umsetzung ist eine VR-Umgebung, die das Felsengrab von Königin Nefertari im „Tal der Königinnen“ in Ägypten abbildet²⁰ und aus Gründen der Erhaltung real nicht besichtigt werden kann. Diese Form der „Sichtbarmachung“ bietet auch Potenzial für die Stadtforschung, da beispielsweise die Bebauung von Gebieten oder von Bauwerken zu bestimmten Zeitpunkten, potenziell dauerhaft festgehalten und besichtigt werden kann.

So können auch verdeckte oder nicht mehr vorhandene Strukturen in Städten durch VR „begehbar“ gemacht werden, wobei sich für eine im Stadtbild bzw. der Umgebung eingebettete Darstellung der Inhalte AR-Tools anbieten.

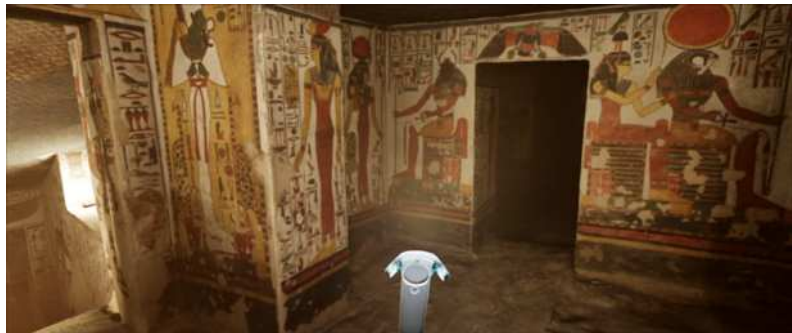


Abb. 56: Nefertari - Journey to Eternity (eigener Screenshot)

Ähnlich der Nutzung für Urban Archaeology mit VR, können in AR verborgene oder nicht mehr vorhandene (Bau-)Strukturen im räumlichen Kontext sichtbar gemacht werden. So können (...) „dem Benutzer durch zusätzliche Informationen Inhalte, Bedeutungen und Zusammenhänge vermittelt werden, die über das visuelle Wahrnehmen der reinen Realität hinausgehen. Denkbar sind z.B. (...) die virtuelle Ergänzung bzw. Überblendung eines historischen Gebäudes durch Visualisierung des Zustandes in der Vergangenheit.“ (Wietzel, 2007:189) Dörner et al. (2013) beschreiben eine AR-Anwendung, bei der, durch ein spezielles Fernglas betrachtet, die Realität durch passende Inhalte einer virtuellen Realität ergänzt werden. „Schaut der Betrachter also beispielsweise auf den verfallenen Turm einer alten Burgruine, so kann das Fernglas genau an dieser Stelle einen virtuellen Turm einblenden, so wie er vor mehreren Jahrhunderten ausgesehen haben mag.“ (Dörner et al., 2013:11) Entsprechendes wurde und wird im transnationalen LEADER-Projekt der EU „ARmob“, welches seit 2020 unter dem Namen „ARGO“ als App für Android und iOS kostenlos vertrieben wird und von der Universität Trier als Projektträgerin umgesetzt wurde. (ar-route.de, 2021) Insgesamt 91 Gemeinden der Großregion Eifel-Mosel-Hunsrück konnten kulturell oder

²⁰ Die VR-Anwendung „Nefertari: Journey to Eternity“ ermöglicht einen Besuch in der Grabkammer der Königin, die App wird kostenlos über Valves „Steam“ Plattform vertrieben. (Stand 6/2020)

historisch wertvolle Stätten oder Denkmäler vorschlagen, die dann in 3D modelliert und in der App implementiert wurden.

So können mittlerweile 110 Objekte und Denkmäler an ihren ursprünglichen Bauplätzen in ihrer längst vergangenen Erscheinung in VST-AR betrachtet werden. Vor Ort weisen Schilder auf die AR-Möglichkeiten hin, zusätzlich zu einem Online-Routenplaner und Werbung in den touristischen Informationsangeboten, ergänzen



Abb. 57 VST-AR-Ansicht/Mock-Up eines neolithischen Gehöfts in Remerschen, Luxemburg (ar-route.de/Universität Trier)

Texte in fünf Sprachen und Bilder das AR-Erlebnis inhaltlich. (Lehnert, 2020:1f.)

Diese Form der AR-Visualisierung kann auch im urbanen Raum zur aufgelockerten Präsentation von Information und Bildung wie auch touristisch eingesetzt werden. So können verborgene Flussläufe, antike Ruinen oder vergangene Bebauungen das reale Stadtbild virtuell überlagern und den Blick auf Vergangenes zu virtuellem Leben erwecken. Diese Chancen werden als „Eintauchen in das vergangene Wien“ – wenn auch ohne Erwähnung der konkreten Potenziale von AR und VR – in der „Digitalen Agenda“ genannt.

(Stadt Wien, 2019:73)

4.4 Herausforderungen und Risiken in der Anwendung

Bei der Anwendung von AR und VR in der (urbanen) Planungspraxis müssen allgemeine wie methodenspezifische Risiken und Herausforderungen berücksichtigt werden.

4.4.1 Empirischer Nutzen der Darstellungsmethoden

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass AR- und VR-Anwendungen vielfältige und unterschiedliche Potenziale für die (urbane) Raumplanung bieten. Der Nutzen der Darstellungsmethoden wird meist durch gesteigertes Projektverständnis dank allgemeinverständlicher Visualisierungen, deren Registrierung in drei Dimensionen und die dadurch mögliche hochwertigere Beteiligung argumentiert. Dabei gilt es zu beachten, dass die empirische Forschung zur Wirkung von MR-Tools, besonders für die Anwendung in der Raumplanung, erst am Beginn steht. „Diese (empirischen Forschungen, Anm.) beschränken sich (...) meist auf Beobachtungen der eingesetzten Methode sowie persönliche Meinungen der AutorInnen. Vor allem für den Einsatz in partizipativen Prozesse [sic!] wurden noch keine empirischen Erhebungen von Virtual Reality als Visualisierungsmethode durchgeführt.“ (Leimer, 2019:55) Aus der an seine Diplomarbeit gekoppelte empirische Untersuchung (N=40) anhand einer Praxisumsetzung konnte er den Trend abbilden, „dass Virtual Reality ein besseres Verständnis der Planung vermittelt als Pläne und Fotomontagen“. (Leimer, 2019:90) Im Vergleich mit klassischen Visualisierungsmethoden konnten Reinwald et al. durch die Befragung von Testpersonen (N=149, Signifikanz 5%) feststellen, dass in den Testläufen der AR-Applikation „ways2gether“ das Verständnis für das Geplante in geringfügigem Ausmaß gesteigert werden konnte und zum Beispiel die Platzierung von Geplantem im Raum als einfacher verständlich wahrgenommen wurde. (Reinwald et al., 2014:14)

Während des Verfassens der vorliegenden Arbeit zeigte sich zusätzlicher Forschungsbedarf, welchen messbaren Mehrwert zuvor präsentierte AR- und VR-Darstellungsmethoden gegenüber etablierten Formen der Visualisierung bieten können.

4.4.2 Abstraktion, Darstellung und Realität

Durch die größtenteils freie Wahl der Perspektive in AR und VR kann keine oder nur eingeschränkte Manipulation durch die Wahl der dargestellten Perspektiven erfolgen. (Reinwald et al., 2012:1f.) Dabei bleibt zu berücksichtigen, dass es im (ökonomischen) Interesse der Projektwerbenden bzw. Prozessinitiiierenden ist, einen möglichst idealen Zustand zu zeigen. (Janusz, 2016:54f.) Durch präsentierte Idealzustände und sogenannte „Scheingenauigkeit“ in den Darstellungen (bzw. vermeintliche Festlegungen) bleibt auch in diesen Formen der Visualisierung Raum für Manipulation der Betrachtenden.

Mitunter können realitätsnahe graphische Visualisierungen Erwartungshaltungen an ein Projekt schaffen, die in der tatsächlichen Umsetzung möglicherweise nicht oder nicht sofort nach Baufertigstellung erfüllt werden. Dies ist bereits von heute gängigen Architekturvisualisierungen bzw. Renderings bekannt, wo beispielsweise durch übertriebene

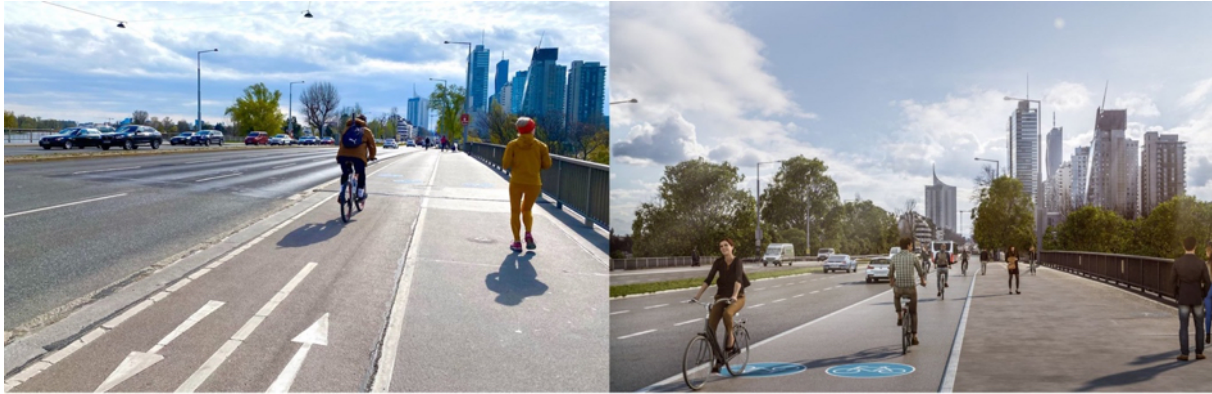


Abb. 58: Beispiel für unterschiedliche Brennweite, Größe der Personen und Lichteffekte in Vergleichsdarstellungen (zoomVP/mobilitätsagentur)

Lichteffekte, Reflexionen und im Verhältnis zum Pflanzungsdatum unverhältnismäßig hoch gewachsene Bepflanzung, dichte Baumkronen und üppige Wiesen ein Idealzustand gezeigt wird, der in der Realität so meist nicht, oder erst viele Jahre nach Baufertigstellung erreicht werden kann. (Novotny, 2020:35ff.; Janusz, 2016:55) Zusätzlich können durch die Veränderung der Größe der platzierten Objekte und Menschen in der Darstellung oder unterschiedliche Brennweiten der verglichenen Aufnahmen größer wirkende Räume vorgetäuscht werden (Abb. 58).

Mindestens einer der genannten Punkte ist auf vielen Projektrenderings zu erkennen, wie in Visualisierungen zur Bau- und Planungsprojekten in der Seestadt aspern, dem Nordbahnhofviertel oder auch zur sich aktuell in Umsetzung befindenden Verkehrsberuhigung der Thaliastraße. In Abb. 59 ist links die aktuelle Situation zu sehen, rechts die Visualisierung, die als Beispiel für „magisch“ schnelles Baumwachstum dienen kann, da der gezeigte Zustand eine Erwartungshaltung schafft, die selbst bei starkem Baumwachstum (und idealen Bedingungen) frühestens in 15 Jahren erreicht werden kann. Diese Problematik ist bei der überwiegenden Mehrheit der zweidimensionalen und dreidimensionalen Visualisierungen präsent.

Moderne Gaming- und 3D-Engines ermöglichen teils die Simulation von Pflanzenwachstum. Einige Unternehmen bieten 3D-Baummodelle für die Architekturvisualisierung inklusive modellierten „Wachstumsschritten“ an.

Zu realistisch wirkende Simulationen in der Planungsvisualisierung können dabei möglicherweise Nachteile gegenüber weniger realitätsnahen Visualisierungen darstellen. So ermittelten Schrom-Feiertag et al., dass zu detailreiche Darstellungen vom eigentlichen Inhalt

ablenken und falsche Erwartungen produzieren können, der Fokus somit mehr auf dargestellten Details als auf der gesamtheitlichen Betrachtung des Projekts liegt. Dies stellt höhere Anforderungen an die sinnvolle Abstraktion des Abzubildenden in der 3D-Modellierung. (Schrom-Feiertag et al., 2018:9)



Abb. 59: Visualisierung Verkehrsberuhigung Thaliastraße (Google Street View (L), GB* und DnD Landschaftsarchitektur)

Um die Immersion zu erhöhen, können beispielsweise Audio-Inhalte in der Applikation ergänzend genutzt werden. Eine zu spielerische Herangehensweise könnte dabei jedoch die Ernsthaftigkeit/Integrität des Prozesses gefährden, sollte er als zu spielerisch oder verspielt wahrgenommen werden. (ebd.) Möglichkeiten aktueller Tools, wie fotorealistische 3D-Vegetation, realitätsnahe Beleuchtung, animierte Fahrzeuge und Menschen können einerseits ein realistischeres Bild der geplanten Zukunft abbilden, andererseits aber auch missverstanden werden.

Zeile (2010) beschreibt das Risiko, dass eine zu detaillierte Darstellung bei nachträglicher 3D-Visualisierung aus Sicht der Testpersonen den Eindruck erwecken kann, über Missstände hinweg täuschen zu wollen. (Zeile, 2010:5)

Durch die in den vergangenen Jahren stark gesteigerte Qualität virtuell-dreidimensionaler Inhalte, wie im Gaming, ist es mitunter wichtig, erneut zu untersuchen, ob und wo Testpersonen heute die Grenze des „zu Detaillierten“ setzen und ob hier Unterschiede zwischen den Altersgruppen erkennbar sind. Leimer (2019) kam bezüglich des anzustrebenden Detailgrades der Visualisierungen zu einem ähnlichen Ergebnis wie Schrom-Feiertag: Um das Verständnis von Nutzenden über das dargestellte Projekt zu erhöhen, müssen VR-Umsetzungen keine realitätsnahe Grafikqualität liefern, sofern die Darstellung die Pläne möglichst genau widerspiegeln und alle für das architektonische Gesamtbild wichtigen Details enthalten. (Leimer, 2019:101f.) Für MR-Visualisierungen schlägt Wietzel (2007) vor, den Detailgrad vom Fortschritt der Planungen abhängig zu machen. So empfiehlt er bei weit fortgeschrittenen Planungen texturierte detailreiche Darstellungen, bei den ersten

städtebaulichen Entwürfen aber „nur“ Baublöcke ohne beispielsweise modellierte Fassadengestaltung oder Texturen. (Wietzel, 2007:367) Diese Erkenntnis kann so auch auf VR-Visualisierungen übertragen werden. Ein weiteres Risiko ist die Möglichkeit der vermeintlichen Festlegung auf optische Details in der Anwendung. Nachträgliche Planänderungen, wie sie im Planungsalltag auch nach Bewilligung der Bebauung vorkommen, haben mitunter großen Einfluss auf das äußere Erscheinungsbild eines Projektes, wodurch Diskrepanzen zwischen der Visualisierung (unabhängig von der Art) und des real Umgesetzten entstehen können. Dieses Risiko ist jedoch generell auf alle visuellen Darstellungen von Planungsprojekten zutreffend. Es ist außerdem anzumerken, dass es (zum Beispiel bei zu erwartendem Widerstand gegen das Geplante) durchaus im (wirtschaftlichen) Interesse der InvestorInnen liegen kann, die Öffentlichkeit möglichst lange über das „eigentliche Ziel“ eines Projektes im Unklaren zu lassen. (Otte, 2002:67f.) Außerdem gilt es zu erwähnen, dass bei der optischen, ästhetischen Bewertung von Projekten Subjektivität und Trends immer eine große Rolle spielen. (Wietzel 2007:112)

4.4.3 Datengrundlagen und Kompatibilität

Allgegenwärtige Risiken in der Erstellung von Visualisierungen und in der Planung sind Datenverfügbarkeit und -aktualität, sowie die Kompatibilität der vorhandenen Grundlagendaten zur Weiterverarbeitung mit unterschiedlichen Programmen und Programmierschnittstellen. Die notwendige „Vorleistung“ der 3D-Modellierung ist oftmals aufwendig und die Verfügbarkeit von 3D-Daten nicht immer gegeben. Dies zeigte sich auch in den Experimenten zu dieser Arbeit sowie am Praxisbeispiel. Der bebaute Bestand der Stadt ist oft nicht oder nur unzureichend in einem 3D-Abbild dokumentiert. Auch die Gebäudemodelle der Projekte müssen erstellt werden oder kompatibel zur Weiterverarbeitung, zum Beispiel als BIM-Modell, zur Verfügung gestellt werden. Da die Erstellung eines detaillierten Umgebungs- bzw. Stadtmodells aufwendig ist, wird bei Bauprojekten, wenn sie in 3D präsentiert werden, in einer abstrakten 3D-Umgebung visualisiert, entsprechend der Verfügbarkeit maximal in LOD2.4 (mit detailliertem Dachmodell und Fassadenform) (wien.gv.at (8)) oder anhand von extrudierten Umrissen der Baublöcke. Über den Geodatenviewer der Stadt ist nur ein LOD2.1 3D-Modell beziehbar.



Abb. 60: Beispiel abstrakte Baukörper-Darstellung der Gebäude (leopoldquartier.at)

Während für gewisse Visualisierungen - wie beispielsweise in frühen Projektphasen - die abstrakte Abbildung der Umgebung zu bevorzugen sein kann (Wietzel 2007:367), ist unabhängig davon die Verfügbarkeit eines detaillierten Stadtmodells anzustreben.

Die Entwicklung von AR- und VR-Tools für die Planung wird zusätzlich durch die unterschiedlichen Standards und Programmierschnittstellen der anbietenden Unternehmen bzw. deren Datenformate erschwert. Eine ähnliche Problematik ist in der Kompatibilität von unterschiedlichen BIM-Softwarelösungen zu beobachten. Während die Kompatibilität von 3D-Datenformaten unter anderem durch die Verfügbarkeit von Tools zur Umwandlung der Dateiformate vereinfacht wurde, unterstützen AR- und VR-herstellende Unternehmen bislang meist ausschließlich ihre eigenen Entwicklungsschnittstellen. (Bastian, 2020) Diese „Fragmentierung“ ist ein zusätzliches Hindernis, wenn für unterschiedliche Plattformen entwickelt werden soll.

4.4.4 Finanzieller Aufwand

Die notwendigen Arbeitsschritte, um Projektunterlagen in ein MR-taugliches 3D-Modell als Grundlage für eine MR- oder VR-Visualisierung zu transformieren, kann, je nach vorhandenen Vorleistungen, unterschiedlich aufwendig und je nach angestrebtem Ergebnis zeitaufwendig in der Ausarbeitung sein. Es müssen möglicherweise kostenpflichtige Schnittstellen und Programmierumgebungen für die Erstellung der Visualisierung genutzt werden. Je nach vorhandenen „Vorleistungen“²¹, dem gewünschtem Leistungsumfang, Detailgrad und Ausführung der Visualisierungen ist teilweise mit nicht unerheblichem Aufwand und hohen zusätzlichen Kosten für die Erstellung der AR- oder VR-Visualisierung zu rechnen. Für die Umsetzung seiner VR-Umgebung zur Nutzung im Variantenvergleich attestierte Leimer geringen Mehraufwand gegenüber der klassischen Aufbereitung als Rendering. (Leimer, 2019:34) Da die meisten Tools für AR- und VR-Umsetzungen ausschließlich für nichtkommerzielle Zwecke kostenfrei verfügbar sind und die Preismodelle für kommerzielle Zwecke variieren, gilt es zusätzlich zum Zeitaufwand für Vorbereitung und Umsetzung eine Kostenabschätzung für Softwarenutzungsgebühren durchzuführen.²² Die in dieser Diplomarbeit erarbeiteten AR-Praxisbeispiele können als Orientierungshilfe für den Arbeits- bzw. Zeitaufwand genutzt werden. Die verwendete Soft- und Hardware, die Arbeitsschritte, der Zeitaufwand und die Anschaffungskosten für verwendete Software werden angegeben.

²¹ Als „Vorleistung“ wird hier die Verfügbarkeit eines der Anwendung entsprechend detaillierten 3D-Stadtmodells oder/und eines BIM-Modells bzw. eines 3D-Modells des Geplanten bezeichnet.

²² Als Unterstützung bei der Einschätzung des Aufwandes können Gebietskörperschaften zukünftig den im Zuge des Forschungsprojektes „VR-Planning – we’re planning“ erarbeiteten Leitfaden anfordern. Dieser stand zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit noch nicht zur Verfügung.

4.4.5 Cybersickness, Ergonomie und Hygiene

Bei der Bewegung in der virtuellen Welt kann vereinzelt die sogenannte Simulatorkrankheit, auch Bewegungskrankheit oder Cybersickness genannt, auftreten. Diese kann sich in Übelkeit, erhöhtem Speichelfluss oder gar Erbrechen äußern. Dieses Phänomen kann bei der Nutzung von (immersiver) VR auftreten und wird meistens durch den zeitlichen Unterschied (Latenz) zwischen der tatsächlich von der/dem NutzerIn vollzogenen Bewegung und der visuell in VR wahrgenommenen (nachgeahmten) Bewegung ausgelöst. Deswegen gilt es, diese Latenz gering zu halten und, da die Simulatorkrankheit meist erst nach rund zehn Minuten auftritt, die Sessions in VR – zumindest anfangs – kurz zu halten. (Dörner et al., 2013:56; Wietzel, 2007:165f.)

Auch das mitunter nicht unerhebliche Gewicht von VR-Brillen sowie der auf das Gesicht ausgeübte Druck kann bei längerer Nutzungszeit zu Unbehagen führen. (Wietzel, 2007:166) Obwohl seit Wietzels Untersuchungen mehr als eineinhalb Jahrzehnte vergangen sind und große Fortschritte in der Ergonomie der Interfaces zu verzeichnen sind, sind leistungsfähige AR- und VR-Interfaces, wie das vom Autor benutzte HMD HTC Vive, insbesondere aufgrund des Gewichtes und des notwendigen Anpressdrucks nicht unbedingt als komfortabel zu bezeichnen.

Wenn VR-HMDs und brillenähnliche AR- oder MR-Interfaces von mehreren Personen genutzt werden, gilt es, auf die Hygiene zu achten. Durch den starken Anpressdruck bei HMDs kann schon nach nur kurzer Zeit Schweiß in die Gesichtspolster eindringen, was, abhängig von der Tätigkeit in VR und der Raumtemperatur, regelmäßige Pausen erfordert. Durch den engen Kontakt mit dem Gesicht der tragenden Person muss eine Desinfektion bzw. Reinigung der Kontaktflächen oder ein Austausch dieser durchgeführt werden, wenn mehrere Personen nacheinander ein derartiges Interface nutzen. Dasselbe gilt auch für von mehreren Personen genutzte Controller.

4.4.6 Selektion/Ausschluss durch technische Anforderungen

Die Vorzüge von Visualisierungsmethoden müssen einerseits die entscheidungsrelevanten AkteurInnen überzeugen, die diese Tools in ihrem Arbeitsalltag anwenden könn(t)en und von denen viele ihr „Handwerk“ noch ohne oder mit weniger Unterstützung von Computern gelernt haben. (Levy, 2011:9f.) Andererseits müssen auch Angebote für jene Personengruppen geschaffen werden, die als weniger technikaffin bzw. technologiebegeistert bezeichnet werden können, oder nicht über die Möglichkeiten verfügen, benötigte Geräte anzuschaffen. Diesen möglichen Generationenkonflikt in der Wahl der Visualisierungsmethoden betont auch Levy. (ebd.)

Außerdem müssen allen Beteiligten die gleichen Chancen geboten werden, sich zu beteiligen und den Entscheidungsprozess beeinflussen zu können. (Bundeskanzleramt, 2009:8) Während MR-Visualisierungen das Potenzial bieten, neue Alters- und Zielgruppen für Projekte zu interessieren, können sie durch die technischen Herausforderungen bzw. Vorbedingungen auch (technisch) selektiv wirken und Personen durch benötigtes Vorwissen (Bedienung) oder der Notwendigkeit von technischen Geräten ausschließen.

„Soziale Gruppen, die (noch) nicht über das entsprechende Endgerät verfügen, dürfen in keinem Fall aufgrund einer technischen Barriere vom Planungs- und Beteiligungsprozess ausgeschlossen werden.“ (Broschart/ Zeile, 2014:645) Zum Beispiel benötigt der/die NutzerIn mindestens ein geeignetes Smartphone (und ggf. „Cardboard“), um auch nur eine Auswahl von AR- und VR-Visualisierungen betrachten zu können. Mitunter aufgrund dieser technischen Vorbedingungen sind AR und VR aktuell nur ergänzend als informelles Informationstool zu etablierten Darstellungsformen und Beteiligungs- bzw. Informationsmethoden geeignet.

Aus der Perspektive der Planenden beschreiben Sunesson et al. das finanzielle Risiko für den Fall, dass kleinere Architektur- und Planungsbüros verpflichtet würden, eigene MR-Visualisierungen zu erstellen, da sie dann zusätzliches Wissen und Kapital für die Visualisierungstools benötigen und so am Einstieg in den Markt gehindert werden könnten. (Sunesson et al., 2008:260)

Sollen derartige AR-/VR-Tools aktiv partizipatorisch und räumlich entkoppelt (also zum Beispiel vom Wohnort aus) genutzt werden, muss hohe Kompatibilität mit Geräten und Betriebssystemen gewährleistet sein und die Nutzung unkompliziert möglich sein. Wenn in einem Prozess auf hochwertige virtuelle Realität, wie sie mit HMDs dargestellt werden kann, gesetzt wird, muss auch sichergestellt werden, dass möglichst alle Beteiligten niederschwellig die Möglichkeit haben, die virtuelle Umgebung zu erleben.

