

Diplomarbeit

Anwendungsmöglichkeiten von Augmented Reality in Behördenprozessen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grads

Diplom-Ingenieur

eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

Diploma Thesis

Applications of augmented reality in building authority processes

submitted in satisfaction of the requirements for the degree

Diplom-Ingenieur

of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

Alexander Gerger, BSc

Matr.Nr.: 01608687

Betreuung: Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Christian Schranz**, M.Sc.
Dipl.-Ing. Dr.techn. **Harald Urban**
Forschungsbereich Digitaler Bauprozess
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/E235-03, 1040 Wien, Österreich

Wien, im Juni 2023



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.

Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinen Betreuer