Weiter muss bei der Nutzung von VR Zeit für die Einschulung von „VR-Neulingen“ eingeplant werden. Im Zuge der Experimente mit VR-Tools konnte der Autor bei Testpersonen, die zuvor keine Erfahrung mit VR-HMDs und Controllern sammeln konnten, wiederholt beobachten, dass abhängig von der sonstigen Computer- bzw. Gaming-Erfahrung bis zu 15 Minuten assistierte „Einführungszeit“ in die Bedienung von Google Earth VR benötigt wurde. Mitunter scheint es deshalb wichtig, darauf hinzuweisen, dass eine Einschränkung des Funktionsumfangs der Anwendungen auf das Notwendigste und eine Optimierung zur einfachen Nutzbarkeit des Interfaces für die partizipative Nutzung essenziell ist.

4.4.7 Datenschutz

Besonders im Hinblick auf zu erwartende Weiterentwicklungen der Möglichkeiten bzw. der Leistungsfähigkeit von AR- und VR-Tools, Methoden des Crowd-Sourcings und vor allem privater Smartphones, die mit immer besseren Sensoren ausgestattet werden und bereits Teil des Alltags sind, werden, zusätzlich zu den bereits thematisierten Punkten, Fragen des Datenschutzes und der Privatsphäre aufgeworfen. Mir und Rodriguez (2020) betonen, dass „bei aller Begeisterung für neue Technologie utopische Visionen nicht die aufkommenden ethischen und rechtlichen Bedenken in VR/AR verschleiern dürfen.“ (Mir/ Rodriguez, 2020, Übersetzung des Verfassers) Sie weisen auf die Vielzahl an Sensoren und Kameras in AR- und VR-Systemen und die Menge an Daten und Wissen über UserInnen hin, die bereitstellende Unternehmen und auch Staaten bzw. Regierungen so potenziell generieren können. Als weitere Risiken nennen sie die Möglichkeit der tiefgehenden Rückschlüsse auf NutzerInnenverhalten unter anderem aus Daten des Eye-Trackings in Applikationen und betonen mehrmals die Wichtigkeit der Auseinandersetzung mit der Thematik des Datenschutzes, da derzeit die Entwicklungs- und Entscheidungsmacht bei einigen, wenigen multinationalen Großkonzernen liegt. (ebd.)

Diese umfangreiche Thematik, die es zukünftig mit der steigenden Leistungsfähigkeit der Geräte und Schnittstellen sowie deren vermehrte Verwendung und deren Verschmelzung mit der Realität im Alltag zu diskutieren gilt, ist nicht Teil der Untersuchungen dieser Diplomarbeit.

5 Fazit

War vor einiger Zeit das technische Zeichnen am Reißbrett und das händische Skizzieren noch eine unbedingt notwendige planerische Kernkompetenz, so rückten in planerischen Aufgabengebieten Schritt für Schritt Grafik-, CAD- und GIS-Applikationen in den Vordergrund und ergänzen jetzt den planerischen Visualisierungs-Werkzeugkasten. (Al-Kodmany, 2002:189ff.) Computersysteme sind aus dem Alltag, genauso wie aus der Raumplanung, nicht mehr wegzudenken, viele Visualisierungs- und Analysemethoden sind ohne computergestützte Verfahren nicht mehr durchführbar. (Streich, 2005:187; nach Zeile, 2010:23) Anhand von Beispielen aus Praxis und Literatur konnte gezeigt werden, dass die urbane Raumplanung sowie planungsnahe Arbeitsfelder eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Anwendung von AR und/oder VR bieten.

Zur Abstimmung zwischen den AkteurInnen und zur Information von BürgerInnen werden in Planungsprozessen grafische, technische und nicht-technische Entscheidungs- und Diskussionsgrundlagen benötigt, auf Basis derer weitere Gespräche oder Abstimmungen in den jeweiligen Gremien erfolgen können. Während



Abb. 61: Entwicklung der Visualisierung (eigene Darstellung; Steinebach et al., 2007 nach Wietzel et al., 2009:86)

fotorealistische Renderings des Geplanten zu Projektmarketing oder Beteiligungszwecken mittlerweile weit verbreitet und bei fast jeder Informationsveranstaltung zu Planungsprojekten und als Verbildlichung von Visionen vorzufinden sind, werden die Potenziale von AR und VR zur Projektvisualisierung nur selten genutzt und nicht ausgeschöpft. Generell eignen sich dreidimensional visualisierende Methoden wie AR und VR eher für räumlich abgrenzbare Maßnahmen und Projekte als zur Darstellung lenkungspolitischer oder strategischer Maßnahmen der Raumplanung. Auch ist die Visualisierung flächenbezogener Daten und Maßnahmen in großen Maßstäben in AR oder VR klassischen Darstellungsformen nicht vorzuziehen. (siehe Abschnitt 4.2 Was können AR und VR für die Raumplanung leisten?) AR- und VR-Visualisierungen vereint, dass sie, mit Hilfe von geeigneten Interfaces, dreidimensionale Inhalte immersiv präsentieren können und so der Abstraktionsgrad der Darstellungen reduziert werden kann (Wietzel, 2007:367), was das Risiko von Fehlern in der Interpretation der Darstellung vermindert und Planungen dadurch möglicherweise besser, aber jedenfalls für LaiInnen einfacher verständlich, präsentiert werden können. Unabhängig vom fachlichen Kenntnisstand der Betrachtenden kann ein - für alle gleiches, annähernd

realistisches - 3D-Abbild der Planungen gezeigt werden. Planungssituationen und Planungsalternativen können in einer für die menschliche Wahrnehmung nachvollziehbaren Form abgebildet werden. (Wietzel et al., 2009:90) Dadurch bieten sich derartige Tools sowohl für den fachlichen Diskurs, Beteiligungsprozesse als auch für Marketing und Verkauf an. Sie können auch als Werkzeuge verstanden werden, um mit 3D-Modellen zu interagieren, die Planenden dabei helfen, Interessierten Verständnis über Projekte zu vermitteln und Planungsmaßnahmen für ein breiteres Publikum zugänglich zu gestalten. So ergeben sich auch Chancen, Entscheidungstragenden Personen evidenzbasierte Entscheidungen zu erleichtern.

Die betrachtende Person kann den Blickwinkel auf die bzw. in der Projektdarstellung weitgehend frei wählen, was einer Verzerrung der Projektwahrnehmung durch die Wahl von bestimmten (möglicherweise vorteilhaften) Perspektiven vorgreift. (Reinwald et al., 2013:346) Derartige Darstellungen sind somit, besonders als nicht-technische, grafische, gemeinsame Diskussionsgrundlagen, beispielsweise in Partizipationsprozessen, geeignet. So können möglicherweise andere oder zusätzliche Erkenntnisse über das Geplante oder das Planungsgebiet erlangt werden und es wird „(...) die Grundlage für eine integrative und nachhaltige Planung mit einer gemeinsam akzeptierten Lösung gelegt.“ (AIT, 2019)

Maßnahmen und Projekte können direkt im Stadtkontext beurteilt (Reinwald et al., 2013:346) und analoge Inhalte wie Pläne oder Plakate um digitale, dreidimensionale Inhalte und Informationen ergänzt werden. (Fraunhofer, 2019) AR-Visualisierungen ermöglichen es auch, den realen Raum als Rahmen für die Darstellung von Planungen zu nutzen, 3D-Modelle des Geplanten überlagern die Realität oder die Abbildung der Realität in den Darstellungen passend.

In Variantenvergleichen, wie sie in städtebaulichen Wettbewerben durchgeführt werden (bzw. Gestaltungswettbewerben), kommt das Potenzial zur Geltung, dass in AR und VR teils nahtlos zwischen den 3D-Umsetzungen mehrerer Entwürfe „gewechselt“ werden kann, was einen neuartigen, immersiven optischen Vergleich der Varianten ermöglicht und die AkteurInnen in der Entscheidungsfindung unterstützen kann.

Ein weiteres zentrales Argument für die Visualisierung mit VR ist die Möglichkeit, Zukunftsszenarien wie Planungs- oder Projektalternativen „erlebbar“ zu machen, sowohl aus möglichen zukünftig erlebbaren Blickwinkeln und Positionen (z.B. Straßenverkehr, FußgängerInnen), als auch aus real nicht erlebbaren Perspektiven (Vogelperspektive).

Dadurch kann in der BürgerInnenbeteiligung für Verständnis für Projekte oder Maßnahmen gesorgt werden und Fehler können vor Baustart im fachlichen wie nicht-fachlichen Austausch erkannt und noch vor Baubeginn korrigiert werden. Die Beurteilung der Entwürfe kann dabei bei Vorhandensein eines notwendigen Interfaces ortsunabhängig und sozusagen „von zu

Hause“ erfolgen. Die Möglichkeit, Planinhalte gegebenenfalls in einem 3D-Abbild der Stadt in VR zu erleben und zu erproben, erlaubt außerdem neuartige Darstellungen von planerischen wie städtebaulichen Visionen und Entwicklungsszenarien.

Unter anderem eröffnet auch das Potenzial, Projekte in einem virtuellen Abbild der Realität besichtigen zu können, ohne tatsächlich vor Ort zu sein, neue Möglichkeiten für die Planung. Die Entkopplung detailreicher und gegebenenfalls aufwendiger Visualisierungen von Beteiligungsveranstaltungen oder dem Bauplatz stellt, sowohl zeitlich als auch räumlich, je nach genutzter Methode, bei gleichzeitiger Wahrung der dreidimensionalen Möglichkeiten, die bis vor kurzem nur ein maßstäbliches Modell bieten konnte, eine zentrale Chance für die AR- und VR-Visualisierung von Planungsprojekten dar. Besonders die VST-AR mit mobilen Geräten ist durch die rasanten technologischen Entwicklungen der vergangenen Jahre für die BürgerInnenbeteiligung der Planung interessant (Höhl/ Broschart, 2015b:20), da mit Smartphones oder Tablets ein großer Teil der Haushalte mindestens ein Interface besitzt, das einen grundlegenden Einstieg in sowohl AR (VST) als auch VR ermöglicht.

Darauf aufbauend ist ein weiteres Potenzial von AR- und VR-Anwendungen die Chance, neue, tendenziell jüngere Zielgruppen anzusprechen, sei es durch den „spielerischen Zugang“ (bzw. Gamification) (Gnat et al., 2016:4ff.) oder die Nutzung moderner Technologie wie Tablets und Smartphones. (Reinwald et al., 2013:346)

Im spielerischen Umgang mit planerischen Inhalten können Interessierte für Themen sensibilisiert werden und sich weiter eine Meinung bilden, was besonders wichtig ist, wenn Personen Parteienstellung im Planungsprozess haben (bzw. von der Planung direkt betroffen sind) oder sich anders einbringen wollen. (Broschart/ Zeile, 2014:645) So kann auch der anfangs in dieser Arbeit thematisierten Problematik der Nicht- oder Fehlinformation von BürgerInnen (Rockmann/ Adler, 2095:84f.) entgegengewirkt werden.

Die ermittelten Anwendungsfälle, die einem oder mehreren Prozessschritten zugeordnet werden können, werden in der Grafik an entsprechender Stelle dargestellt (Abb. 62). VR-Anwendungen finden tendenziell vorab in der Entwicklung von Projekten zum Aufzeigen und Erlebbar-machen von Szenarien und Entwicklungsmöglichkeiten und in Testplanungen statt. Identifizierte AR-Anwendungsfälle finden sich sowohl anfangs als auch in späteren Planungsphasen. Vom Aufzeigen von Potenzialen im Raum über das Visualisieren von konkreten Planungen bis zur Überprüfung von Bauvorhaben vor Ort können AR-Tools begleitend eingesetzt werden.

Als (planungs-)theoretischer Zugang zum Prozesscharakter von Planungsaufgaben der Raumplanung wurde eine abgewandelte und erweiterte Form des synchronen Modells nach Streich (2011:71f.) gewählt, das von der Problemdefinition über die Formulierung von Lösungsansätzen und die Umsetzung bis zur Evaluierung reicht.

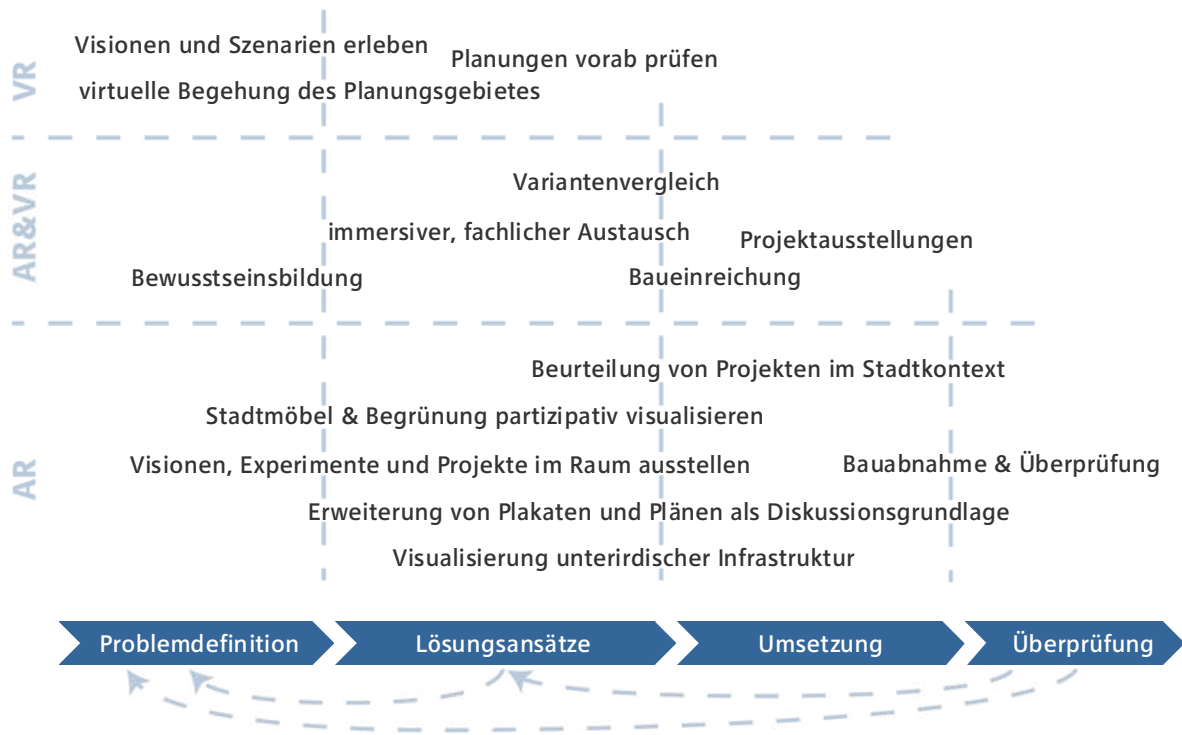


Abb. 62: Zeitliche Einordnung von Anwendungsmöglichkeiten

Weil AR- und VR-Tools bereits prozessinitiiierend genutzt werden können, bevor ein gewisses Planungsziel oder Problem definiert wurde, indem planerische Probleme oder Chancen aufgezeigt werden können, wurde der „erste Schritt“ der zeitlichen Einordnung von Anwendungsmöglichkeiten als „Problemdefinition“ bezeichnet.

In Beteiligungsverfahren, aber auch allgemein auf die Anwendung der Tools übersetzbar, ist wichtig, zu betonen, dass AR- und VR-Anwendungen zu gesteigerter Transparenz in Planungsverfahren durch verbessertes Verständnis über Projekte führen können, die Tools zum überwiegenden Teil aber vorwiegend Visualisierungswerkzeuge sind und somit meist zur Darstellung von (vorläufigen oder finalen) Ergebnissen herangezogen werden. Um über das gewonnene Verständnis hinaus einen Mehrwert für Prozesse zu schaffen, benötigt es ergänzende Tools und, je nach Ziel der Visualisierung gegebenenfalls Möglichkeiten, Feedback einzubringen. Dafür können interaktive Tools in der AR-/VR-Umgebung oder klassische Methoden wie anschließende Befragungen, Diskussionsrunden oder textliche Stellungnahmen genutzt werden. (Reinwald et al., 2014:4f.) Darüber hinaus sollten die gewonnenen Erkenntnisse auch zur Verbesserung/Optimierung des geplanten Projektes genutzt werden und entsprechende Feedbackschleifen angedacht werden. Dies trifft auf alle Visualisierungen zu. Sie können nur einen Mehrwert für den Prozess darstellen, wenn die partizipativ gewonnenen Erkenntnisse auch in die Ergebnisse einfließen können.

Es muss dabei für die 3D-Modellierung wie auch für visuelle Effekte der Darstellungen jedenfalls ein dem Planungsschritt entsprechender Detail- bzw. Abstraktionsgrad sowohl des

Geplanten als auch der Umgebung gewählt werden (Wietzel, 2007:367) und darauf geachtet werden, dass durch den simulierten Detailgrad nicht von relevanten Faktoren und Aspekten abgelenkt wird. Ein zu hoher Detailgrad in der Darstellung kann auch manipulativ oder missverständlich wirken. (Zeile, 2010:5) Fotorealistische Grafik, wie Sie durch aktuelle Tools ermöglicht wird, ist für viele planerischen AR- und VR-Anwendungen nicht unbedingt notwendig. Sollen dreidimensionale Visualisierungsmethoden in Wettbewerben als Entscheidungsgrundlagen genutzt werden, müssen Richtlinien geschaffen werden, die die Vergleichbarkeit der Darstellungen ermöglicht, beispielsweise betreffend den Detailgrad und die Lichteffekte.

Mitunter, auch weil nicht alle teils komplexen Inhalte der Planung in 3D-Modellen adäquat abgebildet werden können, ist der Einsatz von AR und VR nur in Ergänzung zu den etablierten und formellen Darstellungsmethoden empfehlenswert. Stauskis kam zu der Erkenntnis, dass bessere Ergebnisse in der 3D-Raumplanung mit VR erzielt werden konnten, wenn zusätzlich analoge Materialien wie Luftbilder und 2D-Pläne eingesetzt wurden. (Stauskis, 2014:5)

Trotz rasanter technologischer Entwicklungen in der Software und Hardware im vergangenen Jahrzehnt, wurden in Wien AR und VR erst in einigen (Pilot-) bzw. Forschungsprojekten der Planung angewendet und empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit der Tools wurden, wenn überhaupt, nur mit geringen Teilnehmendenzahlen, Testpersonen- und AkteurInnenbefragungen anhand von Fallstudien durchgeführt. (Leimer, 2019:55)

Auch in den Strategiepapieren und Programmen der Stadt Wien finden AR und VR nur zaghaft Erwähnung. Es wird darin auf die Potenziale der Vorab-Begutachtung bzw. -Besichtigung von Projekten, die mögliche akzeptanzfördernde Wirkung in Beteiligungsverfahren sowie Potenziale bei der Überprüfung von Bauvorhaben hingewiesen. Ein explizites Bekenntnis zur Nutzung von AR in Planungsprozessen liegt erst seit dem Forschungsprojekt „BRISE“ vor. Dieses beschäftigt sich mit den weiteren Möglichkeiten von AR zusammen mit modernen Technologien zur Vereinfachung, Beschleunigung und Kontrolle von komplett digital abgewickelten Baueinreichungen.

Es gilt neben der theoretischen und technischen Eignung auch weitere Hindernisse zu berücksichtigen: Levy betont bezüglich der Akzeptanz digitaler Methoden im Planungsalltag unter anderem, dass die aktuelle Generation der Entscheidungstragenden ihre Profession oft noch vor der weitgehenden Digitalisierung der Disziplin(en) erlernt hat und mit dem „Nachrücken“ von Generationen, die bereits mit Videospiele, Smartphones und Computern aufgewachsen sind, die Akzeptanz digitaler und virtueller Methoden in Planungsprozessen steigen könnte. (Levy, 2011:5) Sollen die Tools in kleineren Arbeitsgruppen (zum Beispiel als nicht technische Diskussionsgrundlage in der Abstimmung der StakeholderInnen) genutzt werden, muss allen Teilnehmenden die Möglichkeit der Betrachtung des Projektes ermöglicht

werden. Sollen die Anwendungen öffentlich-partizipativ genutzt werden, muss besonders auf Inklusion geachtet werden. Eine hohe Kompatibilität mit unterschiedlichen Endgeräten ist erforderlich, um Interessierte nicht durch technische Barrieren von der Teilhabe auszuschließen. (Broschart/ Zeile 2014:645)

Jedenfalls muss durch den Einsatz von AR- und VR-Tools eine Verbesserung gegenüber der aktuell gelebten Praxis zu erwarten sein, damit diese Anwendung in der Planungspraxis finden können. Mit Forschungsprojekten wie dem in der Arbeit vorgestellten „VR Planning – we’re planning“ (AIT, 2019) wurde bzw. wird versucht, Gebietskörperschaften und Bauträgern Möglichkeiten der Nutzung von AR und VR aufzuzeigen, Risiken auszuräumen und die finanziellen Notwendigkeiten bzw. Rahmenbedingungen abzustecken.

Letztendlich ist die tatsächliche Nutzbarkeit von AR und VR in urbanen Planungsprozessen von der Kompatibilität mit den bereits vorhandenen Abläufen abhängig. Bei etablierten Genehmigungsprozessen müssen Planungsverantwortliche angesichts des zusätzlichen Zeit- und Ressourcenaufwands einen Mehrwert im Einsatz von 3D-Modellen und VR- bzw. AR-Darstellung sehen. Nur wenn diese eine Zeitersparnis und/oder Kostenersparnis bedeuten, wird dieser Ansatz Teil der Praxis werden. (Levy, 2011:4f.)

Es wird international wie auch in Wien von Forschungs- und Projektgruppen an verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von AR und VR geforscht und einige Tools und Erkenntnisse aus Forschungsprojekten werden voraussichtlich in den kommenden Jahren in der Praxis Anwendung finden. Durch AR- und VR-Nutzung kann nicht nur die partizipative Planung potenziell gestärkt werden, es können sich teilweise auch finanzielle Vorteile für die Stadtverwaltung und Bauwerbende bzw. StakeholderInnen ergeben (Zeitgewinn, Aufwandsreduktion, digitale Planung, ...).

Es ist wahrscheinlich, dass zukünftig, trotz der nur vagen Bezugnahme zu AR und VR in aktuellen Strategieplänen und -programmen, die Raumplanung in der öffentlichen Kommunikation von Maßnahmen und Projekten und in der Entwicklung und Planung dieser, künftig stärker auf AR- und VR-Anwendungen setzen wird und so die Bedeutung der beiden Darstellungsformen auch in der Wiener Planung steigen wird.

6 AR-Praxisprojekte

6.1 Auswahl und Zielformulierung

Für die Umsetzung der Praxisbeispiele werden die zuvor im theoretischen Teil ermittelten Potenziale aufgegriffen und prototypisch mit direktem Praxisbezug umgesetzt.

Es konnte großes Potenzial für AR-Visualisierungen mittels mobiler Geräte ermittelt werden. Hochauflösende Kameras, leistungsstarke Prozessoren, schnelle Datenverbindungen und Sensoren, die zuvor nur in hochspeziellem professionellen Equipment enthalten waren, sind aktuell bereits in vielen Smartphones und Tablets enthalten. Dadurch eignen sie sich unter anderem als AR-Interfaces und durch ihre weite Verbreitung scheint es naheliegend, sie zur Visualisierung in Planungsprozessen heranzuziehen. Während die Potenziale der AR- und VR-Tools nur mit ExpertInnen (z.B. App-EntwicklerInnen, ProgrammiererInnen) voll ausgeschöpft werden können, funktionieren die hier genutzten Tools mit Hilfe graphischer User-Interfaces auch ohne weitreichende Programmierkenntnisse und ermöglichen es auch PlanerInnen wie dem Autor, AR- und VR-Applikationen zu erstellen.

Zwei Themen stachen schon während der Recherche besonders hervor: Einerseits die in Aussicht gestellten Chancen der gesteigerten Transparenz in Widmungsverfahren durch Nutzung eines mittels AR um eine 3D-Ansicht erweiterten Flächenwidmungs- und Bebauungsplans (Broschart 2011:59f.), der räumlich entkoppelt oder bei Informationsveranstaltungen, beispielweise als Diskussionsgrundlage oder als zusätzliche Entscheidungsgrundlage genutzt werden kann.

Andererseits was das die Möglichkeit der Schaffung von Akzeptanz für Stadtbegrünung durch das Darstellen von virtuell platzierten Bäumen und Pflanzen im Kontext des realen Stadtraumes.

Für diese beiden genannten Anwendungsfälle wurde je eine prototypische Umsetzung erarbeitet und die Arbeitsschritte, von der Recherche über die 3D-Modellierung bis zu funktionsfähigen App-Prototypen, ebenso dokumentiert wie der jeweils benötigte Zeitaufwand. Dabei nehmen sich die beiden Anwendungen einer oder mehrerer der anfangs erläuterten Problemstellungen in Aufgaben und Prozessen der urbanen Planung in partizipativer und/oder vermittelnder Art und Weise an. Damit wird nach dem praxisorientierten Aufzeigen von theoretischen wie bereits erprobten Chancen für die Planung zusätzlich ein praktischer Blick auf einen Teil der vorgestellten Visualisierungsmethoden geworfen.

6.2 Projektbeschreibung

6.2.1 AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan

Mit dieser App werden die Möglichkeiten der Stärkung der Ebene der Information und Transparenz im Sinne der Demokratisierung der Planung in Planungsverfahren untersucht. So können Betroffene im Rahmen der formellen Beteiligung schriftlich Stellung nehmen, jedoch sind die Änderungen in der Nutzbarkeit oder Bebaubarkeit und die daraus ableitbare räumliche Ausprägung besonders für fachfremde Personen nicht immer klar erkennbar. Auch in den Entscheidungsgremien im



Abb. 63: Logo/Icon der App (eigene Grafik)

Bezirk (Bauausschuss, Bezirksvertretung), können derartige dreidimensionale Darstellungen genutzt werden, um eine evidenzbasierte Entscheidungsfindung zu unterstützen. Die Zielgruppe ist aber nicht auf die entscheidungstragenden und betroffenen Personen beschränkt. Die 3D-Darstellung der Änderungen in AR kann generell unterstützend und transparenzsteigernd wirken.

Das gewählte Beispiel stellt dabei einen häufig auftretenden Fall der Flächenwidmungsverfahren dar (Abänderung), bei dem die Auswirkungen auch entsprechend weniger umfangreich sind als bei größeren städtebaulichen Projekten.

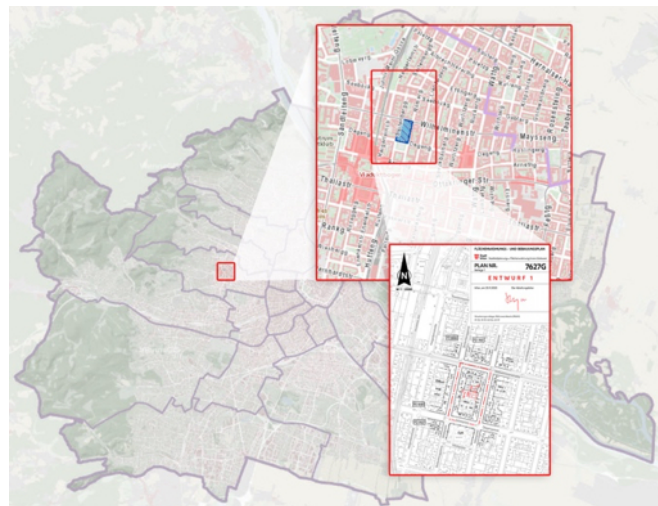


Abb. 64: Lage im Stadtgebiet Wiens (eigene Darstellung, wien.gv.at, PD7627g-r1)

Am Beispiel des von 4. Februar bis 4. März

2021 zur öffentlichen Einsicht aufliegenden Entwurfes des neuen Flächenwidmungsplanes (Plandokument 7627g-r1) für das Gebiet zwischen Wilhelminenstraße, Römergasse, Mildeplatz und Seitenberggasse im 16. Wiener Gemeindebezirk, welches in Abb. 64 schematisch abgebildet wird, wird die Möglichkeit der Erweiterung des gedruckten Plandokumentes um eine 3D-Darstellung der möglichen Planauswirkungen im Kontext einer dreidimensionalen Abbildung des Stadtraumes untersucht. Dafür wurde eine VST-AR-Applikation für Android entwickelt. Zunächst wurde das digitale Plandokument und alle begleitenden Beschreibungen heruntergeladen und untersucht, um die möglichen baulichen Auswirkungen der vorgeschlagenen Widmungsänderung später im 3D-Modell abbilden zu können.

6.2.2 Augmented Trees

Um den Auswirkungen des Klimawandels in Städten entgegen wirken zu können, muss die Stadt entsiegelt und begrünt werden. Eine der möglichen Maßnahmen ist das Pflanzen neuer Bäume im öffentlichen Raum und vor allem im Straßenraum. (MA22, 2015:53) Dabei stoßen Planende und Initiativen teils auf Widerstand, da Konkurrenz um den Platz mit dem ruhenden Verkehr besteht. (ebd.) Gleichzeitig werden in Visualisierungen bei Projektpräsentationen meist hochgewachsene, dichte Baumkronen gezeigt, die so erst nach vielen Jahren des Baumwachstums erreicht werden. Hier kann AR genutzt werden, um verschiedene Wachstumsstadien zu simulieren und ein realistischeres Bild der Pflanzen im Lauf der Jahre bieten.

AR-Apps können akzeptanzsteigernd und allgemein aktivierend wirken, da geplante Maßnahmen oder Visionen direkt vor Ort gezeigt werden und Entwicklungschancen aufgezeigt werden können. Ähnlich wie im vorgestellten Projekt „Lila4Green“, wurde eine VST-AR-Applikation erarbeitet, die es ermöglicht, mit in den Stadtraum platzierten Markern, virtuelle Bäume zu pflanzen.

Darüber hinaus wurden Möglichkeiten der Weiterentwicklung der erstellten App textlich und graphisch illustriert dargestellt. Dazu wurde das Modell eines Ahornbaumes gewählt, da diese Art rund ein Viertel der knapp 90.000 Bäume entlang der öffentlichen Straßen in Wien ausmacht und so die weitest verbreitete Straßenbaumart in Wien ist. (MA22, 2015:42)

6.3 Hard- und Software

Zur Umsetzung der durchgeführten Experimente und der Praxisbeispiele wurde der Arbeits- und Privatcomputer des Autors verwendet. Die Anschaffungskosten eines vergleichbaren Rechners lagen Anfang 2020 bei circa 1.200 -1.300€, exklusive der Anschaffungskosten für das VR-HMD und das Smartphone, welche jeweils bei rund 380€ lagen, wobei das VR-Interface in gebrauchtem Zustand gekauft wurde. Der Neupreis dafür lag bei rund 700€,



Abb. 65:
Logo&Marker Augmented Trees
(eigene Grafik)



Abb. 66: genutztes 3D-
Baummodell (eigene Darstellung)

wobei diese Version des HMDs neu nicht mehr erhältlich ist. Hardwarepreise von PC-Komponenten können zusätzlich, zum Beispiel aufgrund von Ressourcenknappheit oder/und Trends wie dem Bitcoin Mining Boom, stark variieren. (GFK, 2021) Die Hardwarekonfiguration des PCs wird in Tabelle 1 gezeigt. Die Umsetzung der Praxisbeispiele ist auch auf weniger leistungsfähigen Geräten möglich. Soll der PC auch für die Darstellung einer VR-Umgebung genutzt werden, muss jedoch auf ausreichend leistungsfähige Hardware geachtet werden, da für eine realitätsnahe Darstellung in HMDs, abhängig von der/dem RezipientIn, jedenfalls mindestens 30, meistens aber rund 60 oder mehr Bilder pro Sekunde (FPS) errechnet werden müssen. (Dörner et al., 2013:6f.; 23) Für Experimente in VR wurde ein HTC Vive HMD mit zugehörigen Vive Controllern genutzt, zusammen mit der hier vorgestellten Konfiguration konnten alle getesteten VR-Umgebungen problemlos betrachtet werden.

Für die AR-Entwicklung muss auf die Kompatibilität des Smartphones mit dem jeweiligen AR-Standard der Hersteller geachtet werden. Da ein Großteil der Menschen in Österreich Smartphones besitzt (statista, 2020), können AR- und VR-Umsetzungen, bei denen diese als Interface genutzt werden, große Bedeutung im Sinne der Inklusion in Planungen eingeräumt werden. Android ist seit 2011 das global weitest verbreitete Betriebssystem - rund 85% der Smartphones nutzen es aktuell. (IDC/ Gartner, 2020) Deshalb wurde Android als Zielsystem für die Entwicklung der AR-Applikation gewählt.

Das zur AR-Visualisierung der Praxisbeispiele genutzte Smartphone ist ein Google Pixel 3a, ein 2018 vorgestelltes Mittelklasse-Smartphone, welches Google ARCore-zertifiziert ist. ARCore ist Googles aktueller Standard für die AR-Implementierung²³. Zur Aktivierung der AR-Funktionalität müssen am Android Smartphone gegebenenfalls „Google Play-Dienste für AR“ aus dem Play Store installiert werden.

Vorab wurden Versuche mit der Open-Source AR-Lösung von ar.js durchgeführt. Diese Software, deren Quellcode auf GitHub²⁴ frei verfügbar ist, wird auch von den projektentwickelnden Personen von „Lila4Green“, für deren Marker-basierte Visualisierung von Stadtbegrünung und Stadtmöbeln genutzt. (siehe 4.3.5 Stadtmöbliering, -begrünung

PC-Konfiguration

Motherboard	Gigabyte Z390 Designare
Prozessor	Intel i7-9700K 8x3,6 GHz
Grafikkarte	Sapphire Radeon Vega56 8GB
Arbeitsspeicher	32 GB DDR4 2.600 Mhz
Systemdatenträger	500 GB Nvme.2 SSD
Datenspeicher	1 TB Solid State Disk (SSD)
Betriebssystem	Windows 10

VR-/AR-Endgeräte

AR-Smartphone	Google Pixel 3a
VR-HMD	HTC Vive & Vive Controller

Tabelle 1: Genutzte Hardware-Komponenten

²³ Googles ARCore Plattform wurde 2018 veröffentlicht und unterstützt aktuell mehr als 250 Gerätetypen von 20 Herstellern (Online: ARCore Compatibility - Stand: 2/2020)

²⁴ Online: ar-js-org.github.io/AR.js/

und -gestaltung) Ar.js konnte in der aktuellen Version (3.3.1) in eigens durchgeführten Vorab-Tests jedoch nicht mit der Stabilität und Leistung, insbesondere im Tracking von Markern und bei nicht optimalen Lichtbedingungen der weiter genutzten Tools mithalten.

Zur Aufbereitung und Bearbeitung der 3D-Modelle wurde, aufgrund der Vorerfahrung, die in Lehrveranstaltungen gesammelt wurde, größtenteils auf **Trimble Sketchup 2020**²⁵ und in geringem Ausmaß auch auf **Autodesk 3ds Max**²⁶ zurückgegriffen. Für erstere Software kostet die Studierendenlizenz rund 60€ pro Jahr, zweite ist für Studierende der TU Wien kostenlos verfügbar. Generell Open-Source und frei verfügbar ist hingegen das in Ergänzung genutzte 3D-Programm **Blender**²⁷, welches auch durch die vielfältigen Programm-Erweiterungen, die teils kostenpflichtig, aber zum überwiegenden Teil kostenlos über Portale wie **GitHub**²⁸ verfügbar sind, zu überzeugt.

Zum Aufbereiten von Texturen, die nicht bereits in der benutzten Engine enthalten sind, wurde, aufgrund vorhandener Vorerfahrung, das kostenpflichtige Bildbearbeitungsprogramm Adobe **Photoshop CC 2020**²⁹ genutzt. Als gängige, kostenfreie Open-Source Alternative zu Photoshop ist unter anderen **GIMP**³⁰ zu nennen.

Für die Entwicklung der Praxisprojekte standen zwei mögliche Plattformen bzw. Gaming Engines, die beide - zumindest für nichtkommerzielle Projekte - frei verfügbar sind, zur Auswahl. Diese sind **Unity**³¹ und **Epic Games Unreal Engine**³² (UE). Gaming Engines ermöglichen es, 3D-Inhalte in Echtzeit zu Rendern und auch für Smartphones zu kompilieren, um die Software danach auf den Geräten ausführen zu können. Sie bieten Profis umfangreiche Möglichkeiten, die Einsteigende (über-)fordern können und trotz der großen Zahl an niederschwellig online verfügbaren Tutorials und Lerneinheiten nicht unbedingt einfach und nur mit Engagement und Zeitaufwand zu erlernen sind. Darüber hinaus ist die Nutzung der genutzten 3D-Modellierungs-Software mit sehr unterschiedlichen Einstiegshürden verbunden.

Die Entscheidung fiel aufgrund von Vorerfahrung auf die grundsätzlich kostenlose³³ UE. Die Engine kann über das sogenannte „Blueprint“-System, ein graphisches Interface, bedient

²⁵ Online: www.sketchup.com

²⁶ Online: www.autodesk.de/products/3ds-max

²⁷ Online: www.blender.org

²⁸ Online: www.github.com

²⁹ Online: www.adobe.com/at/products/photoshop

³⁰ Online: www.gimp.org

³¹ Online: www.unity.com

³² Online: www.unrealengine.com

³³ Die Unreal Engine ist ab einem Bruttoumsatz von über \$ 3.000,- pro Quartal insofern kostenpflichtig, als 5% des über alle Nutzungen des erstellten Programms erreichten Bruttoumsatzes als Lizenzgebühren an die Entwickler der Engine zu zahlen sind. (Unreal Engine, 2020a)

werden, was die Software auch für LaiInnen zugänglich macht. Hanssen (2017) beobachtete, dass es nur wenig Forschung zur Nutzung von Gaming Engines zur Unterstützung der Planung gab und bezeichnete den Zustand als „unreif aber sich entwickelnd“. (Hanssen, 2017:22) So griff er, ähnlich wie der Autor dieser Arbeit, auf Information und Tutorials zurück, die von den herstellenden Firmen wie Unreal (bzw. Epic Games), EnthusiastInnen oder Game-DesignerInnen zur Verfügung gestellt wurden. (ebd.)

Die AR-Programmierung erfolgte in der UE auf Basis der Android AR-Programmierschnittstelle für Android („ARCore“). Die Dokumentation zur Installation der notwendigen Programme zum Einstieg in die ARCore-Entwicklung unter Windows mit Unreal (Google, 2021c), scheint auf den ersten Blick unkompliziert – die Anweisungen sind klar und wenige Schritte umfassend – jedoch stellte sich die Installation in der Praxis als zeit- und rechercheaufwendig heraus. Anders als für viele Aufgaben im Game-Design mit der UE gibt es keine allgemeingültige Anleitung zur Einrichtung. So konnte nicht mit einer beliebigen oder der aktuellen Version der jeweiligen Software gearbeitet werden, sondern nur eine bestimmte Kombination aus einer Version der Engine und des Android SDK („Software Development Kit“, eine Zusammenstellung von Werkzeugen zur Programmierung, im gegebenen Fall für Android) funktionierte fehlerfrei. Diese Kombination musste durch eine Kombination aus Recherche und „Trial-and-Error“ ermittelt werden. Für die Entwicklung bestand die aktuelle lauffähige Kombination aus Android Studio (4.0.1) bzw. Android SDK im Zusammenspiel mit der UE (4.25.4). Weitere Schritte, die der Autor vorab in der UE durchführen musste, um mit der Engine für Android entwickeln zu können, sind im Anhang 2: Einrichtung der Android-Entwicklungsumgebung für Unreal beschrieben.

Am Smartphone muss, um Apps aus der UE direkt auf das Gerät transferieren und dort ausführen zu können, der „USB-Debug-Mode“ aktiviert werden, der in den „Entwickleroptionen“ zu finden ist. Zuletzt muss das Smartphone per USB-Kabel mit dem Rechner verbunden werden.

Zusätzlich zur Arbeit mit AR-Tools wurde mit VR-Tools experimentiert, allen voran mit der Unreal Engine (UE) und dem darauf basierenden Software-Tool zur Architektur- und Planungsvisualisierung, TwinMotion. Dieses (kostenpflichtige) Programm eröffnet Möglichkeiten, die Chancen der Echtzeit-Darstellung von Gaming-Engines durch einfache, grafische Bedienungsoberflächen und die Möglichkeit des Imports einschlägiger Dateiformate auch Personen außerhalb der Spieleentwicklungs-Branche zugänglich zu machen. Die reduzierte graphische Benutzeroberfläche vereinfacht die Bedienung im Vergleich zur UE stark, schränkt aber auch die Möglichkeiten stark ein.

Die Applikation ermöglicht es, 3D-Planungen und 3D-Modelle schnell und unkompliziert als fotorealistische Bilder, 360-Grad-Renderings, Videos und in VR erlebbare Visualisierungen umzusetzen. Es können Projekte aus einschlägiger Planungssoftware wie Revit, ArchiCAD und SketchUp mit wenigen Klicks importiert, in Echtzeit gerendert und begutachtet oder gar in VR begangen werden. (Cowley, 2019) Die Erfahrungen, die mit TwinMotion gesammelt wurden, sind unterstützend in die Arbeit eingeflossen.

6.4 Arbeitsdokumentation

Das Wissen in der Bedienung der UE wurde überwiegend über Online-Kurse erlernt, teils über kostenpflichtige Angebote, teils frei verfügbar auf Videoplattformen, sowie aus Erfahrungsberichten und Tutorials in Online-Foren. So wurden zusätzlich rund 80 Arbeits-, Lern- und Experimentierstunden investiert, ohne die die Durchführung der Praxisbeispiele nicht möglich gewesen wäre, die jedoch keinen direkten Bezug zu den umgesetzten Projekten haben, weswegen sie in der Dokumentation des Zeitaufwandes keine zusätzliche Erwähnung finden.

Die Handhabung der sonstigen verwendeten 3D-Software wurde in und für Fokus- bzw. Wahlmodul-Lehrveranstaltungen im Studium erlernt.

Der Prozess der Umsetzung der VST-AR-Praxisbeispiele ist auf der Folgeseite zusammenfassend in Abb. 67 dargestellt. Anschließend wird der Erstellungsprozess für die beiden Anwendungen, schriftlich und mit Screenshots ergänzt, dargelegt und der notwendige Zeitaufwand aufgeschlüsselt.

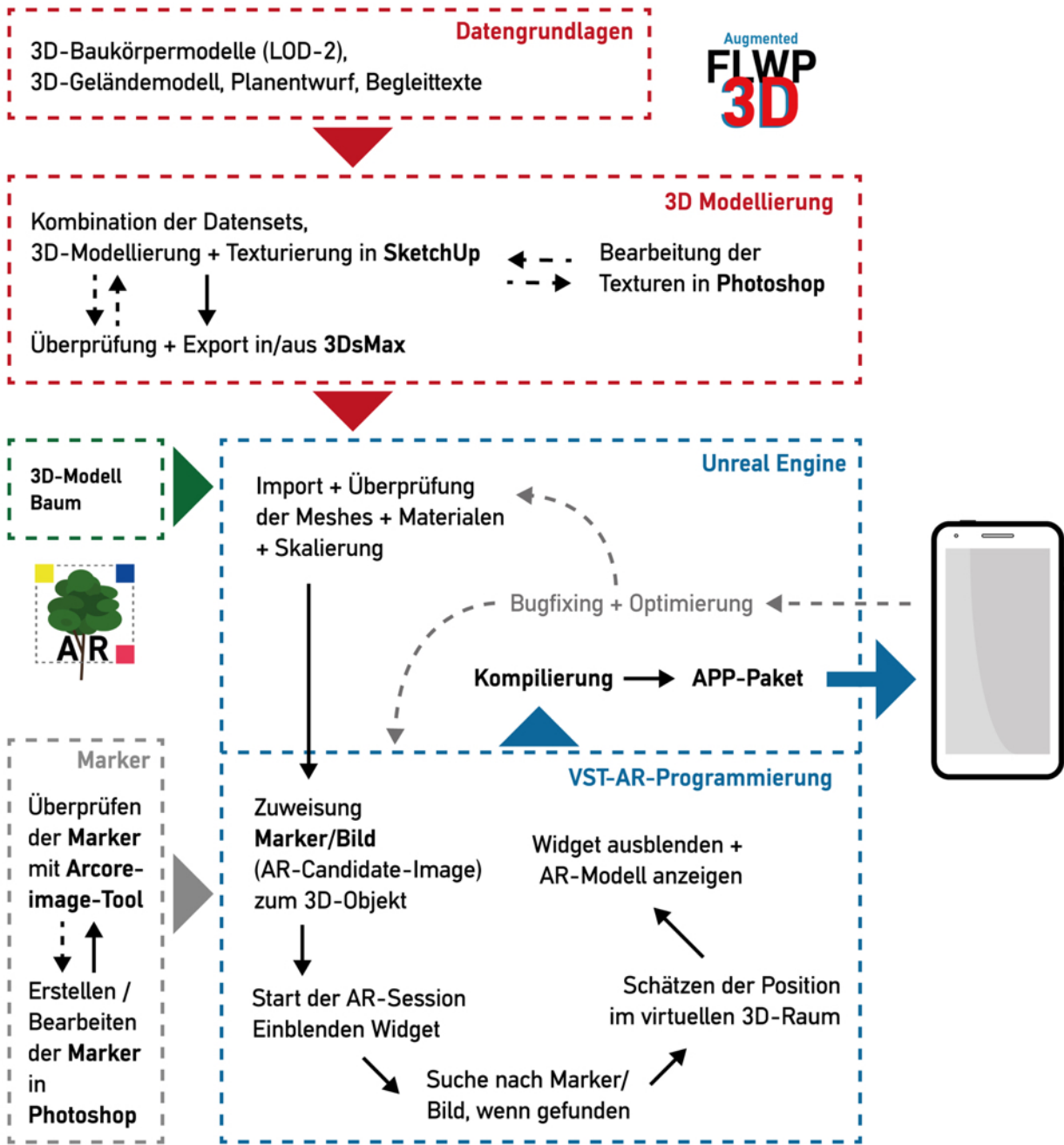


Abb. 67: Erstellungsprozess der AR-App-Prototypen (vereinfacht, eigene Darstellung)

6.4.1 Umsetzung: AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan

Vorbereitung und Datendownload

Vorbereitend wurden der Entwurf zum Plandokument 7627G, der zugehörige Erläuterungsbericht und der Antragsentwurf über wien.gv.at bezogen (wien.gv.at (6)) und untersucht.



Abb. 68: Datenbezug über den Geodatenviewer (eigene Bearbeitung, www.wien.gv.at)

Anschließend wurden die benötigten 3D-Datensets zu Gelände³⁴ und Gebäuden über den Geodatenviewer³⁵ der Stadt Wien heruntergeladen (Abb. 68). Diese Daten sind mit einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz frei verfügbar.

3D-Modellierung

Wie zuvor erwähnt, wurde der Großteil der 3D-Modellierung in SketchUp durchgeführt. Nach dem Entpacken der Daten wurden zunächst die vier Ausschnitte der Gebäudemodelle, über die sich das Plangebiet erstreckt, in SketchUp importiert und passend zusammengefügt. Danach wurde das digitale Geländemodell importiert und die zuvor erstellte Gruppe der Gebäude korrekt auf dem Gelände positioniert.

³⁴ DGM-Ausschnitt 34/4, LOD2-Dachmodell, Ausschnitte 096-083, 096-084, 097-083, 097-084

³⁵ www.wien.gv.at/ma41datenviewer/public/

Mit einer Art „Näherungsschnitt“ wurden Geometrien weit außerhalb des Plangebietes entfernt, um die Polygonzahl und Größe des 3D-Modells zu reduzieren (Abb. 69).

Durch die hohe Zahl an Polygonen im 3D-Modell musste dieser Schritt in mehreren Teiloperationen durchgeführt werden. Anschließend wurden die Geometrien an den Grenzen der Darstellung, die teils nicht korrekt verschnitten wurden, bzw. nach dem Verschneiden nicht korrekt dargestellt wurden, korrigiert. Die Korrekturen wurden in SketchUp manuell durchgeführt und in 3ds Max kontrolliert.



Abb. 69: Kombination, Ausrichtung und Beschnitt der Daten in SketchUp Pro (eigene Darstellung)

Das zuvor in Photoshop aufgearbeitete Plandokument wurde als Bild in das SketchUp Projekt geladen und als Textur auf den entsprechenden Ausschnitt bzw. das Terrain in dem 3D-Modell projiziert. Zuletzt wurden die möglichen räumlichen Auswirkungen der durch den Plan vorgeschlagenen Änderungen eingezeichnet und die Kanten in der Darstellung abgemildert (Abb. 70). Nach mehreren Korrekturschleifen war der Projektabschnitt der 3D-Modellierung und Texturierung abgeschlossen und das Modell bereit, exportiert und in die AR-Umgebung integriert zu werden.

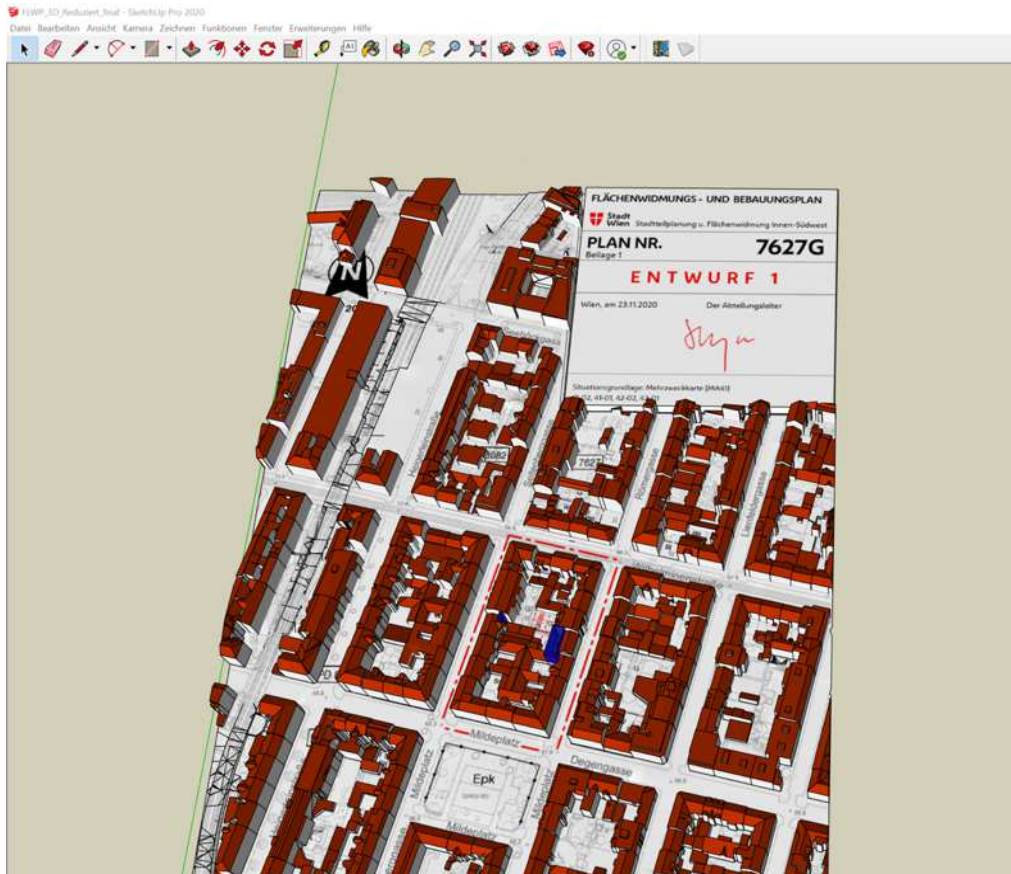


Abb. 70: Optimierter 3D-Mesh mit Materialien und Texturen in SketchUp (eigener Screenshot)

Erstellen und Bewerten der Qualität des Markers

Neben dem 3D-Modell muss auch eine Bilddatei, die als Marker bzw. zu trackendes Bild genutzt werden soll, festgelegt werden. Auf den Ausdruck dieses Dokumentes wird später der zuvor erstellte 3D-Ausschnitt projiziert. Für dieses Praxisprojekt war es das Ziel, das Plandokument ohne weitere Abänderung oder Ergänzung zu nutzen.

Dabei eignet sich nicht jedes Bild gleich, um als Marker genutzt zu werden. Ein zu trackendes Bild muss jedenfalls hochauflösend sein und möglichst wenige repetitive Geometrien enthalten. (Google, 2021a) Im ARCore SDK für Android (v1.23.0)³⁶ ist ein dezidiertes Programm enthalten, welches, ausgeführt über die Kommandozeile, Bilder auf ihre Eignung als AR-Marker bewertet. Google empfiehlt eine Nutzung von Markern von mindestens 75 von möglichen 100 Punkten. (ebd.)

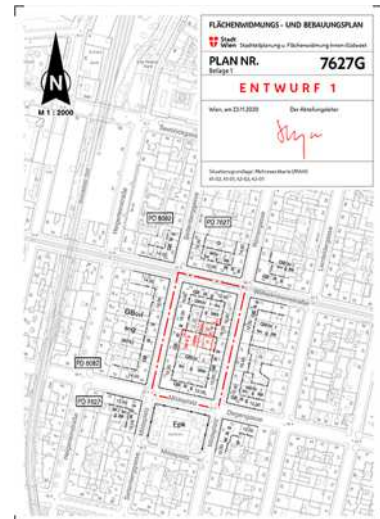


Abb. 71: Miniatur des als Marker genutzten Plandokumentes (wien.gv.at)

³⁶ Online: github.com/google-ar/arcore-android-sdk/releases (zuletzt aufgerufen am 22.2.2021)

Bei der durchgeführten Überprüfung des Flächenwidmungsplanes durch das Tool wurden die niedrigen Erwartungen unterboten und null Punkte vergeben (Abb. 72).



```
macos — bash — 149x7
Last login: Fri Mar 5 16:32:53 on ttys000
MacBook-Pro:~ Paul$ cd /Users/Paul/Downloads/arcore-android-sdk-1.23.0/tools/arcoreimg/macos
MacBook-Pro:macos Paul$ ./arcoreimg eval-img --input_image_path=/Users/Paul/Dropbox/Studium/Diplomarbeit/PRAXIS/Praxis_FluBP/FLWP3D_Marker.png
0
MacBook-Pro:macos Paul$
```

Abb. 72: Arcoreimg-Tool, Bewertung des Plandokuments (eigener Screenshot)

Es konnte aber auch nach einer Überprüfung anderer Plandokumente mit ähnlich schlechten Bewertungsergebnissen festgestellt werden, dass sich Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungspläne in der gegebenen Form grundsätzlich schlecht als AR-Marker eignen.

Es kann vorweggenommen werden, dass die Augmentierung des Plans in der Praxis funktioniert und die durch die schlechte Eignung des Plans als Marker auftretenden Risiken im spezifischen Anwendungsfall keine oder nur geringe Probleme darstellen. So treten im Tracking des Markers im DIN-A4-Format erst aus größerer Distanz (>~1 m) vereinzelt Fehler auf, die Anwendung ist jedoch auf die Betrachtung aus geringer Distanz ausgelegt.

App-Erstellung in Unreal

Ab diesem Schritt erfolgt die Arbeit größtenteils in der UE. Der Prozess ist vereinfacht beschrieben: Nach dem Erstellen eines neuen, leeren Projektes müssen in den Projekteinstellungen die Lizenzbedingungen des Android SDK gelesen und akzeptiert werden und die gewünschte Version des Android SDK bestimmt und eingestellt werden.

Die Einrichtung der Programmierumgebung für Android mit Unreal auf Windows 10 war zeitaufwendig und nur durch aufwendige Recherche möglich. Die Vorgehensweise ist in Anhang 2: Einrichtung der Android-Entwicklungsumgebung beschrieben.

Im leeren Dokument müssen zunächst der Marker (in diesem Fall das Plandokument) und das zu platzierende 3D-Objekt importiert werden. Nach dem Import werden zunächst die Materialien des 3D-Modells korrekt benannt und die richtige Zuweisung am 3D-Mesh überprüft (Abb. 73). Danach werden zwei **Data Assets** angelegt: Eines, das auf das zu trackende Bild verweist (hier ist auch die Größe des Markers einzutragen – wichtig, da die Transformation des Modells anhand der Größe des Markers berechnet wird) und beschreibt („Candidate Image“) und eines, welches die grundlegenden Einstellungen für das Tracking festlegt und wiederum auf das oder die „Candidate Images“ verweist, das es zu verfolgen gilt. Es wird sozusagen ein Spiel (Game Mode), bestehend aus einem Level, erstellt:

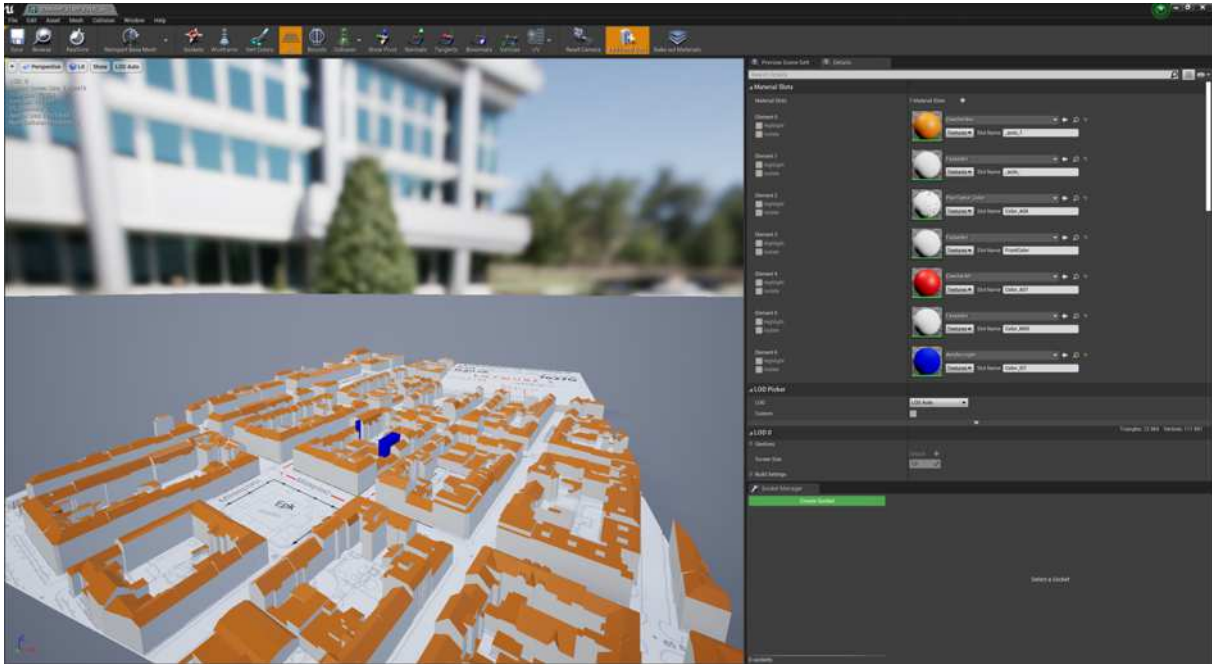


Abb. 73: Import und Überprüfung des 3D-Modells in der Unreal Engine (eigener Screenshot)

Es müssen 4 *Blueprint Parent Classes* erstellt und bearbeitet werden: **Pawn** repräsentiert die Darstellung eines Spielers in der App (Unreal Engine 4 Documentation, n.A.), dieser besteht im gegebenen Fall nur aus einer Kamera („Sichtfeld“), während **Player Controller** die Kontrolle des Pawn ermöglicht (z.B. durch Bewegung). (ebd.)

Ein **Widget**, eine Einblendung, die das Kamerabild nach dem Starten der App überlagert, wird beim Starten der App eingeblendet und zeigt den Hinweis, den Marker zu scannen. Wenn das oder eines der getrackten Bilder erkannt wird, wird das Widget ausgeblendet. Die Klasse **Actor** ermöglicht es, ein 3D-Objekt in der AR-Darstellung erscheinen zu lassen. (ebd.) Dazu wird zunächst das zuvor ins Projekt importierte 3D-Objekt als Komponente hinzugefügt und dann im Viewport passend skaliert und gegebenenfalls rotiert platziert. Die Ausrichtung und Skalierung des 3D-Modells in der Klasse kann im Zuge der Optimierung iterativ verbessert werden.

Game Mode definiert das Spiel bzw. die App und führt die Einzelteile zusammen, hier muss auf die erstellten *Pawn*, *Game Mode* und *Player Controller* verwiesen werden.

Jetzt kann der Level Blueprint, sozusagen die grafische Darstellung und das Interface der Programmierung der App, erstellt werden. Ein Screenshot des Level Blueprint ist in Abb. 74 abgebildet.

Die AR-Programmierung besteht dabei aus zwei Blöcken, dem Starten der AR-Session, in welcher die Inhalte auch am Bildschirm ausgegeben werden und dem Tracking des Bildes/Markers und Überlagern des 3D-Modells.

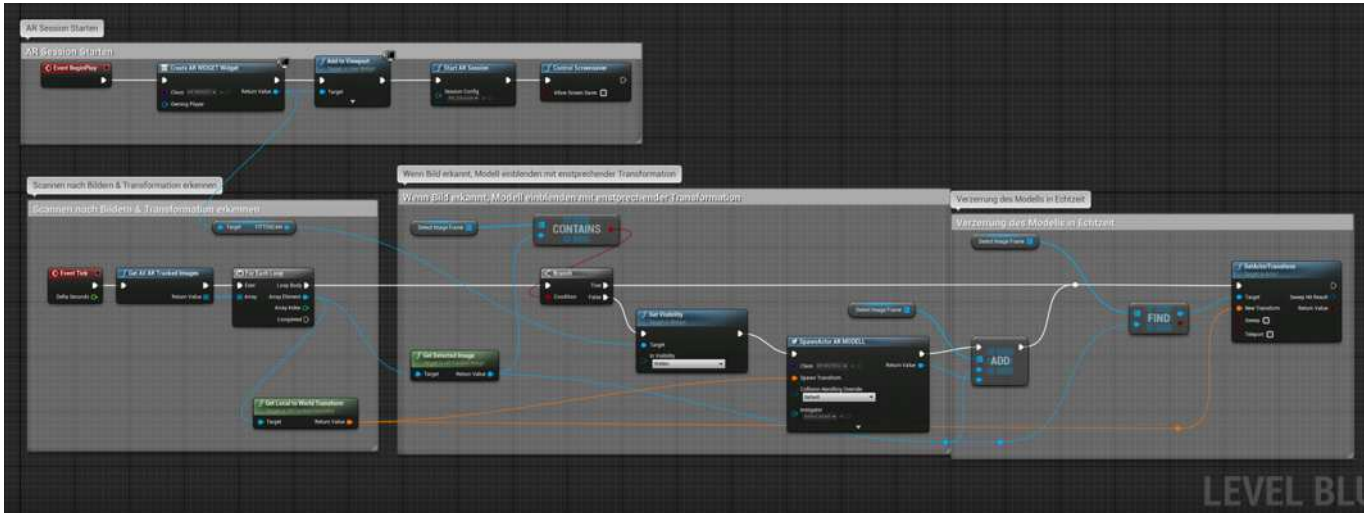


Abb. 74: Level Blueprint des AR-App (eigener Screenshot)

Nach der Kompilierung der Applikation, wurde sie durch Ausführung eines Programms am Computer über USB auf dem Smartphone installiert und ausgeführt. Nach den ersten erfolgreichen Tests wurde die Umsetzung optimiert und kleine Fehler behoben. Zum Beispiel wurde eine Funktion hinzugefügt, die den Bildschirmschoner am Smartphone bei Nutzung der App deaktiviert.

Zeitaufwand

Für die Umsetzung des Praxisbeispiels wurden knapp 30 Arbeitsstunden benötigt, die in Tabelle 2 aufgeschlüsselt werden. In der angegebenen Nettozeit sind Wartezeiten wie bei Renderings oder Kompilierungsprozessen nicht inkludiert. Bei der Einrichtung der Entwicklungsumgebung bleibt die über mehrere Wochen nebenbei durchgeführte Recherche unbeziffert, genauso wie das Erlernen der Tools der UE. Die Installationszeit wird bei beiden Praxisprojekten dazugerechnet und der reale Aufwand war durch die Dokumentation der Arbeitsschritte höher.

	<i>Beschreibung</i>	<i>Stunden</i>
Vorbereitung	Installation und Einrichtung der SDK-Entwicklungsumgebung in Unreal	3
3D-Modellierung & Texturierung	Datenbezug und Aufbereitung/ Erstellung des 3D-Modells	~9
	Korrektur der Geometrien	5
AR-Entwicklung	Erstellen der AR-App in Unreal	6
	Bugfixing und Optimierung	4
		27

Tabelle 2: Zeitaufwand in der Erstellung der AR-App (eigene Darstellung)

6.4.2 Prototyp und Konzept: Augmented Trees

Teile der AR-Programmierung in der UE konnten aus der Umsetzung des AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes (siehe vorangehendes Kapitel, Abschnitt App-Erstellung in Unreal) übernommen bzw. abgewandelt und auf den Zweck der App optimiert werden. Der zugewiesene Marker, das 3D-Modell mitsamt den Materialien sowie die jeweils richtige Skalierung, mussten neu erarbeitet bzw. bezogen werden.



Abb. 75: Logo und Marker Augmented Trees (eigene Grafik)

Das Logo, welches für das Projekt erstellt wurde und auch als AR-Marker genutzt wird (Abb. 75), wurde mit dem Tool Arcoreimg-Tool aus dem Android SDK 1.23 - analog zu zuvor - auf die Tauglichkeit als Marker überprüft und mit 75 von 100 möglichen Punkten bewertet. Dies ist insofern wichtig, als in diesem Praxisbeispiel das Tracking auch aus größerer Distanz funktionieren muss.

Entsprechend der Erkenntnis aus der Recherche wurde das 3D-Modell eines Ahornbaums gewählt, welches eine realistische Belaubung und plausible Dichte der Baumkrone aufweist. Da die Erstellung eines 3D-Baum-Modells äußerst zeit- und arbeitsaufwendig ist, wurde das 3D-Modell des Baumes einem Paket an 3D-Modellen und Texturen entnommen, welches über den zur UE zugehörigen „Marketplace“ aktuell rund 60€ kostet. Dabei sei auf die Verfügbarkeit von frei verfügbaren und Open-Source Programmen zur prozeduralen Erstellung von Bäumen und Vegetation³⁷ hingewiesen, deren Ergebnisse jedoch nicht denselben Detailgrad wie das genutzte Modell aufweisen, welches auch Blätter- und Astbewegungen enthält, die Wind simulieren.

Die Tests wurden zunächst - wegen der einfacheren Handhabung in der Wohnung - skaliert durchgeführt. Ein 10x10cm großer Marker wurde benutzt und auch der Baum auf rund 2 Meter „geschrumpft“. Nach einigen Optimierungen funktionierte das Tracking aus einer Distanz von knapp 3 Metern auch bei schlechten Lichtverhältnissen korrekt (Abb. 76).



Abb. 76: Indoor-Test, Vorab-Version, skaliert (eigener Screenshot)

³⁷ Beispielsweise Tree-Gen (Github) oder Tree-It

Zum Erkennen des Markers muss dieser zuvor aus der Nähe „gescannt“ werden, danach erfolgt das Tracking, auch wenn der Marker temporär aus dem Sichtfeld der Kamera verloren wird. Hier ist die verbesserte Eignung des zu trackenden Bildes gegenüber dem Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungsplan klar bemerkbar. Das Tracking funktioniert merkbar besser, trotz der geringeren Größe des Markers in den Testläufen. Danach wurde das Modell überarbeitet und um einige Elemente ergänzt. So wurde eine rund 3x3 Meter große Einfriedung („Baumscheibe“) in 3D modelliert und zur Darstellung hinzugefügt und danach in der UE mit Texturen versehen und durch dekorative Elemente wie Gräser und Steinen ergänzt, die über den Online-Texturen-Service „Quixel“ bezogen wurden und für die Nutzung in der UE kostenlos sind. (Quixel, 2019) Vor der Anwendung im Straßenraum (siehe Folgekapitel) des Prototyps musste außerdem die Skalierung des Modells entsprechend dem Marker, der auf Papier gedruckt rund 26x26cm groß war, angepasst werden.



Abb. 77: Finales Modell in der UE: Skaliert und ausgerichtet (eigener Screenshot)

Zeitaufwand:

Da nur wenig Modellierung von 3D-Daten notwendig war (Modellierung und Texturierung der Baumscheibe und Optimierung der Texturen) und außerdem große Teile der Programmierung aus dem vorangehenden Projekt übernommen wurden, konnte die Umsetzung dieses Praxisbeispiels im Vergleich mit der zuvor vorgestellten Umsetzung entsprechend zeiteffizienter durchgeführt werden (Tabelle 3).

Kompilierungsprozesse sind nicht in der Auflistung inkludiert, und der reale Aufwand war durch die Dokumentation der Arbeitsschritte höher.

	<i>Beschreibung</i>	<i>Stunden</i>
Vorbereitung	Installation und Einrichtung der SDK-Entwicklungsumgebung in Unreal	3
3D-Modellierung & Texturierung	Datenbezug und Aufbereitung/ Erstellung des 3D-Modells, Anpassung von Texturen	~3
AR-Entwicklung	Erstellen der AR-App in Unreal	6
	Bugfixing und Optimierung	3
		16

Tabelle 3: Zeitaufwand in der Erstellung der AR-Trees-App (eigene Darstellung)

6.5 Projektergebnisse, Kritik und Entwicklungschancen

6.5.1 AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan

Nach der Installation über USB wird die App am Smartphone regulär aufgerufen. Der/die NutzerIn wird zunächst von einem Startbildschirm begrüßt (Abb. 78), danach wird der VST-AR-Kamera-Stream gestartet. Durch Überlagerung des Kamerabildes wird der/die UserIn aufgefordert, die Kamera auf den Plan zu richten, um das 3D-Modell anzuzeigen. Wenn dem Folge geleistet wird, werden das 3D-Modell des Planungsgebietes und die in Blau eingezeichneten Änderungen, die der Plan vorschlägt, angezeigt. Durch Bewegen des Smartphones oder des Plans kann das Modell aus verschiedenen Perspektiven, aus weiter wie kurzer Distanz betrachtet werden (Abb. 79 und Abb. 80).

Das 3D-Modell überlagert das gedruckte Plandokument in der korrekten Größe (angepasst an die Größe des Plans) und auch bei Anzeige des Markers am Computerbildschirm oder auf anderen Smartphones funktionierte die Projektion und Skalierung des Modells. Die Navigation kann auch durch Bewegen des Markers erfolgen, dabei reagiert das Tracking teils empfindlich auf Wölbungen bzw. Unebenheiten des Plans, trotzdem konnten auch hier gute Ergebnisse erzielt werden. Die Umsetzung der App konnte auf mehreren Android-Geräten erfolgreich getestet werden. Die möglichen Auswirkungen des Plans werden sofort in 3D angezeigt und so weniger abstrakt dargestellt als im Plandokument. Dies konnte – bedingt durch die Pandemie – nur mit 3 fachfremden Personen überprüft werden.

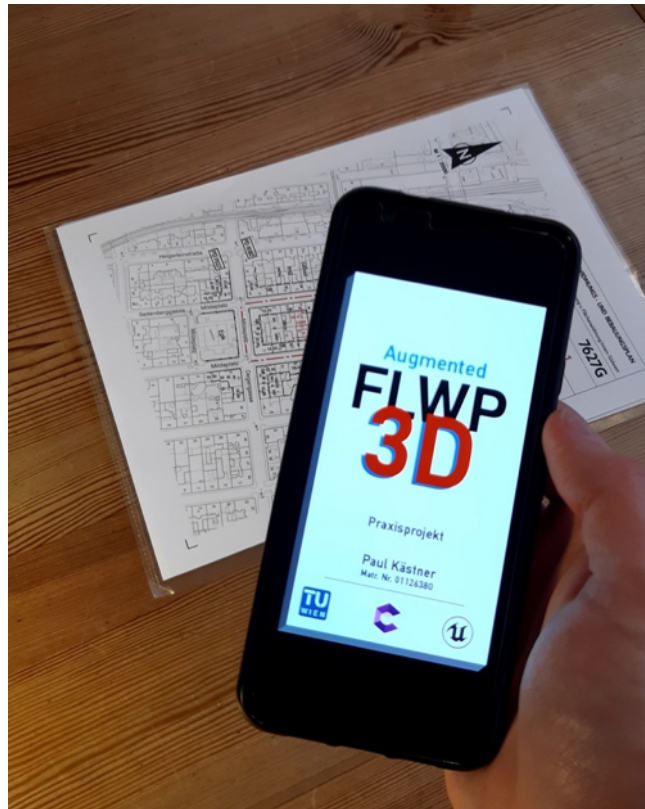


Abb. 78: Ladebildschirm der App (eigenes Foto)

Die optische Bewertung stellt *nur einen Aspekt* in der Bewilligung der Ausnahmen dar. Für andere Aspekte der Beurteilung der Ausnahmen (z.B. Überprüfung der Zweckmäßigkeit nach § 69 Abs. 2, Z 1 BO) eines Projekts ist die Beschreibung/Darstellung mit Text oder Plan dienlicher, da manche relevanten Informationen aus einer graphischen Darstellung (seien sie zwei- oder dreidimensional) nicht oder nur mit erheblichem Mehraufwand hervorgehen.

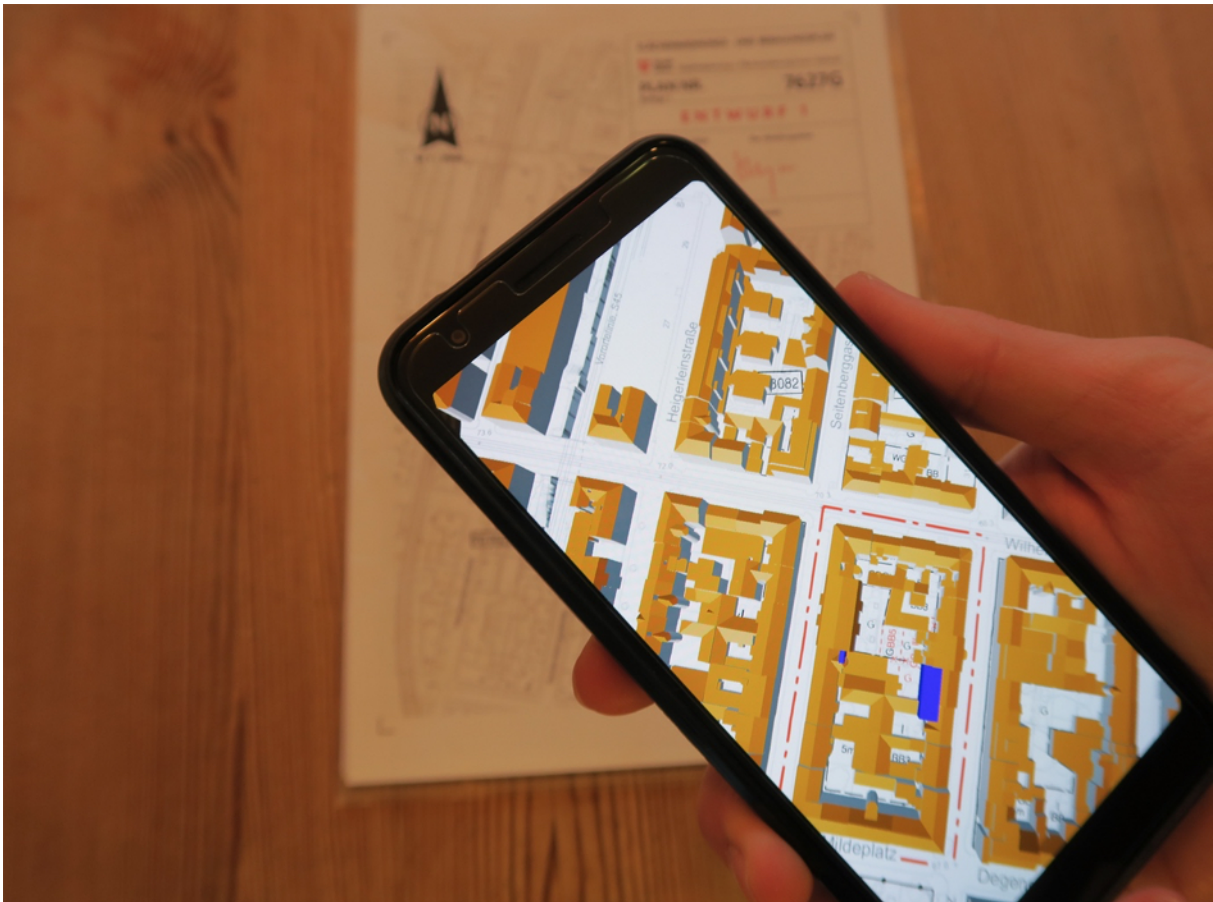


Abb. 79: VST-AR-App Im Einsatz (eigenes Foto)

Trotz der anfangs abschreckenden Erkenntnis, dass sich Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungspläne nur eingeschränkt als AR-Marker eignen, konnte das Plandokument weitestgehend problemlos um die 3D-Darstellung erweitert werden. Die Anpassung der 3D-Darstellung erfolgt durchgehend mit geringer Latenz. Für die vorhandene Latenz ist die automatisch integrierte, digitale Bildstabilisierung verantwortlich, die für eine flüssige Darstellung der Inhalte sorgt.

Neben dem Einlernen in die Engine und in das „Blueprint“-System sowie die notwendigen Funktionen bzw. Elemente der Engine vorab, lag der größte Aufwand in der Modellierung des Planungsgebietes, sowie der nachträglich notwendigen Korrektur der 3D-Objekte. Dieser Prozess muss aus heutiger Sicht für jeden zu visualisierenden Planausschnitt neu abgearbeitet werden. Damit die App auch für andere Planungsgebiete bzw. Plandokumente genutzt werden kann, müssen 3D-Modellierung des Planungsgebietes und Skalierung, Integration der Planauswirkungen sowie der Marker bzw. das Referenzbild für den Marker angepasst werden, die AR-Programmierung kann weiter genutzt werden. Dabei können mittels der ARCore-Entwicklungsumgebung theoretisch bis zu 1.000 verschiedene Bilder augmentiert werden (Google, 2020b), was Möglichkeiten für eine gemeinsame, fortlaufend aktualisierte Applikation für jeweils aktuelle Wiener Planungen eröffnet.

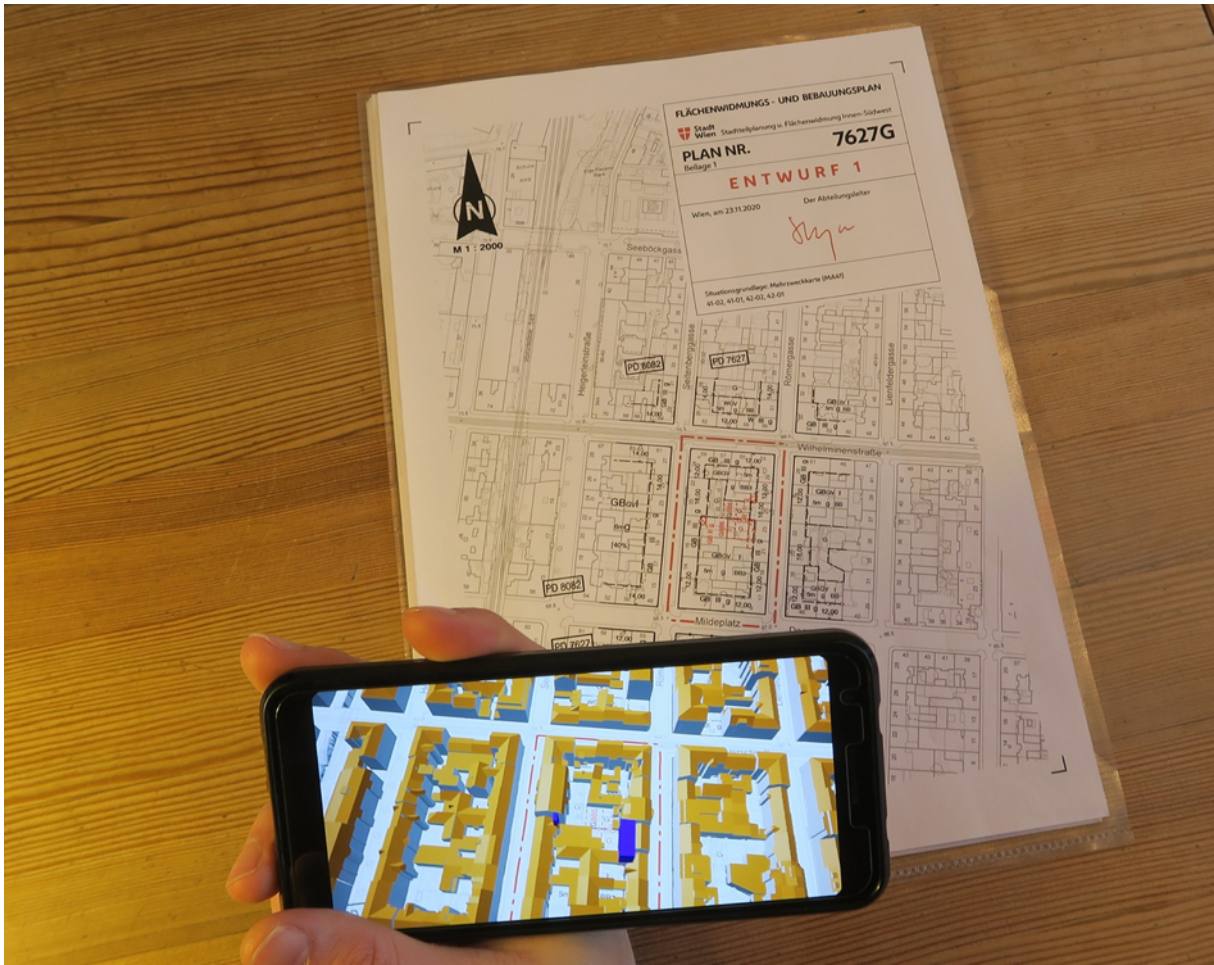


Abb. 80: VST-AR-Darstellung im Einsatz (eigenes Foto)

Durch die Praxisumsetzung wurde auch Licht auf Herausforderungen geworfen, die einerseits auf die Grenzen der eingesetzten AR-Technik, andererseits auf den methodischen Zugang zurückgeführt werden können. Nach Bewegungen, bei denen in sehr flachen Winkeln nur ein kleiner Teil des Markers für die Kamera des Smartphones sichtbar ist, wird in einzelnen Fällen die Position des Markers falsch interpretiert und das Modell entsprechend falsch platziert. Dies kann durch erneutes Anvisieren des Markers unkompliziert korrigiert werden. Dies ist auf jene Herausforderung zurückzuführen, dass sich Wiener Plandokumente nur schlecht als AR-Marker eignen. Dieses Problem kann durch die Nutzung eines anderen Markers behoben werden, was jedoch der Zielsetzung der AR-Erweiterung des Plans widerspricht.

Chancen der Weiterentwicklung

In der Folge werden Vorschläge und konzipierte Weiterentwicklungen der AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan-App beschrieben, die im Zuge der Diplomarbeit nicht umgesetzt werden konnten. In der angedachten Weiterentwicklung der App wird der Leistungsumfang um Menüführung und Funktionen erweitert. So können zusätzlich der zugehörige und in physischer Form meist beiliegende oder angeheftete Antragsentwurf, Erläuterungsberichte und gegebenenfalls Stellungnahmen sowie eine Zeichenerklärung zur Interpretation des physisch vorliegenden Dokuments in der App aufgerufen werden. So kann der Plan vollständig digital gelesen und interpretiert werden. Sofern „besondere Bedingungen“ (BB) für eine Fläche festgelegt wurden, können diese, zusätzlich zur Erläuterung im Plantext, auch durch Tippen auf die Icons in der 3D-Plandarstellung angezeigt werden. Auf der Startseite soll eine Übersicht über aktuell laufende Verfahren angezeigt werden und jeweils ein 3D-Modell der jeweiligen Planungsgebiete abrufbar sein. Dieses Modell stellt die räumlichen Ausprägungen des Geplanten dar und kann in 3D betrachtet, in VST-AR auf Flächen projiziert, oder mit dem Plan als Grundlage in AR betrachtet werden.

Angewandt auf Wiener Verfahrensschritte wäre zum Beispiel eine ähnliche Darstellung mittels AR denkbar, die die Unterschiede zwischen den Entwürfen oder zum Beispiel zwischen Gründruck (magistratsinterner Vorentwurf) und Rotdruck (Entwurf für die Abänderung oder Festsetzung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans) illustriert und PolitikerInnen und Parteien im Planverfahren während der öffentlichen Auflage die Änderungen verdeutlicht.

Eine Möglichkeit, der zuvor genannten Herausforderung im Tracking zu begegnen, ist es, den Plankopf grafisch so auszuführen, dass dieser als Marker und Anker für die AR-Projektion genutzt werden kann. So kann kurzfristig und bei gleichbleibenden Planzeichen die VST-AR-Tauglichkeit der Dokumente verbessert werden.

Es ist denkbar, dass das physische Plandokument zukünftig nicht mehr benötigt wird oder nur ergänzende Basis für die AR-Darstellung ist und viel Inhalte ausschließlich digital verbreitet werden. Die Pläne und Modelle können auf freie Flächen projiziert und betrachtet werden, in 3D wie in 2D. Auch die Interfaces, die wir zur Betrachtung nutzen, werden sich mit der Technologieentwicklung verändern. Eventuell besitzt und nutzt in Zukunft, vergleichbar mit der Verfügbarkeit von Smartphones heutzutage, ein großer Teil der Bevölkerung AR bzw. MR-Brillen oder gar MR-Kontaktlinsen. Im Zusammenspiel mit entsprechend umgesetzten Steuerungsmöglichkeiten bietet es sich dann an, auf analoge Grundlagen der Planvisualisierung vollständig zu verzichten und die Planauswirkungen möglicherweise ausschließlich im virtuellen 3D-Raum und vor Ort im Planungsgebiet darzustellen.

Wie diese Weiterentwicklung der App aussehen kann und aufgebaut sein kann, ist auf der Folgeseite in Abb. 81 dargestellt.

Startseite

...mit Link zur AR-Umgebung

Auflistung der aktuell aufliegenden Pläne und Verfahren zur frei platzierbaren 3D-VST-AR-Visualisierung



Das Plandokument



AR-Ansicht

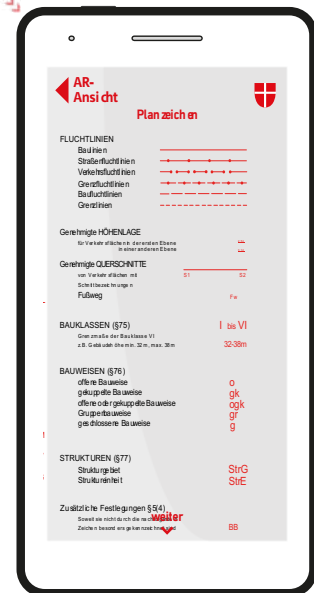
AR-Darstellung des gescannten oder aus der Liste ausgewählten Plans, als Image-Tracking-VST-AR oder frei auf Oberflächen platzierbares 3D-VST-AR-Modell

Abb. 81: Mock-Up/Konzept: Chancen zur Weiterentwicklung und Erweiterung des Funktionsumfangs der App (eigene Darstellung)



Textliche Informationen

Implementation der zugehörigen Dokumente wie Erläuterungsbericht, Stellungnahmen, Antragsentwurf, je nach Parteienstellung oder Funktion Möglichkeit der Einreichung von Stellungnahmen



Planzeichenverordnung

zur vereinfachten Interpretation des Plans und der 3D-Darstellung

6.5.2 Augmented Trees

Wie auch beim zuvor beschriebenen Praxisbeispiel wird die App nach der Kompilierung am PC über USB installiert und regulär am Smartphone aufgerufen. Der/die NutzerIn wird von einem Startbildschirm begrüßt und anschließend der VST-AR-Kamera-Stream gestartet.

Eine Überlagerung des Kamera-Streams fordert dazu auf, den Marker zu scannen (Abb. 83). Dazu muss der Marker temporär rund ein Viertel des Kamerabildes füllen, das Smartphone also relativ nah an den Marker gehalten werden. Sobald der Marker erkannt wird, beginnt die Echtzeit-Projektion des Baumes mit Baumscheibe.

Im Praxistest (Abb. 84 und Abb. 85) funktionierte das Echtzeit-Rendering des 3D-Modells und die Betrachtung aus verschiedenen Winkeln und auch aus großer Distanz mit einem auf DIN-A3 gedruckten Marker problemlos und durchwegs in hohen Frameraten auf mehreren Android-Smartphones.

Einige Herausforderungen konnten während der Tests ermittelt werden: Bei flachen Blickwinkeln und Distanzen von über 10 Metern zum Marker traten vereinzelt Fehler auf, die dazu führten, dass die Position minimal von der des Markers abwich. Dies konnte mit erneutem Fokussieren des Markers behoben werden.

Teils nicht optimal funktionierte das Erfassen und Anpassen der Helligkeit des VST-Video-Stream am Smartphone. Bei Szenen mit großen Helligkeits-Unterschieden in der Belichtung werden dunkle Stellen sehr dunkel dargestellt. In der offiziellen Dokumentation gibt es keine Informationen diesbezüglich und die Problematik wird auch in den Online-Foren zur UE diskutiert. Mehrere derartig ermittelte Lösungsvorschläge brachten eine geringfügige Verbesserung. Ersichtlich ist diese (anzunehmenderweise technisch in der Programmierung zu lösende) Herausforderung in den Bildern der Praxisdokumentation, wobei der Effekt durch das spiegelnde Display zusätzlich verstärkt wurde (Abb. 84 und Abb. 85).



Abb. 82: Startbildschirm AR-Trees-App



Abb. 83: Overlay/Widget nach dem Start des VST-Kamerastream (eigener Screenshot)



Abb. 84: AR-Trees - Bildschirmansicht
(eigener Screenshot)

Der Prototyp der AR-Trees App konnte trotz der genannten Schwierigkeiten erfolgreich getestet werden, die Überlagerung der Realität erfolgte in hohen Frameraten, der Marker wurde schnell erkannt und auch wenn der Marker für die Kamera nicht sichtbar war, wurde die Projektion des Baumes korrekt dargestellt (zum Beispiel beim Blick nach oben). Als nicht-technische Diskussionsgrundlage kann das AR-Tool bei Begrünung und Straßenraum-Umgestaltung unterstützend genutzt werden und hat das Potenzial, einen neuartigen, realitätsnahen Eindruck von Geplantem zu geben. Es können Chancen der Stadtbegrünung aufgezeigt werden und möglicherweise auch Akzeptanz oder Verlangen nach Begrünung im urbanen Raum gestärkt werden.

Über den präsentierten Funktionsumfang hinaus wurden im Erarbeitungsprozess und während der Testläufe Chancen und Verbesserungsvorschläge ermittelt

bzw. gesammelt, die nicht umgesetzt werden konnten. Diese werden anschließend beschrieben und skizziert.



Abb. 85: AR-Trees im Einsatz (eigenes Foto)

Chancen der Weiterentwicklung

Die Chancen der Weiterentwicklung werden schriftlich und mittels Grafiken bzw. Bildern dargestellt und zusammen mit einem Ausblick auf Anwendungsfälle präsentiert.

Die Weiterentwicklung der App soll mehrere verschiedene Modelle von Bäumen, Büschen und Stadtmöbeln unterstützen bzw. beinhalten. Die Funktion soll um Flächenerkennung erweitert werden, je nach Anwendungsfall kann entweder anhand eines Markers, durch Tippen auf den Bildschirm oder durch die Nutzung unterschiedlicher Marker, das oder die dargestellte(n) Modell(e) gewechselt werden. Auch das Erkennen mehrerer Marker gleichzeitig ist möglich, was zum Beispiel eine Erprobung von Straßenraumumgestaltungen ermöglicht.

Außerdem ist eine Verbesserung der Erfassung und Übertragung der Lichtsituation in bzw. auf das 3D-Modell wünschenswert. Während dies überwiegend ästhetische Gründe hat und beispielsweise mit ARCore in der Unity Engine bereits teilweise umsetzbar ist, ist die Darstellung von realistischen, dynamischen und an die Umgebungssituation angepassten Schatten relevanter, aber auch eine weitaus größere Herausforderung. In der Erstellung von VR-Umgebungen ist dank Hilfsmitteln aus der Gaming-Branche eine Simulation von Schatten

und Lichteffekten sowie auch die Simulation von Witterung und Jahreszeiten mit bereits wenigen Klicks umsetzbar.

Um dies auch in AR zu ermöglichen, liegt die Herausforderung primär in der Erkennung und „Übersetzung“ der Lichtsituation, der Witterung bzw. des Wetters in die virtuelle Welt.

Für die Darstellung eines korrekten Schattens muss, über die Umgebung und die Position und Ausrichtung des Geräts hinaus, das Umgebungslicht, Datum, Uhrzeit und Verdeckungen durch Umgebungsobjekte, erkannt und in die Berechnung miteinbezogen werden, um nur annähernd korrekt aussehende Schatten virtuell werfen zu können. Es ist derzeit kein Tool bekannt, das eine derartige AR-Simulation niederschwellig umsetzbar macht. Interessant für die Planung bzw. Planungsprozesse ist dies vor allem, da die Auswirkungen von Baumkronen auf die Beschattung eines Areals ein wichtiger Faktor und eine Argumentationsgrundlage für Stadtbegrünung sind.

Eine Chance der AR-3D-Echtzeitvisualisierung wie in der erarbeiteten VST-App ist, dass Animationen und interaktive Elemente inkludiert werden können. So kann einer bei der Visualisierung von Pflanzen und Grünflächen omnipräsenten Diskrepanz zwischen Rendering und Realität entgegengewirkt werden. Wie mehrfach im Verlauf dieser Arbeit thematisiert, werden Grünelemente und Bäume oft in unrealistischem Zustand gezeigt. Die Bäume benötigen viele Jahre, gar Jahrzehnte, um den auf Plakaten dargestellten Zustand zu erreichen, auch die Dichte der Baumkrone wird augenscheinlich optisch aufgebessert. (siehe auch 4.4.2 Abstraktion, Darstellung und Realität) Dem begegnet eine konzipierte Weiterentwicklung der AR-Trees-App mit der Möglichkeit der Darstellung von Wachstumsschritten der Begrünung und Bäumen. Die simulierten Wachstumsschritte können anhand einer

Zeitlinie am Bildschirm ausgewählt und vor Ort inspiziert werden. So wird ein realistischer Blick auf die mögliche Zukunft des Planungsgebietes geboten (Abb. 86).

Anbietende Unternehmen von Baum- und Pflanzen-Modellen bieten bereits teilweise derartige „Wachstumsmodelle“ an, auch in Twinmotion kann das Wachstum von Pflanzen (in Schritten) simuliert werden (Abb. 87).



Abb. 86: Mock-Up/Fotomontage App Interface (eigene Darstellung)

Für die Berechnung von solchen detaillierten Bildern in Echtzeit werden aktuell meist leistungsstarke Computer benötigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass mobile Geräte zukünftig ähnliche Leistungen erbringen können und auch die Möglichkeiten der Engines entsprechend erweitert werden.

Eine weitere mögliche Praxisanwendung der Applikation ist das temporäre Anbringen von Markern im Straßenraum. Beispielsweise kann die Aufmerksamkeit mit schrillen Farben auf Hinweistafeln gelenkt werden, in den



Abb. 87: 4 Wachstumsstufen und Jahreszeiten bzw. Witterungen in TwinMotion (eigene Renderings)

Markern integrierte QR-Codes verlinken auf die Anwendung und die Möglichkeit der AR-Darstellung. Zusätzlich wird textlich darauf hingewiesen. So kann indirekt im Stadtraum auf Planungen oder Änderungsvorschläge hingewiesen werden.

Betrachtet durch das Smartphone wird dargestellt, wie der Raum begrünt oder umgestaltet aussehen kann. So kann die App einerseits für digitale Interventionen zum Aufzeigen von Potenzial, andererseits auch zur Visualisierung von konkreten Planungen im Raum genutzt werden. Die Ausstellung geplanter Bäume, Bepflanzungen und Stadtmöbel ist somit mittels Smartphone-VST-AR niederschwellig vor Ort im Planungsgebiet möglich.

Weiters kann das Tool auch partizipativ genutzt werden, einerseits wenn beispielsweise eine Bewertungsfunktion integriert wird, andererseits wenn anknüpfend Befragungen durchgeführt werden. Bei betreuten Veranstaltungen können Marker und gegebenenfalls AR-Geräte zur Verfügung gestellt werden. Die Testpersonen können dann ihre Vorschläge direkt durch Platzieren der entsprechenden Marker im Raum erproben.

6.6 Fazit: Praxisprojekte

AR- und VR-Hardware, die um die 2000er Jahre und davor nur einer exklusiven Community von Forschenden zur Verfügung stand, ist aktuell bereits in einigen Einsteigermodellen von Smartphones inkludiert und damit einer breiten Masse zugänglich (z.B. Google Maps AR). AR-Anwendungen, die noch Anfang der 2000er Jahre utopisch erschienen, als Ideen genannt wurden, in den 2010 konkreter formuliert als Mock-Ups (Broschart/ Zeile, 2013:116f.) oder prototypisch von ExpertInnen realisiert werden konnten, können heute, wie im Fall des Praxisbeispiels zum Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, von einem Studenten im Rahmen einer Teilleistung einer Diplomarbeit erfolgreich umgesetzt werden.

Um 3D-Darstellungen erweiterte Flächenwidmungspläne können, eingesetzt in der Praxis, dazu beitragen, Beschlüsse über Widmungsentscheidungen in den zuständigen Gremien transparenter zu treffen und das Vermitteln der Planinhalte durch reduzierte Abstraktion der Inhalte zu vereinfachen. Von Testpersonen ohne oder mit nur wenig Vorerfahrung konnten die dargestellten räumlichen Auswirkungen des Planes binnen kürzester Zeit erkannt werden, anders als im ebenfalls vorliegenden, zuerst präsentierten Plan. Entsprechend kann in Aussicht gestellt werden, dass eine derartige Darstellung das Verständnis gegenüber der Plandarstellung vereinfacht.

Es konnte gezeigt werden, dass die 3D-Modellierung des Projektgebietes einen großen Teil des Arbeitsaufwandes darstellt. Dies unterstützt das Plädoyer für ein effektiv nutzbares, aktuelles, frei verfügbares 3D-Stadtmodell. Zur Zeit ist die Zusammenstellung und Modellierung der bebauten Umgebung ein arbeitsintensiver Teil von 3D-Visualisierungen, der jedoch durch Mehrfachverwendung in unterschiedlichen Projektstufen bzw. -phasen relativiert werden kann.

Es ist es wichtig, erneut zu betonen, dass derartige 3D-AR-Darstellungen derzeit nur einen Teil der Tiefe der Informationen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes beinhalten und somit vorläufig die Entscheidungsgrundlagen nur ergänzen können. Wie im Abschnitt der Weiterentwicklungschancen beschrieben, ist es auch denkbar, dass die Pläne und zugehörigen Dokumente zukünftig nur digital – wie zum Beispiel in der skizzierten App-Umsetzung dargestellt - publiziert werden.

Mit dem Prototyp „AR-Trees“ und den Chancen für die Weiterentwicklung der App konnte gezeigt werden, dass die Entwicklung einer VST-AR-App, um Grünelemente im Stadtraum markerbasiert darstellen zu können, auch RaumplanerInnen möglich ist. Diese und ähnliche Apps können akzeptanzfördernd und Chancen aufzeigend in der Visualisierung genutzt werden. Weiters wurden zusätzliche zukünftige Anwendungsmöglichkeiten und Entwicklungschancen skizziert.

Vor allem dem Potenzial der Simulation von Pflanzenwachstum bzw. der Darstellung von unterschiedlichen Wachstumsstufen der Flora wird große Bedeutung zugeschrieben. Weitere Chancen einer derartigen App liegen vor allem in der Darstellung eines korrekten Schattenwurfes sowie der Weiterentwicklung und Implementierung als Visualisierungstool, das eine Betrachtung von Planungen vor Ort und – mit Ausnahme der Notwendigkeit eines Smartphones – niederschwellig verfügbar macht.

Bei beiden Applikationen konnte in Tests festgestellt werden, dass eindeutige Instruktionen am Bildschirm notwendig sind, um die Nutzung der App für fachfremde Personen, die noch keinen Kontakt mit AR-Applikationen hatten, unkompliziert zu gestalten. Um dem zu begegnen wurde in das Overlay, welches nach dem Start der App eingeblendet wird, zusätzlich zum Text eine Miniatur des anzuvisierenden Markers inkludiert (Abb. 83). Das Erstellen von grundlegenden VST-AR-Apps im Image-Tracking Verfahren mit der UE ist, mit einigen Hürden, für Personen mit Vorerfahrung bzw. Kenntnissen fachspezifischer Software durchaus machbar. In der Vorbereitung der Umsetzung erwies sich besonders das Erlernen der Tools als aufwendig, insbesondere weil die AR-Entwicklung nur teilweise dokumentiert ist, in Unreal fällt die Dokumentation noch knapper aus. Entsprechend dem Trend ubiquitärer Verfügbarkeit von Wissen (Höffken/ Streich, 2015:37) sind Informationen über die Erarbeitungen abrufbar und (fragmentiert) vorhanden, an die korrekte bzw. passende Informationen zu gelangen, ist jedoch die zeitlich größere Herausforderung. Es ist davon auszugehen, dass mit steigender Erfahrung in der Arbeit mit der UE der Zeitaufwand für die Umsetzung ähnlicher Projekte reduziert werden kann, so wie der hier dokumentierte Zeitaufwand gegenüber den ersten Versuchen stark reduziert werden konnte.

Außerdem zeigte sich in der Erarbeitung Bedarf an aktuellen, programmübergreifenden Standards und Normen der AR-Implementation, um unter anderem die Bereitstellung auf mehreren Betriebssystemen zu vereinfachen. So wurde das speziell auf die UE zugeschnittene Software-Entwicklungspaket („ARtoolkit for Unreal“) zuletzt 2019 aktualisiert.

Es sind jedenfalls Vorerfahrung in der Arbeit mit 3D-Modellen und Einarbeitungszeit in die Entwicklungsumgebung sowie grundlegendes Verständnis notwendig, um Umsetzungen, wie sie gezeigt wurden, zu erarbeiten. Mit einschlägig Fachkundigen und/oder entsprechendem zeitlichen Engagement können die prototypisch erstellten Applikationen weiterentwickelt werden. Entsprechende Vorschläge wurden im vorangehenden Abschnitt textlich und graphisch illustriert dargelegt.

7 Diskussion und weiterführende Fragen

Mit dieser Arbeit wurde ein Überblick über die aktuellen Gegebenheiten betreffend urbaner Planung mit AR und VR anhand von praktischen Anwendungsmöglichkeiten erarbeitet, was einige vorab unterschätzte Herausforderungen mit sich brachte. Es stellte sich besonders die Abgrenzung zu Inhalten der Medieninformatik und sinnvolle, gleichwertige Abstraktion dieser Inhalte, in denen der Autor schnell auch an seine fachlichen Grenzen stieß, als äußerst komplizierte und komplexe Aufgabe heraus.

Zusätzlich sollte die konkrete Anwendbarkeit der Chancen gegeben sein, was eine intensive Auseinandersetzung mit (in Wien stattfindenden) Prozessen und Rahmenbedingungen verlangte. Nebenbei galt es, der Problematik der euphorischen Berichterstattung aus den frühen 2010er Jahren zu begegnen und die damals aufgestellten Prognosen für die Einsatzmöglichkeiten der Technologien zu berücksichtigen, aber entsprechend ihrer wissenschaftlichen Dokumentation und Plausibilität insgesamt einzuordnen.

Es zeigte sich außerdem interdisziplinärer Forschungsbedarf, insbesondere mit der Medieninformatik und Informatik, betreffend der empirischen Wirksamkeit der Methoden und der Terminologie sowie Abgrenzung der Begrifflichkeiten.

Da ein großer Teil der Forschung über die AR- und VR-Technologien nicht in der Planung oder in planungsnahen Disziplinen stattfindet, die Erkenntnisse aus diesen fachfremden Publikationen jedoch teils auch für die raumplanerische Nutzung relevant sind, war die Abgrenzung der Materie eine zentrale Herausforderung. Damit verbunden muss auch die teils schnelle und sprunghafte Entwicklung der Branche genannt werden. Um dem zu begegnen, wurde eine überwiegend theoretische Herangehensweise sowie die Formulierung der Chancen anhand von praktischen Anwendungsfällen gewählt, wodurch großes Potenzial für die aktuelle Raumplanung ermittelt werden konnte, welches sich durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit tragbarer Geräte, der Vernetzung des IOT (Internet of things) und leistungsfähigen und schnellen Datenverbindungen wie 5G voraussichtlich weiter steigern wird.

Durch den überblickgebenden Charakter der Arbeit und das breite Themenspektrum der AR und VR konnten teils interessante Ideen und Herangehensweisen nicht weiterverfolgt werden, die möglicherweise in anderen wissenschaftlichen Arbeiten beantwortet/bearbeitet werden können. Bei vielen der aufgeworfenen Fragen ist eine fachliche Zuordnung nicht eindeutig möglich. Die Themen befinden sie sich oft in einem Schnittfeld zwischen Planung und Architektur mit Fachbereichen der (Medien-)Informatik.

In erster Linie betrifft das, wie auch schon in anderen wissenschaftlichen Arbeiten wie Leimer (2019) erwähnt, den empirischen Forschungsbedarf der Wirksamkeit bzw. Wirkung von AR- und VR-Tools in Planungsprozessen bzw. die Untersuchungen anhand von Praxisanwendungen. Wenn planerische Prozesse, mit AR oder VR unterstützt, stattfinden und begleitend entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden, kann man sich der empirischen Wirkung der Tools wissenschaftlich nähern. Für diese Arbeit wäre eine Untersuchung der Wirkung der beiden entwickelten Apps auf Testpersonen denkbar, die aber im gegebenen Rahmen nicht zusätzlich durchführbar war. AR-Anwendungen im Allgemeinen und zur Sichtbarmachung von kulturellem Erbe oder Verborgenen in der Stadt bieten viel Potenzial für planerisch-historische Auseinandersetzungen mit dem Raum oder Sichtbarmachung von beispielsweise verklebten Gewässern unterhalb des Stadtgebietes oder alten Bebauungsformen.

Die Thematik der 3D-Stadtmodelle, deren Verfügbarkeit, notwendiger Detailgrad und besonders Möglichkeiten des Crowdsourcing derartiger Daten mittels Mobilgeräten wie Smartphones bieten Raum für spezialisierte Forschung. Damit indirekt verbunden sind auch Fragen des Datenschutzes. Hier zeigte sich, dass AR- und VR-Technologien in der Entwicklung sind. Die Weichen dafür, wie sie zukünftig in und außerhalb von Planungsabläufen genutzt werden können und dürfen, werden in den kommenden Jahren gestellt.

Generell wurden, wie im Kapitel 4.4.2 Abstraktion, Darstellung und Realität beleuchtet, eine große Zahl an Möglichkeiten zur Manipulation der Betrachtenden durch unterschiedliche Methoden, in etablierten wie in neuartigen Visualisierungsmethoden wie mit AR und VR, ermittelt, mit denen es im Planungsalltag im Interesse möglichst evidenzbasierter Politik und möglichst nicht voreingenommener Beteiligung umzugehen gilt.

Nahe an diesem Themenbereich fand sich auch eine Fragestellung im Schnittfeld Medieninformatik und Planung bzw. Architektur, die nicht beantwortet werden konnte: Ab wann eine 3D-Darstellung *zu detailliert* ist, so möglicherweise von relevanten Details ablenkt und ob diese „Grenze“ überhaupt definierbar, oder individuell, abhängig von der Person deren Vorerfahrung und der Projektart ist. Besonders in den Experimenten mit TwinMotion als niederschwelliges Tool für fotorealistische Visualisierung von Architektur- und Planungsprojekten wurden Fragen aufgeworfen, ob ein derart hoher Detailgrad in Visualisierungen betreffend Texturen, Materialien, Belichtungen und Wetter, wie er mit diesen neuen Tools niederschwellig umsetzbar ist, aus planerischer Sicht anzustreben ist bzw. einen Mehrwert darstellt.

8 Ausblick & Empfehlungen

Während AR und VR international schon in der Raumplanung zum Einsatz kommen, finden sie im Studium (noch) keine oder nur oberflächlich und in vereinzelt Wahl-fächern Erwähnung. Dies stellt auch eine ursprüngliche Motivation für diese Arbeit dar. Auch 3D-Planung bzw. Echtzeitplanung – als Vorbedingung und Vorleistung – findet im Studium an der TU Wien bis jetzt nur in Wahl-fächern statt.

Technisch ist zunächst zu erwähnen, dass trotz der weiten Verbreitung von AR-fähigen Geräten wie Smartphones und Tablets und „Mixed Reality“ Geräten wie AR-Datenbrillen von Apple und Microsoft im Zusammenspiel mit neuartigen Interfaces zur Steuerung in VR (z.B. Fingertracking) nicht klar ist, ob sich AR- und VR-Geräte und -Anwendungen abseits von spezialisierten Märkten durchsetzen werden. Entsprechend der Abbildung der Technologien in Gartners Hype Cycle wird sich in den kommenden Jahren zeigen, ob die Devices in den Massen- oder nur in Nischenmärkten angenommen werden. Es ist denkbar, dass Menschen in Zukunft mit AR-Kontaktlinsen Informationen direkt ins Sichtfeld eingeblendet bekommen und zusätzliche Geräte wie Smartphones überflüssig werden. Während ein derartiges Szenario jedoch wilde Spekulation ist (und viele Fragen in Bezug auf Datenschutz und die Möglichkeiten der Manipulation aufwirft), ist jedenfalls ein Trend zu tragbaren AR-, VR- und MR-Geräten erkennbar. In den vergangenen Jahren konnten rasante Entwicklungen dieser beobachtet werden.

Die Überprüfung von Bauplänen und die Besichtigung von Visionen, Bauwerken und Planungen vor Baubeginn stellen die zentralen Möglichkeiten für VR dar, die im Zusammenspiel mit Techniken des Eye-Tracking und bereits prototypisch umgesetzten Analysetools wie der Aufzeichnung von Blicken und in der VR-Umgebung zurückgelegten Wege darüber hinaus zusätzliche Informationen generieren können.

Aktuelle VR-HMDs bieten ein Erlebnis, das EndkonsumentInnen vor rund zehn Jahren mehrere zehntausend Dollar gekostet hätte. (Weber, 2017) Auch wenn die Interfaces entsprechend zugänglicher wurden, werden hochwertige HMDs noch immer überwiegend an Unternehmen verkauft. CAVE-Umgebungen verlieren voraussichtlich mit der Steigerung der Leistungsfähigkeit von VR-HMDs an Bedeutung, da sie aufwendiger und kostenintensiver in der Einrichtung und Implementierung sind.

Eine aufkommende Thematik im Schnittfeld von AR mit unter anderem der Raumplanung ist die AR-Cloud, eine digitale 3D-Punktwolke, die es ermöglicht, Objekte zu annotieren bzw. augmentieren - sozusagen der digitale Zwilling der realen Welt. (Gartner in: skarredghost, 2019) So würden dynamische Stadtpläne in AR ermöglicht, die unterschiedliche informationsebenen direkt im Raum visualisieren können – dazu wird auch 5G als

Mobilfunkstandard mit hohen Bandbreiten und niedriger Latenz beitragen. (Gartner in: skarredghost, 2019) Schon heute wird diese Methode in „Google Maps AR“ angewendet. Diese ermöglicht der Software zum Beispiel Silhouetten von Gebäuden zu erkennen. Um die 3D-Umgebung (als Punktwolke) texturiert in 3D zu erfassen, wird teils bereits nur noch ein Smartphone benötigt. Einige High-End Smartphones wie das Apple iPhone 12 Pro haben LiDAR-Tiefensensoren verbaut, die das digitale Erkennen von Oberflächenbeschaffenheit und Verdeckungen von Objekten ermöglichen bzw. stark verbessern. (Stein, 2021)

Diese Sensoren wurden bis vor kurzem beispielsweise von Helikoptern aus benutzt, um 3D-Laserscans zur Erstellung von Stadtmodellen durchzuführen, jetzt können sie in Smartphones genutzt werden und ermöglichen es, die Umgebung als dreidimensionale, texturierte und georeferenzierte Modelle zu erfassen, die dann in ARCGis Pro betrachtet werden können (Abb. 88). Damit können mit entsprechendem Aufwand 3D-(Stadt-)Modelle selbstständig erstellt werden und zukünftig möglicherweise sogar Stadtmodelle mit Mitteln des Crowd-Sourcing erstellt oder aktuell gehalten werden.

Die Sensoren können auch bei einer der zentralen Herausforderungen für AR-Umsetzungen wie der realistisch wirkenden Verdeckung virtueller Inhalte durch reale Objekte unterstützen. (Broll in: Dörner et al., 2013:263f.) So wird mit einer weiteren Verbreitung von Geräten mit derartigen Sensoren die (optische) Interaktion digitaler Inhalte mit analogen stark verbessert werden.



Abb. 88: LIDAR Scan in ArcGIS (Hartley, 2020)

Sogenannte „Cloud Anchors“ erlauben es mehreren Nutzenden in ihrer App virtuelle Objekte zu einer AR-Szene hinzuzufügen. Die Positionen der virtuellen Objekte werden auf Google Server übertragen und können dann gleichzeitig, von verschiedenen Positionen in einem gemeinsamen physischen Raum betrachtet werden, auch Interaktion mit dem Modell ist möglich. (Google, 2021b) Es ist weiter ein Trend zu sogenannten Mixed-Reality-Devices, die eine Mischung aus VR, AV und AR ermöglichen, zu erkennen. Auch Kontaktlinsen, die eine „Erweiterung“ der Realität ermöglichen sollen, befinden sich, wie bereits erwähnt, in Entwicklung. (Virtual Dimension Center, 2020a) Die in dieser Arbeit beschriebenen und behandelten technologischen Entwicklungen und damit verbundene Chancen der AR- VR- und MR-Nutzung können nicht nur effizienz- und transparenzsteigernd wirken, sondern

werfen besonders Fragen des Datenschutzes auf und lassen auch Raum für unliebsame Zukunftsvisionen. An dieser Stelle sei auf Keiichi Matsudas Kurzfilm „HYPER-REALITY“ verwiesen: Er zeigt eine dystopische, provokante und äußerst farbenfroh inszenierte Vision der Zukunft, in der die vollständige Umgebung der Menschen permanent um unzählige Informationen erweitert wird und Technologie jeden Aspekt des Lebens umhüllt. (Masuda, 2016)

Ob es zukünftig zu ähnlich Szenen kommen wird, wird sich zeigen und hat nur bedingt mit der planerischen Nutzung zu tun. Der Film verbildlicht jedoch Potenziale und Risiken, die es bei einer stärkeren Verflechtung der

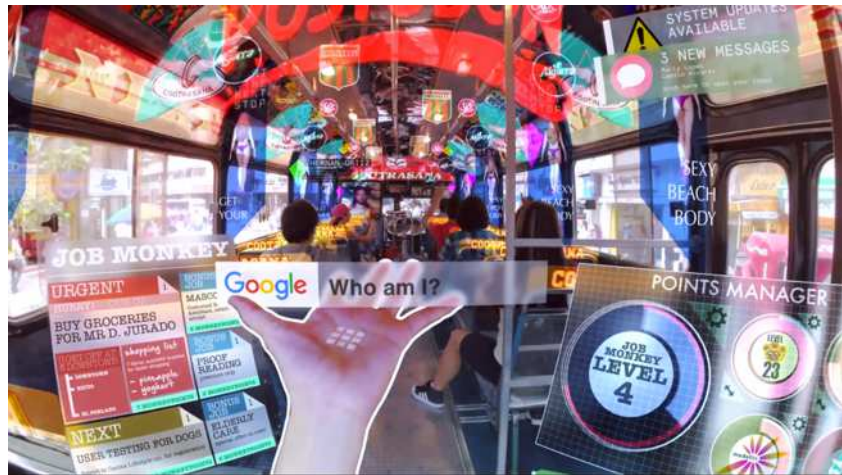


Abb. 89: HYPER-REALITY, Screenshot (Vimeo/Masuda, 2016)

Realität mit der Virtualität zu bedenken gibt. In der Realität ist noch nicht klar, wann und ob sich für den Massenmarkt taugliche „Wearables“ wie Datenbrillen und Kontaktlinsen durchsetzen können, die eine Dystopie wie in Masudas Film erst ermöglichen. Dabei könnte der aktuell noch vorhandene AR-Hype auch destruktiv wirken, da bei Nicht-Erfüllung der Erwartungen das öffentliche Vertrauen in die Technologie geschwächt würde. (Bezmalinovic, 2021)

Seit der Jahrtausendwende konnten besonders in der Qualität virtueller und 3D-Inhalte immense Verbesserungen erreicht werden. Auf Seiten der Datenverfügbarkeit, der Datenkompatibilität sowie Bedienungsfreundlichkeit der Tools, um AR- und VR-Anwendungen zu entwickeln, ist noch viel zu tun, um die Technologien auch im Planungsalltag und abseits von hochspezialisierten und hochtechnischen Berufen in der Praxis ankommen zu lassen. Die Herausforderung der Datenkompatibilität und Fragmentierung der AR-, MR- und VR-Entwicklungsumgebungen führte zum Beispiel dazu, dass viele Applikationen, die in und für diese Arbeit untersucht wurden, nur auf bestimmten Betriebssystemen oder mit Geräten bestimmter Hersteller funktionierten.

Der Standard OpenXR soll zukünftig als Schnittstelle für Entwickelnde dienen, denen dadurch die Veröffentlichung auf verschiedenen Plattformen und Interfaces verschiedener anbietender Firmen ohne notwendige Anpassungen im Code ermöglicht wird. Dadurch soll die Bereitstellung für verschiedene Geräte einfacher sowie die Kompatibilität im Allgemeinen verbessert werden. (Khronos Group, 2019)

Dies ist im Sinne der planerischen Nutzung von MR ein wichtiger Faktor für die (nicht exkludierende) AR- und VR-Nutzung in Planungsprozessen, was eine Kompatibilität mit möglichst vielen Geräten fordert.

Der Open-XR Standard wird mit Stand 1/2021 von vielen namhaften Herstellern mitgetragen, jedoch ist die Implementation des Standards noch nicht weit fortgeschritten.

Viele städtebauliche Visualisierungen, die in 3D geplant werden, können schon heute mit nur geringem zusätzlichem Aufwand in der Aufbereitung auch in 3D visualisiert und in AR oder VR dargestellt werden. In Zukunft können - aufgrund ihrer Flexibilität, Veränderbarkeit und ihres Detailgrades - 3D-Modelle des Stadtraums, dargestellt in VR oder AR, physische Modelle im Planungsprozess möglicherweise vollständig ersetzen. Virtuelle 3D-Modelle können beliebig verändert und angepasst werden, was sie auch für frühe Planungsphasen, wenn noch Änderungen am Projekt zu erwarten sind, einsetzbar macht. Als Anreiz für Projektwerbende, zukünftig 3D-Visualisierungen gegebenenfalls auch in AR oder VR umzusetzen, ist es sinnvoll, geeignete 3D-Datensätze seitens der Gebietskörperschaften zu Verfügung zu stellen, auch um die Vergleichbarkeit der Darstellungen der Bauprojekte zu gewährleisten, was bei einer individuellen Erstellung des Umgebungsmodells nicht gegeben ist.

In BürgerInnenbeteiligungsverfahren, bei Informationsangeboten der Stadt, bzw. von Seiten der projektentwickelnden Unternehmen, werden häufig grafische Darstellungsformen der Projekte oder Entwürfe zur Ansicht bzw. zum Download angeboten. Anstelle von Bilddateien sollten bei derartigen Projekten in Zukunft 3D-Modelle, die auch in AR zu betrachten sind, downloadbar bzw. einsehbar sein, oder gar in VR vorab evaluiert werden können.

Langfristig ist es aus der planerischen Perspektive jedenfalls wünschenswert, die geplanten Objekte in VR in einem 3D-Abbild der Stadt vorab besichtigen zu können. Um eine Verwendung des 3D-Stadtmodells für BauträgerInnen und Projektwerbende für AR- oder VR-Visualisierungen zu vereinfachen, benötigt es unter anderem geeignete Schnittstellen, um die Daten (bzw. Teile der Daten) nutzen zu können.

Zur Baueinreichung sollen in Wien zukünftig - entsprechend den Forschungszielen des Projektes „BRISE“ - umfangreiche BIM-Modelle genutzt werden. (Radecki, 2020) Weiter gedacht sollten diese nach Baufertigstellung in das digitale 3D-Stadtmodell integriert werden. Dies ist nicht nur für die Erstellung eines dreidimensionalen „Wien-Zwillings“ (entsprechend der Smart City Strategie) dienlich (Magistrat der Stadt Wien, 2019:81), auch für die weitere Betreuung und gegebenenfalls spätere Sanierungen oder Umbauten an Gebäuden kann sich die zentrale Speicherung detaillierter Daten als nützlich erweisen. Beispielsweise ist nach Baufertigstellung oft selbst EigentümerInnen nicht bekannt, aus welchen Baustoffen das Gebäude besteht. Wenn diese Daten im BIM Modell enthalten sind (und dieses der Gebietskörperschaft zur Verfügung steht), können bei Sanierung oder Abriss die

notwendigen Vorkehrungen für die Entsorgung der Baustoffe, die teilweise als Gefahrenstoffe einzustufen sind, getroffen werden.

Aufbauend auf dem Projekt BRISE kann der Grundstein für ein dynamisch wachsendes, detailliertes 3D-Stadtmodell gelegt werden. Die zur Baueinreichung genutzten BIM-Modelle werden (gegebenenfalls automatisiert) vereinfacht (zum Beispiel, um Auflagen des Datenschutzes zu erfüllen) und in das Stadtmodell eingepflegt. Der Mehraufwand für die „Betroffenen“ hält sich bei zeitgemäßer, digitaler Planung in Grenzen, da in den architektonischen bzw. bautechnischen Planungen häufig bereits mit BIM-Modellen gearbeitet wird. So kann ein „intelligentes“ 3D-Stadtmodell als „City Information Model“ (CIM) entstehen, welches, ergänzt um eine Vielzahl semantischer Informationen wie Gewässer- und Verkehrsbausteine unter anderem automatisierte Analysen ermöglicht. (Müller et al., 2016:843f.) Dazu müssen jedenfalls eine Plattform und Normen geschaffen werden, die die regelmäßige Einspeisung der Datensätze ermöglichen und deren Kompatibilität gewährleisten. Normen müssen unter anderem den notwendigen Detailgrad des Modells (sowohl grafisch als auch inhaltlich, z.B. betreffend Gebäudetechnik) sowie die einheitliche Ausführung der Modelle beschreiben und begrenzen.

AR-Tools, wie sie von Seiten der Stadt Wien im Zusammenspiel mit der digitalen Baueinreichung geplant sind, bieten außerdem das Potenzial, in der Bauausführungsplanung und behördlichen Überprüfung von Bautätigkeiten genutzt zu werden. Auch wenn die Bauausführungsplanung nur bedingt in die Kompetenz der Raumplanung fällt, kann ArchitektInnen, BauingenieurInnen und der Verwaltung die Chance geboten werden, die Realität direkt am Bauplatz mit Inhalten aus den dreidimensionalen Plänen und BIM-Modellen zu überlagern und so die Entwicklungen am Bauplatz zu überprüfen. So könnten sowohl konstruierende und planende Unternehmen aber auch die Baupolizei bzw. die überprüfende Baubehörde, schnell, unkompliziert und vor Ort das *So//*digital mit dem *Ist* vergleichen.

Allgemein wurde die Bedeutung digitaler Kommunikationstools (z.B. Videokonferenzen) durch die Mobilitätseinschränkungen während der Covid-19-Pandemie und damit verbundenes „Home-Office“ hervorgehoben. Dies eröffnet auch Chancen für VR und AV im Bereich der Telepräsenz, so gibt es aktuell rund 150 Anwendungen zu MR-Zusammenarbeit. (Virtual Dimension Center, 2020b)

Aus der planerischen Perspektive ist vor allem durch die steigende Leistungsfähigkeit von portablen Systemen wie Smartphones oder HMDs und der voranschreitenden Digitalisierung des (urbanen) Raumes eine Steigerung der Bedeutung von AR und VR in Planungsprozessen wie auch im Alltag in Aussicht zu stellen.

9 Verzeichnisse

9.1 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Modell der Plankommunikation nach Fürst & Scholles, 2008 (eigene Darstellung)
- Abb. 2: Idealer Ablauf von Beteiligung (Rockmann/ Adler, 2015:85)
- Abb. 3: Reality-Virtuality Continuum & VR (eigene Darstellung, Milgram/ Kishino, 1994:3)
- Abb. 4: Illustration AR-Chancen für die Planung (eigene Illustration)
- Abb. 5: Beispiel Telepräsenz. (Rhee et al., 2020:3)
- Abb. 6: Illustration einiger Potenziale von VR (eigene Illustration)
- Abb. 7: AR und VR am Hype Cycle (eigene Grafik; Gartner.com, skarredghost.com)
- Abb. 8: Google Maps Live View VST (Google, eigener Screenshot)
- Abb. 9: Microsoft HoloLens 2 (microsoft.com, eigene Bearbeitung)
- Abb. 10: HoloLens 2 Trimble Integration (Trimble.com)
- Abb. 11: Beispiel PAR (Dörner et al., 2013:249)
- Abb. 12: Farbprojektion auf Exponat (Bloch et al., 2019:4)
- Abb. 13: Lichtinstallation KHM, Wien Leuchtet 2016 (Fuerthner, 2016)
- Abb. 14: Das erste HMD (Sutherland, 1969:760)
- Abb. 15: HTC Vive Pro (l) und Valve Index (r) mit Controllern und Basisstationen (vive.com/valvesoftware.com)
- Abb. 16: Google Cardboard (arvr.google.com)
- Abb. 17: Google Cardboard – Einzelteile (arvr.google.com)
- Abb. 18: CAVE Skizze (Cruz-Neira, 1992:66)
- Abb. 19: 5-seitige CAVE (fraunhofer.de)
- Abb. 20: Deep Space 8K im AEC (ars.electronica.art)
- Abb. 21: Entwicklung des Beteiligungsverständnisses (Selle, 1996:69)
- Abb. 22: Praxisbuch Partizipation Cover (Arbter, 2012)
- Abb. 23: Intensitätsstufen der Beteiligung, (eigene Darstellung nach: Bundeskanzleramt (Hrsg.) 2009, Arbter, 2012:11)
- Abb. 24: Smart City Rahmenstrategie Cover (Magistrat der Stadt Wien, 2019)
- Abb. 25: Digitale Agenda Wien 2025 Cover (Stadt Wien, 2019)
- Abb. 26: Infografik „Wien gibt Raum“ (Stadt Wien/Youtube)
- Abb. 27: Umsetzungsstand "Wien gibt Raum" 3/2021 (eigene Darstellung, Digitales Wien (1))
- Abb. 28: Vermessungsfahrzeug (Strondl et al., 2018:49)
- Abb. 29: Interface der Kappazunder-App (digitales.wien.gv.at)
- Abb. 30: Digitale Baueinreichung (digitales.wien.gv.at, Screenshot)
- Abb. 31: BRISE – Struktur (digitales.wien.gv.at)
- Abb. 32: Stadtplan 3D-Schattensimulation (eigener Screenshot; wien.gv.at/stadtplan3d)
- Abb. 33: 3D-Stadtmodell Linz (A7 Bypassbrücke und Neue Donaubrücke) (Screenshot, 3d.linz.at)
- Abb. 34: Stereoskopische Darstellung für Cardboard VR (eigener Screenshot, Google StreetView)

- Abb. 35: Google Earth VR (eigener Screenshot, Google Earth VR)
- Abb. 36: Virtueller Rundgang Seestadt aspern. Stereoskopische Darstellung (eigene Bearbeitung; aspern-seestadt.at)
- Abb. 37: AR-Gebäudevisualisierung (Broschart et al., 2013:122)
- Abb. 38: AR-Darstellung „Smartwalk Saarbrücken“ (Broschart et al., 2013:122)
- Abb. 39: U2xU5 App (eigener Screenshot, Wiener Linien)
- Abb. 40: Einreichung im digitalen Stadtkontext aus verschiedenen Blickwinkeln (Sunesson et al., 2008:258)
- Abb. 41: 3D-Entwurfsdarstellung Neugestaltung Schwedenplatz (Leimer, 2019:82)
- Abb. 42: Darstellung (VST-AR) über Plänen (idg.fraunhofer.de)
- Abb. 43: Mobile-VST-AR (eigener Screenshot, Fertighaus Weiss)
- Abb. 44: AR-Erweiterung eines physischen Stadtmodells (ait.ac.at)
- Abb. 45: VST-AR-Entwicklungsplan (Broschart/ Zeile 2013:116)
- Abb. 46: AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (eigenes Foto)
- Abb. 47: Hologramm, Shared View HoloLens AR (vGIS Inc.)
- Abb. 48: Lila4Green-App (gruenstattgrau.at)
- Abb. 49: Thermische Vorteile Begrünung (MA22, ÖkoKaufWien, 2019:22)
- Abb. 50: HoloLens-Darstellung der unterirdischen Leitungsinfrastruktur (wienerstadtwerke.at)
- Abb. 51: vGIS AR (Screenshot, vGIS Inc.)
- Abb. 52: Monoskopische Darstellung der VR-Vision für die Wiener Innenstadt (wideshot/leadersnet)
- Abb. 53: Lille Respire AR-Application (Artefacto AR)
- Abb. 54: Screenshot Innovation City Promo-Video (materna-tmt.de)
- Abb. 55: Skate-Simulation CAVE-VR (HLRS Stuttgart)
- Abb. 56: Nefertari - Journey to Eternity (eigener Screenshot)
- Abb. 57 VST-AR-Ansicht/Mock-Up eines neolithischen Gehöfts in Remerschen, Luxemburg (ar-route.de/Universität Trier)
- Abb. 58: Beispiel für unterschiedliche Brennweite, Größe der Personen und Lichteffekte in Vergleichsdarstellungen (zoomVP/mobilitätsagentur)
- Abb. 59: Visualisierung Verkehrsberuhigung Thaliastraße (Google Street View (L), GB* und DnD Landschaftsarchitektur)
- Abb. 60: Beispiel abstrakte Baukörper-Darstellung der Gebäude (leopoldquartier.at)
- Abb. 61: Entwicklung der Visualisierung (eigene Darstellung; Steinebach et al., 2007 nach Wietzel et al., 2009:86)
- Abb. 62: Zeitliche Einordnung von Anwendungsmöglichkeiten
- Abb. 63: Logo/Icon der App (eigene Grafik)
- Abb. 64: Lage im Stadtgebiet Wiens (eigene Darstellung, wien.gv.at, PD7627g-r1)
- Abb. 65: Logo&Marker Augmented Trees (eigene Grafik)
- Abb. 66: genutztes 3D-Baummodell (eigene Darstellung)
- Abb. 67: Erstellungsprozess der AR-App-Prototypen (vereinfacht, eigene Darstellung)

- Abb. 68: Datenbezug über den Geodatenviewer (eigene Bearbeitung, www.wien.gv.at)
Abb. 69: Kombination, Ausrichtung und Beschnitt der Daten in SketchUp Pro (eigene Darstellung)
Abb. 70: Optimierter 3D-Mesh mit Materialien und Texturen in SketchUp (eigener Screenshot)
Abb. 71: Miniatur des als Marker genutzten Plandokuments (wien.gv.at)
Abb. 72: Arcoreimg-Tool, Bewertung des Plandokuments (eigener Screenshot)
Abb. 73: Import und Überprüfung des 3D-Modells in der Unreal Engine (eigener Screenshot)
Abb. 74: Level Blueprint des AR-App (eigener Screenshot)
Abb. 75: Logo und Marker Augmented Trees (eigene Grafik)
Abb. 76: Indoor-Test, Vorab-Version, skaliert (eigener Screenshot)
Abb. 77: Finales Modell in der UE: Skaliert und ausgerichtet (eigener Screenshot)
Abb. 78: Ladebildschirm der App (eigenes Foto)
Abb. 79: VST-AR-App Im Einsatz (eigenes Foto)
Abb. 80: VST-AR-Darstellung im Einsatz (eigenes Foto)
Abb. 81: Mock-Up/Konzept: Chancen zur Weiterentwicklung und Erweiterung des Funktionsumfangs der App (eigene Darstellung)
Abb. 82: Startbildschirm AR-Trees-App
Abb. 83: Overlay/Widget nach dem Start des VST-Kamerastream (eigener Screenshot)
Abb. 84: AR-Trees - Bildschirmansicht (eigener Screenshot)
Abb. 85: AR-Trees im Einsatz (eigenes Foto)
Abb. 86: Mock-Up/Fotomontage App Interface (eigene Darstellung)
Abb. 87: 4 Wachstumsstufen und Jahreszeiten bzw. Witterungen in TwinMotion (eigene Renderings)
Abb. 88: LIDAR Scan in ArcGIS (Hartley, 2020)
Abb. 89: HYPER-REALITY, Screenshot (Vimeo/Masuda, 2016)

Tabelle 1: Genutzte Hardware-Komponenten

Tabelle 2: Zeitaufwand in der Erstellung der AR-App (eigene Darstellung)

Tabelle 3: Zeitaufwand in der Erstellung der AR-Trees-App (eigene Darstellung)

9.2 Literaturverzeichnis

Achleitner, E., 2011: Interaktives 3D-Stadtmodell in Linz, Präsentation.
www.3d-stadtmodelle.org/3d-stadtmodelle_2011/vortraege/17_Achleitner_Interaktives_3D-Stadtmodell_in_Linz.pdf

AIT, 2016: Projektsteckbrief: VR-Planning.
Virtual Reality für eine partizipative Planung und Evaluierung bedarfsgerechter und aktiver Mobilitätsumgebungen. projekte.ffg.at/projekt/2716744 10.10.19

AIT, 2019: Virtual Reality. OTS Presseaussendung OTS0017, 5. April 2019
www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190405_OTS0017/virtual-reality-fuer-die-partizipative-planung-der-oeffentlichen-verkehrsraeume-von-morgen,
zuletzt aufgerufen am: 13.1.2020

Al-Kodmany, K., 2002: Visualization Tools and Methods in Community Planning: From Freehand Sketches to Virtual Reality. *Journal of Planning Literature - J PLAN LIT.* 17. 189-211.
Amin, M. A., Gromala, D., Shaw, Chr., 2016: Immersion in Cardboard VR Compared to a Traditional Head-mounted Display. Conference: 18th International Conference on Human-Computer Interaction, Toronto, Canada

Android, 2020: Codenamen, Tags und Build-Nummern
source.android.com/setup/start/build-numbers
zuletzt aufgerufen am: 3.12.2020

Arbter, K., 2012: Magistratsabteilung 18 (Hrsg.), Werkstattbericht 127, Praxisbuch Partizipation. Gemeinsam die Stadt entwickeln.

ar-route.de, 2021: Website des Projektes ARmob
zuletzt aufgerufen am: 7.2.2021

Artefacto AR, 2015: „Lille Respire in Augmented Reality“
www.artefacto-ar.com/en/reference/lille-respire-in-augmented-reality-2/,
zuletzt aufgerufen am: 14.11.2020

Arnstein, Sherry R., 1969: A Ladder of Citizen Participation.
JAIP, Vol. 35, No. 4, July 1969, pp. 216-224.

Ars Electronica Center, n.A.: Deep Space 8K
ars.electronica.art/center/de/exhibitions/deepspace/
zuletzt aufgerufen am: 8.10.2020

aspersn Seestadt, n.A.: Drei Spaziergänge durch das Quartier am Seebogen.
aspersn-seestadt.at/jart/prj3/aspersn/resources/vr/mono/index.html,
zuletzt aufgerufen am: 19.7.2020

Bastian, M., 2020: Unreal Engine 5 unterstützt ausschließlich OpenXR. In: *Mixed* (online),
mixed.de/unreal-engine-5-unterstuetzt-ausschliesslich-openxr/#Unreal_Engine_5_wechselt_auf_OpenXR,
zuletzt aufgerufen am: 28.12.2020

Bauordnung für Wien, StF.: LGBl. Nr. 11/1930, idF. vom 10.2.2021

Bednarczyk, M., 2017: Application possibilities of Augmented Reality in analog maps, 22-27
In: Conference: Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2017", 4th to 8th of September 2017, Trento-Vattaro, Italy

Bezmalinovic, T., 2021: Gute AR-Brillen unmöglich? Dieser Experte ist davon überzeugt
mixed.de/gute-ar-brillen-unmoeglich-dieser-experte-ist-davon-ueberzeugt/
zuletzt aufgerufen am: 16.2.2021

Bloch A., Borowski, J., Fraberger, E., Kaiser, T. 2019: Universität München.
Using Projective Augmented Reality in an Interactive Museum Application,
wiki.tum.de/download/attachments/305759021/Masterpraktikum.pdf?version=1&modificationDate=1568769409630,
zuletzt aufgerufen am: 2.3.2020

BMK Infothek, 2019: APA
infothek.bmk.gv.at/elf-projekte-bei-vcoe-mobilitaetspreis-oesterreich-ausgezeichnet/,
zuletzt aufgerufen am: 6.7.2020

Bourdakis, V., 1997: Making Sense of the City, In: CAAD Futures 1997 [Conference Proceedings / ISBN 0-7923-4726-9] München (Germany). S.663-678

4-6 August 1997, DOI 10.1007/978-94-011-5576-2_48

Bourdakis, V., 2001: On Developing Standards for the Creation of VR City Models.
In: Modeling & City Planning-15, 3D City Modeling, S. 404-409

Broschart, D., 2011: Bebauungsplan 3D? - Die Möglichkeiten der Visualisierung von planerischen Festsetzungen. Bachelorarbeit am Lehrgebiet CPE - Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden in Städtebau und Architektur, Fachbereich Raum- und Umweltplanung, Technische Universität Kaiserslautern

Broschart, D. et al., 2013: Augmented Reality as a Communication Tool in Urban Design Processes.
In: Real Corp 2013: Planning Times, S. 119-126

Broschart, D., Zeile, P., 2013: ARchitecture: Augmented Reality in Architecture and Urban Planning.
In: Buhmann, E., Ervin, S. M. & Pietsch, M. (Eds.) (2015): Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2015 at Anhalt University of Applied Sciences. Herbert Wichmann Verlag, VDE Verlag, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-555-3.

Broschart, D., Zeile, P., 2014: Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung - Techniken und Einsatzfelder. Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. & Zage, B. (Hrsg.) (2014): Angewandte Geoinformatik 2014. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-543-0

Bundeskanzleramt (Hrsg.), 2009: Standards der Öffentlichkeitsbeteiligung - Empfehlungen für die Gute Praxis. www.partizipation.at/standards_oeb.html,
zuletzt aufgerufen am: 15.2.2020

Caneparo, L., 1997: Shared Virtual Reality for Architectural Design, In: CAAD Futures 1997 [Conference Proceedings / ISBN 0-7923-4726-9] München (Germany). S.432-442
4-6 August 1997, DOI 10.1007/978-94-011-5576-2

Cirulis, A., Brigmanis, B.K., 2013: 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. In: Procedia Computer Science 25 (2013), S. 71-79.

Cowley, D., 2019: Epic and Twinmotion join forces to offer easy, high-quality real-time visualization: www.unrealengine.com/en-US/blog/epic-twinmotion-join-forces-easy-high-quality-real-time-visualization,
zuletzt aufgerufen am: 14.3.20

Cruz-Neira C., Sandin D., DeFanti T., Kenyon R., Hart J., 1992: The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment.
In: Commun. ACM Association for Computing Machinery, S. 64-72

Cruz-Neira C., Sandin, D.J., Defanti, T. A., 1993: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. Electronic Visualization Laboratory (EVL). The University of Illinois at Chicago

Data Excellence. IKT-Teilstrategie, 2019: digitales.wien.gv.at/site/files/2019/03/Data-Excellence.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 17.9.2020

Digitales Österreich, n.A.: Der Ausbau, die Umsetzung und die einfache Bedienung der elektronischen Amtsservices zählen zu den Prioritäten der Österreichischen Bundesregierung. www.digitales.oesterreich.gv.at/open-government-data,
zuletzt aufgerufen am: 16.11.2020

Digitales Wien (1), n.A.:
digitales.wien.gv.at/site/projekt/wiengibtraum/,
zuletzt aufgerufen am: 15.7.2020

Digitales Wien (2), n.A.:
digitales.wien.gv.at/site/kappazunder-schnellere-und-einfachere-verwaltung/,
zuletzt aufgerufen am: 15.7.2020

Digitales Wien (3), n.A.:
digitales.wien.gv.at/site/projekt/brisevienna/,
zuletzt aufgerufen am: 15.11.2020

Designspacevr, n.A.: Prototype drafting tools for Architects and Urban designer in VR
www.designspacevr.org,
zuletzt aufgerufen am: 17.8.2020

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

Dübner, S., 2014: Virtual Reality im Planungsprozess. Anwendung am Beispiel des Bahnhofareals in
Neustadt an der Weinstraße. TU Kaiserslautern.
[zeile.net/wp-
content/uploads/2016/11/Masterarbeit_Sven_D%C3%BCbner_Virtual_Reality_im_Planungsprozess_
06-10-14.pdf](https://zeile.net/wp-content/uploads/2016/11/Masterarbeit_Sven_D%C3%BCbner_Virtual_Reality_im_Planungsprozess_06-10-14.pdf),
zuletzt aufgerufen am: 1.12.2019

Economist 2019: Vienna remains the world's most liveable city
economist.com/graphic-detail/2019/09/04/vienna-remains-the-worlds-most-liveable-city,
zuletzt aufgerufen am: 1.3.2020

Eysn, L. et al., 2020: Präsentation zur Digitalen Montagsrunde: Wien gibt Raum
www.digitalcity.wien/wp-content/uploads/2020/08/2020_08_10_montagsrunde_WGR.pdf
zuletzt aufgerufen am: 3.1.2021

Falkner, J., Eysn, L., 2019: Kappazunder – Ein Mobile Mapping Tool als Lösung für Fragestellungen
der Verwaltung im öffentlichen Raum! In: Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF in
Wien, Österreich – Publikationen der DGPF, Band 28, 2019

Floeting, H, 2002: Stadtzukünfte zwischen Virtualisierung und neuen Räummustern.
www.corp.at/archive/CORP2002_Floetting.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 27.10.2019

Fraunhofer, 2019: Städteplanung der Zukunft
[www.igd.fraunhofer.de/presse/aktuelles/staedteplanung-der-zukunft-mit-vr-und-ar-gelingt-die-
partizipation](https://www.igd.fraunhofer.de/presse/aktuelles/staedteplanung-der-zukunft-mit-vr-und-ar-gelingt-die-partizipation),
zuletzt aufgerufen am: 10.6.2020

Forster, J. 2016: Strategische raumbezogene Visualisierung im Kontext der Innenentwicklung urbaner
Siedlungs-, Energie- und Mobilitätssysteme am Beispiel der Stadt Wien. Dissertation. TU Wien

Frieden, P., Koelle, R., Elbeshausen, S., 2018: Physiologische Werte zur Messung der Präsenz in
virtuellen Welten. In: Dachsel, R. & Weber, G. (Hrsg.), Mensch und Computer 2018 - Tagungsband.
Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.

Gartner, n.A.: Gartner Hype Cycle.
www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle,
zuletzt aufgerufen am: 3.9.2020

GfK, 2021: Deutschland im Gaming-Fieber: Umsatz mit Grafikkarten steigt um fast 100 Prozent.
www.gfk.com/de/presse/Grafikkarten-DE?hsLang=de,

zuletzt aufgerufen am: 4.3.2021

Gnat, M., Leszek, K., Olszewski, R., 2016: The Use of Geoinformation Technology, Augmented Reality and Gamification in the Urban Modeling Process.

Google, 2015: Bringing Google Cardboard and VR to the world.
developers.googleblog.com/2015/10/bringing-google-cardboard-and-vr-to.html,
zuletzt aufgerufen am: 10.10.2020

Google, 2020b: Augmented Image Database.
developers.google.com/ar/reference/java/com/google/ar/core/AugmentedImageDatabase,
zuletzt aufgerufen am: 10.2.2021

Google, 2021a: Augmented Images for Android NDK.
developers.google.com/ar/develop/c/augmented-images,
zuletzt aufgerufen am: 12.2.2021

Google, 2021b: Cloud Anchors Overview for Android
developers.google.com/ar/develop/java/cloud-anchors/overview-android
zuletzt aufgerufen am: 14.2.2021

Google, 2021c: Quickstart for Unreal.
developers.google.com/ar/develop/unreal/quickstart
zuletzt aufgerufen am: 20.4.2021

Gruenstattgrau, n.A.: LiLa4Green. Projektblatt
gruenstattgrau.at/projekt/lila4green,
zuletzt aufgerufen am: 26.4.2020

Haklay, M. E., 2011: Virtual Reality and GIS Applications, Trends and Directions. Article.

Hanssen, R., 2017: VRbanism: Assessing Virtual Reality as an Urban Design Tool. Master Thesis, TU Delft, resolver.tudelft.nl/uuid:ce53d63b-8d79-4de9-a179-8f21f455639f,
zuletzt aufgerufen am: 20.11.2019

Heredina, M., 2020: Augmented Reality Disappeared From Gartner's Hype Cycle – What's Next?, In: Arpost.co (25.9.2020), arpost.co/2020/09/25/augmented-reality-gartners-hype-cycle/,
zuletzt aufgerufen am: 30.10.2020

HLRS Stuttgart, 2021: Simulierte Welten (Video)
linkedin.com/posts/hlrs—high-performance-computing-center-stuttgart_stuttgart-simulation-urbanplanning-activity-6770974457835069440-TWff/
zuletzt aufgerufen am: 27.4.2021

Höffken, S., Streich, B., 2015: Subversive Stadtplanung. RaumPlanung. 178, S 36-41.
ISBN 978-3-658-05480-9

Höhl, W., 2007: Augmented Reality (AR) für die Architekturvisualisierung mit DART 2.0 und 3D Studio MAX 7. conference.corp.at/archive/corp2007_HOEHL.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 1.12.2019

Höhl, W., Broschart, D., 2015a: Augmented Reality im öffentlichen Raum.
In: CORP2015_38. S.73-82, programm.corp.at/cdrom2015/papers2015/CORP2015_38.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 12.11.2019

Höhl, W., Broschart, D., 2015b: Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung.
Artikel in: GIS.Science – Die Zeitschrift für Geoinformatik. 1/2015, S. 20-29. Wichmann Verlag.

IDC/Gartner, 2020: via statista.com, Prognostizierte Marktanteile Smartphone Betriebssysteme, de.statista.com/statistik/daten/studie/182363/umfrage/prognostizierte-marktanteile-bei-smartphone-betriebssystemen, zuletzt aufgerufen am: 30.12.2020

InnovationCity Ruhr, n.A.: www.icrollout.de/ueber-das-projekt-innovationcity-roll-out/historie/, zuletzt aufgerufen am: 8.11.2020

Inovitas, n.A.: infra3DCity für den Magistrat der Stadt Wien www.inovitas.ch/de/fallstudien/infra3dcity-fuer-den-magistrat-der-stadt-wien, zuletzt aufgerufen am: 15.6.2020

Jamei, E. et al., 2017: Investigating the Role of Virtual Reality in Planning for Sustainable Smart Cities. 1.November 2017. www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2006, zuletzt aufgerufen am: 18.11.2019

Janusz, J., 2016: Toward the exploration of Virtual Reality for Sustainable spatial development. In: Space & Form '28_2016. DOI: 10.21005/pif.2016.28.B-02

Kanonier A., Schindelegger A., 2018: Entwicklungsphasen des österreichischen Raumordnungsrechts. In ÖROK (Hrsg.): Raumordnung in Österreich und Bezüge zur Raumentwicklung und Regionalpolitik

KBOB, 2018: (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren. Schweizerische Eidgenossenschaft) 2018. Empfehlungen zum Umgang mit BIM

Kohne, A. 2020: Die Stadtplanung der Zukunft – Innovation City Ruhr in Virtual Reality urban-digital.de/stadtplanung-zukunft-virtual-reality-innovation-city-ruhr/, zuletzt aufgerufen am: 17.11.2020

Khronos Group, 2019: Khronos Releases OpenXR 1.0 Specification Establishing a Foundation for the AR and VR Ecosystem. www.khronos.org/news/press/khronos-releases-openxr-1.0-specification-establishing-a-foundation-for-the-ar-and-vr-ecosystem, zuletzt aufgerufen am: 18.1.2021

Landesgesetzblatt für Wien, 2014: Jg. 2014. 25. Gesetz: Bauordnung für Wien, Wiener Kleingartengesetz 1996 (Bauordnungsnovelle 2014); Änderungen [CELEX-Nrn.: 32010L0031 und 32012L0018]

Leadersnet, 2019: „Der stadtgestalterischen Phantasie sind kaum Grenzen gesetzt“, 21.1.2019, www.leadersnet.at/news/35061,der-stadtgestalterischen-phantasie-sind-kaum-grenzen-gesetzt.html,

Leadersnet, 2020: www.leadersnet.at/news/46432,brise-vienna-ist-eine-weitere-etappe-in-richtung.html, zuletzt aufgerufen am: 3.1.2021

Lehnert, 2020: Vergangenheit virtuell erleben. Pressemitteilung zur Projekteröffnung. www.ar-route.de/service/Pressematerial/Pressemittteilung_ARGO_-_Vergangenheit_virtuell_erleben.pdf zuletzt aufgerufen am: 7.2.2021

Leimer, A., 2019: Anwendung von Virtual Reality in der Planungspraxis. Diplomarbeit, TU Wien, 2019

Leopoldquartier, n.A.: Städtebaulicher Wettbewerb: Einreichungen leopoldquartier.at/de/wettbewerb/einreichungen, zuletzt aufgerufen am: 12.2.2021

Levy, R., 2011: Virtual Reality A Tool for Urban Planning and Public Engagement.
In: Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM) Proceedings, 2011

Magistratsabteilung 18 (MA18), 2014: Stadtentwicklung und Stadtplanung. Stadtentwicklungsplan 2025, www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf, zuletzt aufgerufen am: 10.11.2019

Magistratsabteilung 21 (MA21), 2017: Stadtteilplanung und Flächennutzung. Masterplan für eine partizipative Stadtentwicklung, Werkstattbericht 172

Magistratsabteilung 21b (MA21b), 2010: Planung als Prozess. Gestaltung dialogorientierter Planungs- und Umsetzungsprozesse, Werkstattbericht Nr. 109

Magistratsabteilung 22 (MA22), 2015: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf, zuletzt aufgerufen am: 9.11.2020

Magistrat der Stadt Wien, 2019: Smart City Wien Rahmenstrategie 2019-2050. Die Wiener Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008551.pdf, zuletzt aufgerufen am: 8.9.2020

Magistratsabteilung 22 (MA22), ÖkoKaufWien, 2019: Leitfaden Fassadenbegrünung. www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf, zuletzt aufgerufen am: 9.12.2020

Masuda, K. 2016. Hyper-Reality. km.cx/projects/hyper-reality zuletzt aufgerufen am: 13.2.2021

McWhorter, R., Lynham, S., 2014: An Initial Conceptualization of Virtual Scenario Planning. In: Advances in Developing Human Resources. S. 335-355.

Mercer, 2019: Quality of living City Management mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings, zuletzt aufgerufen am: 23.4.2020

Microsoft, n.A.: HoloLens 2 Produktseite www.microsoft.com/de-de/hololens/hardware, zuletzt aufgerufen am: 27.4.2020

Microsoft, 2021: HoloLens Pricing and Options. www.microsoft.com/de-de/hololens/buy, zuletzt aufgerufen am: 2.1.2021

Microsoft, 2016: Efficient and Precise Interactive Hand Tracking through Joint, Continuous Optimization of Pose and Correspondences www.microsoft.com/en-us/research/publication/efficient-precise-interactive-hand-tracking-joint-continuous-optimization-pose-correspondences/, zuletzt aufgerufen am: 27.4.2020

Milgram, P., Kishino, F., 1994: „A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays“. IEICE Trans. Information Systems, vol. E77-D, no. 12

Milgram, P., Colquhoun, H., 2001: A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration. 10.1007/978-3-642-87512-0_1

Mir, R., Rodriguez, K., 2020. If Privacy Dies in VR, it Dies in Real Life.
www.eff.org/deeplinks/2020/08/if-privacy-dies-vr-it-dies-real-life,
zuletzt aufgerufen am: 16.9.2020

Müller, M., Broschart, D., Zeile, P., 2016: City Information Modelling – Potenziale für eine intelligente Stadtplanung.

In: REAL CORP 2016 Proceedings/Tagungsband 22-24 June 2016, S.843-850

Novotny, M., 2020. Rendering und Realität. in: Falter, Ausgabe 1-2/2020: S 35ff.

Oculus.com, 2020. Produktbeschreibung.

www.oculus.com/quest-2/,

zuletzt aufgerufen am: 4.7.2020

OIZ, 2019: Fünf Jahre städtebauliche Verträge in Wien

www.oiz.at/oiz/fuenf-jahre-staedtebauliche-vertraege-wien-189242,

zuletzt aufgerufen am: 14.11.2020

OTS0209 Pressemitteilung der ÖBB-Holding und des Mediensprechers der Vizebürgermeisterin der Stadt Wien,

www.ots.at/presseaussendung/OTS_20200908_OTS0209/nordwestbahnhof-stadt-wien-und-oebb-eroeffnen-info-center,

zuletzt aufgerufen am: 20.10.2020

Otte, F. 2002: Die Integration von Investoren in Planungsprozesse- Oder das Ende der

Bürgerbeteiligung. In: CORP2002, www.corp.at/archive/CORP2002_Otte.pdf,

zuletzt aufgerufen am: 25.2.2020

Papasarantou, C., Bourdakis, V., 2012: Represent-ing presence, V!RUS, [online] n. 8.

www.nomads.usp.br/virus/virus08/?sec=4&item=4&lang=en,

zuletzt aufgerufen am: 21.1.2021

Pausch, R., Proffitt, D., Williams, G., 1997: Quantifying Immersion in Virtual Reality

Quixel, 2019: quixel.com/blog/2019/11/12/quixel-joins-forces-with-epic-games,

zuletzt aufgerufen am: 4.7.2020

Radecki, A., 2020: BRISE Vienna - building the future of EU cities,

www.uia-initiative.eu/en/news/brise-vienna-building-future-eu-cities,

zuletzt aufgerufen am: 9.11.2020

Reinwald, F., Murg S., Damyanovic, D., 2012: Anknüpfungspunkte für Web-2.0- und AR-Instrumente in Verkehrsplanungs- und Beteiligungsprozessen und ihre Umsetzung. In: REAL CORP 2012

Tagungsband, programm.corp.at/cdrom2012/papers2012/CORP2012_29.pdf,

zuletzt aufgerufen am: 21.9.2020

Reinwald, F. et al., 2013: From Plan to Augmented Reality – Workflow for Successful Implementation of AR Solutions in Planning and Participation Processes. In: Proceedings REAL CORP 2013

Tagungsband 20-23 May 2013, Rome, Italy

Reinwald, F. et al., 2014: Augmented Reality at the Service of Participatory Urban Planning and Community Informatics – a case study from Vienna.

www.ci-journal.net/index.php/ciej/article/download/1087/1107?inline=1,

zuletzt aufgerufen am: 12.1.2020

Renaissance Lille, 2015: lille respire - dernière exposition de renaissance !

renaissance-lille.com/event/lille-respire,

zuletzt aufgerufen am: 29.4.2020

Rhee, T., Thompson, S., Medeiros, D., Anjos, R., Chalmers, A., 2020: Augmented Virtual Teleportation for High-Fidelity Telecollaboration. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics.

Rheingold, H., 1991: Virtual Reality. New York, NY: Summit Books. ISBN 0671693638

Rockmann, L., Adler, S., 2015: Augmented-Reality als Erweiterungs-Tool des partizipativen Austausches in Planungsprozessen zum Ziel einer integrativen städtebaulichen Entwicklung. In: Proceedings REAL CORP 2015. ISBN: 978-3-9503110-9-9. S. 83-92

Roupe, M., 2013: Development and Implementations of Virtual Reality for Decision-making in Urban Planning and Building Design. Thesis for the degree Doctor of Philosophy. Department of Civil and Environmental Engineering Division of Construction Management Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden 2013

Salminen, T., 2019: Utilizing modern virtual reality technology in software development for city planning. Master's Thesis, University of Helsinki, zuletzt aufgerufen am: 1.9.2020

Schrom-Feiertag, H., Lorenz, F., Regal, G., Settgast, V., 2018: Augmented and Virtual Reality Applied for Innovative, Inclusive and Efficient Participatory Planning.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2012: Handbuch Partizipation. 2. Auflage. ISBN 978-3-88961-317-2

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

Skarredghost, 2019: Augmented reality is reaching a mature state according to Gartner. skarredghost.com/2019/09/04/augmented-reality-mature-gartner/, zuletzt aufgerufen am: 4.9.2020

Smith, A. et al., 1998: Visual Communication in Urban Planning and Urban Design. Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA). UK, London

Stadtteilmanagement Seestadt aspern, 2019: Ein virtueller Spaziergang durch das Seeparkquartier. www.aspern-seestadt.at/city-news/ein_virtueller_spaziergang_durch_das_seeparkquartier, zuletzt aufgerufen am: 20.3.2020

Statista, 2020: Anteil der Smartphone-Besitzer sowie Nutzung von Mobile Commerce in Österreich von 2013 bis 2020. de.statista.com/statistik/daten/studie/568185/umfrage/smartphone-besitz-und-smartphone-nutzung-in-oesterreich/, zuletzt aufgerufen am: 16.10.2020

Stein, S. 2021: Lidar on the iPhone 12 Pro is cool now, but it's going to be so much cooler. www.cnet.com/how-to/future-of-lidar-cool-now-going-to-be-cooler-apple-iphone-12-and-ipad-pro/, zuletzt aufgerufen am: 1.3.2021

Steiner, M., 2021: ORF TV Wissenschaft, 29.1.2021
Log-in statt Lockdown. Flucht in virtuelle Realitäten

Streich, B., 2011: Stadtplanung in der Wissensgesellschaft – Ein Handbuch. 2. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

StadtLeben, 2020: Das Magazin der Wiener Stadtwerke-Unternehmen, Ausgabe 2/2020.

Stadt Wien, 2019: Digitale Agenda Wien 2025. Wien wird Digitalisierungshauptstadt. 3. Auflage.
digitales.wien.gv.at/wp-content/uploads/sites/47/2019/09/20190830_DigitaleAgendaWien_2025.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 14.9.20

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. *Energy, Sustainability and Society*.

Strategiegruppe Partizipation, 2012: Arbeitsblätter zur Partizipation. Wien.
www.partizipation.at/fileadmin/media_data/Downloads/Arbeitsblaetter_neu/publikation_arbeitsblaetter.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 12.12.2019

Strondl, M. et al., 2018: Wien gibt Raum: Vom Konzept einer innovativen Verwaltung des öffentlichen Raums zum Mobile Mapping einer Großstadt.
In: *Vermessung & Geoinformation* 1/2018, S. 44-52

Sunesson, K. et al., 2008: Virtual Reality as a new tool in the city Planning Process. Chalmers University of Technology, SE-412 96 Göteborg, Sweden

Sutherland, I. E. 1969: A head-mounted three dimensional display. University of Utah
cacs.usc.edu/education/cs653/Sutherland-HeadmountedDisplay-AFIPS68.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 23.11.2019

Thompson E. M., Horne M., Fleming D., 2006: Virtual Reality Urban Modelling - an Overview, CONVR2006 6th Conference on Construction Applications of Virtual Reality, Orlando, Florida, USA, 3.-4. August 2006.

United Nations, 2018: 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN
www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html,
zuletzt aufgerufen am: 16.11.2019

Unreal Engine, 2020a: EULA (End User License Agreement)
www.unrealengine.com/en-US/eula/publishing,
zuletzt aufgerufen am: 14.3.2020

Unreal Engine 4 Documentation, n.A.:
docs.unrealengine.com/en-US/index.html,
zuletzt aufgerufen am: 23.2.2021

UN Sustainable Development Goals, n.A.:
www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html,
zuletzt aufgerufen am: 21.3.2021

UVM Systems n.A.:
www.uvmystems.com/index.php/de-de/projects/proj-city#a9,
zuletzt aufgerufen am: 3.6.2020

UVM Systems, 2020. City Grid Scout Handbuch
downloads.uvmystems.com/Citygrid/de_Scout.pdf,
zuletzt aufgerufen am: 3.8.2020

U2xU5 Augumented Reality App, 2019, u2u5.wien.gv.at/site/u2u5-app/,
zuletzt aufgerufen am: 2.10.2020

VCÖ, 2019: What if – shared cars, shared cities.
mobilitaetsprojekte.vcoe.at/what-if-shared-cars-shared-cities-2019,
zuletzt aufgerufen am: 10.10.2020

Virtual Dimension Center, 2020a: Mojo Lens: Blick durch AR-Kontaktlinse.
www.vdc-fellbach.de/nachrichten/2020/12/14/mojo-lens-blick-durch-ar-kontaktlinse,
zuletzt aufgerufen am: 8.9.2020

Virtual Dimension Center, 2020b:
www.vdc-fellbach.de/wissen/kollaborative-xr-loesungen,
zuletzt aufgerufen am: 28.11.2020

Vive.com (a), n.A.: Datenblatt SteamVR Basisstation 2.0,
www.vive.com/de/accessory/base-station2,
zuletzt aufgerufen am: 7.5.2020

Vive.com (b), n.A.: www.vive.com/de/product/vive-pro-full-kit,
zuletzt aufgerufen am: 7.5.2020

Weber, Chr., 2017: Ich war so erschöpft wie nach einem Langstreckenflug. Die Zeit vom 5.2.2017,
www.sueddeutsche.de/wissen/virtual-reality-ich-war-so-erschoeft-wie-nach-einem-langstreckenflug-
1.3361858,
zuletzt aufgerufen am: 8.9.2019

What Time Is It, 2015: Lille Respire - Concours Edf « bas carbone » présidé par Martine Aubry“
wt2i.com/projet/lille-respire,
zuletzt aufgerufen am: 8.2.2020

Whyte, J., 2002: Virtual Reality and the Built Environment, Architectural Press, U.K.,
ISBN 0-7506-5372-8

Wietzel, I., 2007: Methodische Anforderungen zur Qualifizierung der Stadtplanung für
innerstädtisches Wohnen durch Mixed Reality-Techniken und immersive Szenarien.
Dissertation. Technische Uni Kaiserslautern

Wietzel, I. et al., 2009: Augmented Reality and Immersive Scenarios in Urban Planning. 81-90, In:
Visualizing Sustainable Planning, Springer-Verlag.

wien.gv.at (1) Vorhaben und Projekte der Wiener Stadtentwicklung.
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/#aktuell,
zuletzt aufgerufen am: 12.3.2021

wien.gv.at (2) Stadtplan 3D – Beschreibung der Geodaten
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/viewer/stadtplan3d/hilfetext/stadtplan3d-geodatenbeschreibung.html,
zuletzt aufgerufen am: 12.5.2020

wien.gv.at (3) Dreidimensionales Stadtmodell - Produktinformation
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/stadtmodell/produkt.html,
zuletzt aufgerufen am: 12.5.2020

wien.gv.at (4) Dreidimensionales Stadtmodell - Anwendungen
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/stadtmodell/anwendungen.html,
zuletzt aufgerufen am: 12.11.2020

wien.gv.at (5) Digitale Baueinreichung
www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/planen/digitale-baueinreichung.html,
zuletzt aufgerufen am: 3.12.19

wien.gv.at (6) Flächenwidmung: Öffentliche Auflage des Planentwurfs 7627G im 16. Bezirk mit
Einsichtnahme
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/flaechenwidmung/aktuell/7627g.html,
zuletzt aufgerufen am: 6.2.2021

wien.gv.at (7) aspern Seestadt - ein "Urban Lab" der Smart City Wien.
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/aspern-seestadt/urban-lab.html,
zuletzt aufgerufen am: 28.6.2020

wien.gv.at (8) Detailliertes Dachmodell (LOD2.4) - Produktinformation
www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/dachmodell/produkt.html
zuletzt aufgerufen am 23.4.2021

Wiener Stadtwerke - Mixed Reality in der Netzwartung
[www.wienerstadtwerke.at/eportal3/ep/programView.do/pageTypeld/71282/programId/5200102/c
hannelld/-51344](http://www.wienerstadtwerke.at/eportal3/ep/programView.do/pageTypeld/71282/programId/5200102/c
hannelld/-51344),
zuletzt aufgerufen am: 10.7.2020

Zeile P., 2010: Echtzeitplanung. Die Fortentwicklung der Simulations- und Visualisierungsmethoden
für die städtebauliche Gestaltungsplanung. Dissertation, TU Kaiserslautern

Zeile, P., 2017: Echtzeitplanung – Dynamische Systeme in der Stadtplanung. In T. H. Kolbe, R. Bill, &
A. Donaubaue (Eds.), Geoinformationssysteme 2017: Beiträge zur 4. Münchner GI-Runde (1st ed., S.
78-89). Berlin: Wichmann, H; Wichmann Verlag

10 Anhang

Anhang 1: Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten

Um die Vielzahl an bereits erprobten und möglichen AR- und VR-Anwendungen zusammenfassend darzustellen, wurden die zuvor beschriebenen konkreten Anwendungschancen gemeinsam mit den notwendigen bzw. nutzbaren Interfaces aufgelistet und möglichen AdressatInnen/AkteurInnen zugeordnet.

Diese wurden an die der Dokumentation zur Strategieguppe Partizipation (2012:12ff.) und der von der Stadt Wien präsentierten Grundlagen zum EU-kofinanzierten Forschungsprojekt zur digitalen Baueinreichung (BRISE), angelehnt. (Radecki, 2020) Aus diesen beiden Gruppendifinitionen wurden folgende, der übersichtlichen Darstellung dienliche, Gruppierung von AkteurInnen abgeleitet.

Öffentlichkeit	AnrainerInnen, Interessierte, TouristInnen
Politik	politische EntscheidungsträgerInnen
StakeholderInnen	InvestorInnen, Projektwerbende, ...
Verwaltung	Magistratsabteilungen
Interessensvertretungen	Vereine, NGOs, ...
PlanerInnen	unterschiedliche Planungsdisziplinen

Anwendungsfeld	Beschreibung der Anwendungsmöglichkeit	Interface(s)	Adressat -Innen
virtuelle Begehung des Projektgebietes	(1) 3D-Stadtmodelle, Google Earth (VR), Google StreetView und vergleichbare Services („Kappazunder“) können zusätzlich zu Karten und Plänen genutzt werden, um ortsunabhängig einen dreidimensionalen Überblick über das Planungsgebiet zu gewinnen.	VR mittels HMDs (Google Earth VR) oder Cardboard (Google StreetView) VST-AR-Visualisierung eines Ausschnittes des Stadtgebietes	PlanerInnen, Verwaltung, StakeholderInnen
virtueller Variantenvergleich	(2) Entscheidungen können durch die Möglichkeit der immersiven Begehung von Varianten und der Chance, ohne die VR-Umgebung zu verlassen, zwischen Varianten zu wechseln, unterstützt werden. Dieses Potenzial kann vor allem bei der Begutachtung städtebaulicher Entwürfe und in der Freiraumplanung wie auch beim Entwurf von Platzgestaltungen genutzt werden.	HMDs oder CAVE Umgebungen	PlanerInnen, Verwaltung, Politik, Öffentlichkeit

Anwendungsfeld	Beschreibung der Anwendungsmöglichkeit	Interface(s)	Adressat -Innen
Bewusstseinsbildung: Simulation & Gamification	(3) Zur Bewusstseinsbildung kann ein spielerischer Umgang zu aktuellen Themen mit Unterstützung von AR und VR verfolgt werden. Maßnahmen der Energiewende können bildlich und spielerisch veranschaulicht werden und Maßnahmen der Verkehrsraumgestaltung und Stadtbegrünung visualisiert und erlebt werden.	HMDs oder CAVE Umgebungen mit zusätzlichen Steuerungsinterfaces (Gamepad, VR-Controller)	Öffentlichkeit, Politik
	(4) Die Verkehrssimulation in VR aus der Perspektive verschiedener Verkehrsteilnehmenden bietet Potenzial, die Akzeptanz von BürgerInnen für zeigemäße urbane Verkehrsplanung im Sinne der aktiven Mobilität zu steigern.		
virtuelle Projektausstellung (nicht-technische Diskussionsgrundlage)	(5) 3D-Modelle von Projekten/Objekten können in VR, freistehend oder in einem Abbild der Umgebung (3D-Stadtmodell) begutachtet und aus unterschiedlichen Perspektiven besichtigt werden. Dabei ist die Darstellung bei Vorhandensein eines kompatiblen Interfaces ortsunabhängig möglich.	VR&AR-HMDs, Cardboard oder auch nicht immersive Bildschirme	Öffentlichkeit, Politik, StakeholderInnen
	(6) Plakate und Pläne können als AR-Marker genutzt werden und mit VST-AR-Projektionen der 3D-Modelle überlagert werden, um BesucherInnen der Projektausstellung allgemeinverständliche, zusätzliche Blickwinkel zu präsentieren.	Computer/Smartphone/Tablet-Display (360 Grad Panoramen)	
	(7) Durch PAR-Projektion können unterschiedliche inhaltliche Ebenen auf dasselbe physische Modell (z.B. bei Projektausstellungen) projiziert werden und Stadtmodelle so um interaktive, veränderbare Inhalte erweitert werden.	Projektionsfläche (z.B. städtebauliches Modell) und Projektoren	
fachlicher Austausch (technische Visualisierung)	(8) 3D-Modelle von Planungen (z.B. BIM-Modelle) können in VR besichtigt oder in AR betrachtet werden und den fachlichen Austausch unterstützen. So können unter anderem Fehler in der Planung früher aufgedeckt und kostengünstiger korrigiert werden.	OST oder VST-AR & VR-HMDs	PlanerInnen, StakeholderInnen, Verwaltung
	(9) FachplanerInnen, ArchitektInnen und TechnikerInnen können gemeinsam und interaktiv an einem mit 3D-BIM-Modellen vergleichbaren 3D-Arbeitsmodell arbeiten. Diese Arbeitsmodelle können holografisch, zum Beispiel mithilfe von OST Interfaces wie der Microsoft HoloLens visualisieren und so die Vorteile von physischen Modellen und digitalen, dreidimensionalen Plänen vereinen.	OST oder VST-AR & VR-HMDs	PlanerInnen, StakeholderInnen, Verwaltung

Anwendungsfeld	Beschreibung der Anwendungsmöglichkeit	Interface(s)	Adressat -Innen
Beteiligung und Information (nicht-technische Visualisierung)	(10) Pläne und Renderings können als AR-Marker dienen und über analoge Medien verbreitet werden. Interessierte können diese Darstellungen mit VST-Applikationen erweitern und so beispielsweise ein dreidimensionales städtebauliches Modell anstelle einer zweidimensionalen Darstellung begutachten.	Smartphones, Tablets, VST-AR, HMDs	Öffentlichkeit, StakeholderInnen, Politik
	(11) 3D-Modelle des zu Planenden können in AR oder VR visualisiert als allgemeinverständliche Diskussionsgrundlage für die Beteiligung und zur Abstimmung unter StakeholderInnen genutzt werden. Dabei kann das Projekt, je nach Zweck der Visualisierung, freistehend oder in einem (ggf. abstrahierten) Abbild der bebauten Umgebung (3D-Stadtmodell) dargestellt werden.	HMDs, Cardboard, Smartphones, Tablets; VST-AR	Öffentlichkeit, PlanerInnen, StakeholderInnen, Politik
	(12) Bei der Beurteilung von Änderungen am Flächenwidmungs- und Bebauungsplan kann eine allgemeinverständliche 3D-Darstellung der Auswirkungen von neuen Bebauungsmöglichkeiten Parteien im Verfahren und PolitikerInnen unterstützen, die Auswirkungen des Entscheides besser einschätzen zu können. Dazu können Plandokumente mit Hilfe von VST-AR mit passend projizierten 3D-Darstellungen der Bebauung sowie der geplanten Bebauung überlagert werden. Eine derartige Visualisierung wurde mit dem Praxisbeispiel AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan umgesetzt. (siehe: 6.5.1 AR-Flächenwidmungs- und Bebauungsplan)	Smartphones, Tablets; VST-AR	Politik, Verwaltung
	(13) 3D-Modelle können, nicht immersiv oder als AR- oder VR-Modelle ausgeführt als nicht ortsgebundene Informationsmöglichkeit über Projekte online zur Verfügung gestellt werden und Interessierten Personen eine allgemeinverständliche, bildliche Informationsquelle bieten.	Smartphones, Tablets VST-AR; Cardboard oder HMDs	Öffentlichkeit

Anwendungsfeld	Beschreibung der Anwendungsmöglichkeit	Interface(s)	Adressat -Innen
Beurteilung von Projekten im Stadtkontext	(14) Wenn Projekte im Kontext der gebauten Umgebung beurteilt werden sollen, können 3D-Modelle der Planungen, eingebettet in ein dem Zweck der Darstellung entsprechend detailliertem 3D-Stadtmodell, dargestellt werden und in VR immersiv besichtigt werden. So kann die optische Auswirkung auf das Stadtbild vorab eingeschätzt werden.	HMDs oder CAVE Umgebungen	Öffentlichkeit, Politik, PlanerInnen
	(15) Bauprojekte können in VST-AR im Projektgebiet bzw. direkt am Bauplatz im gebauten Kontext vorab digital ersichtlich gemacht werden. Vor Ort können Schilder und QR-Codes am Boden auf die Visualisierungen der Planung hinweisen und gleichzeitig technisch beim korrekten Einpassen der 3D-Inhalte in den realen Kontext unterstützen.	Smartphones/Tablets	Öffentlichkeit, Politik, PlanerInnen
Visionen und Interventionen	(16) In VR können Visionen, Szenarien, Utopien und Dystopien nicht nur verbildlicht, sondern erlebt und besichtigt werden. So bieten VR-Umgebungen Voraussetzungen zur Illustration von (planerischen) Interventionen, die, da das digitale Abbild des Raumes nach Belieben verändert werden kann, auch problemlos gesellschaftliche „Grenzen“ überschreiten können.	Cardboard, HMDs oder CAVE	Politik, Öffentlichkeit, Interessensvertretungen
	(17) Augmented Reality bietet die Chance, (planerische wie künstlerische) Visionen und Experimente im realen Stadtraum virtuell auszustellen. So können virtuell Objekte hinzugefügt oder entfernt werden und beispielsweise Chancen der Raumentwicklung aufgezeigt werden.	Smartphones oder Tablets (VST)	
Städtisches Erbe (1)	(18) In VR können verborgene, unzugängliche oder zerstörte Bauwerke zugänglich gemacht werden oder die Stadt in einem vergangenen Zustand besichtigt werden. Dies ermöglicht einer potenziell unbegrenzten Zahl an BesucherInnen auch den Besuch von Stätten, die anders nur wenigen zugänglich sind. Zusätzlich kann der Besuch – bei Vorhandensein der notwendigen Interfaces – auch ortsunabhängig erfolgen.	Cardboard, HMDs oder CAVE	Öffentlichkeit

Anwendungsfeld	Beschreibung der Anwendungsmöglichkeit	Interface(s)	Adressat -Innen
Städtisches Erbe (2)	(19) Nicht sichtbare oder nicht mehr vorhandene Strukturen wie beispielsweise antike römische Bauwerke, überbaute oder zusammengelegte Flüsse und Bäche können mit AR-Tools digital sichtbar gemacht werden. So wird ein digitaler Blick in die Vergangenheit erlaubt, der genutzt werden kann, um Objekte oder Zustände, die anders nicht wieder herstellbar sind, darzustellen. So können beispielsweise Bilder von historischen Gebäudefassaden die bestehende Bebauung überlagern.	Smartphones/Tablets: VST- oder Projektion mittels PAR-AR	Öffentlichkeit
Baueinreichung, Bauabnahme bzw. -Überprüfung	(20) BIM Modelle können in der Baueinreichung genutzt werden, um Verfahrensschritte zu vereinfachen, zu beschleunigen und transparenter zu gestalten. So sollen nach dem Forschungsprojekt der Stadt „BRISE“ 3D-Modelle zur Einreichung genutzt werden, teils automatisiert überprüft, in AR/VR begutachtet und vor Ort zur Unterstützung bei der Bauabnahme seitens der Behörde genutzt werden. Gegebenenfalls graphisch vereinfacht können die BIM-Modelle als 3D-Modelle für mögliche Beteiligungsverfahren genutzt werden und anschließend in das 3D-Stadtmodell eingebunden werden.	AR-Brillen, Smartphones, Tablets (VST-/OST-AR) VR-HMDs zur Begehung	StakeholderInnen Verwaltung, PlanerInnen
Leitungsinfrastruktur und Instandhaltung	(21) Unterirdisch verlaufende Infrastruktur kann mit Hilfe von VST- oder OST-AR vor Ort sichtbar gemacht werden. Dieses Potenzial kann zur Effizienzsteigerung in der Instandhaltung und Erneuerung von (Leitungs-) Infrastruktur und nicht-technisch, wie zur Darstellung von durch Einbauten blockierte (Freihaltungs-) Zonen beitragen, die bei Straßenraumgestaltung oder -Begrünung berücksichtigt werden müssen.	Smartphones, Tablets oder OST-Interfaces wie Microsoft HoloLens	PlanerInnen, Verwaltung, Öffentlichkeit
Grün- & Straßenraumgestaltung, Stadtmöbel	(22) Visualisierung von geplanten Maßnahmen und Veränderungen im Stadtraum können z.B. mit Markern und VST-AR-Projektionen sichtbar gemacht werden Möglichkeit der partizipativen Herangehensweisen an Stadtbegrünung und Chancen, die Akzeptanz zu steigern. Ein Beispiel für die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von AR für (planerische) Interventionen im Sinne der Stadtbegrünung ist das Praxisprojekt Augmented Trees. (siehe: 6.5.2 Augmented Trees)	Vorrangig Smartphones und Tablets (VST) oder mittels Projektoren	Öffentlichkeit, Politik, Verwaltung

Anhang 2: Einrichtung der Android-Entwicklungsumgebung für Unreal

In den Projekteinstellungen müssen vorab folgende Schritte durchgeführt werden:

Unter **Platforms** → **Android SDK** muss auf den Pfad zu den Ordnern, in denen die jeweiligen Development Kits liegen, verwiesen werden. Dabei war der Ort für die **AndroidSDK** (Android Software Development Kit) und die **AndroidNDK** (Android Native Development Kit) am vorgesehenen Ort laut Dokumentation zu finden (`~/Users/Username/Appdata/Local/Android/...`). Der JAVA Ordner muss im gegebenen Fall, anders als dies in der offiziellen Dokumentation beschrieben ist, auf `~/Program Files/Android/Android Studio/jre` verweisen. Bevor Apps auf das Smartphone geladen werden können, muss außerdem unter **Platforms** → **Android** die Android SDK Lizenz akzeptiert werden.

In den Feldern **“Minimum SDK Version”** bzw. **“Target SDK Version”** muss das gewünschte API-Level (Version der Entwicklungsumgebung) angegeben werden, wobei API-Level 30 die aktuelle ist und in den Tests des Autors API-Level 24 die niedrigste funktionsfähige Version war. API-Level 24 entspricht dabei Android 7 “Nougat”, 30 Android 11. (Android.com, 2020) Je nachdem, ob das erstellte Projekt als 32-Bit- oder 64-Bit-Applikation kompiliert werden soll, muss unter **Support armv7** oder **Support arm64** ausgewählt werden.

Sofern das Projekt über den Google Play Store vertrieben werden soll, kann dies im Reiter Google Play Services konfiguriert werden.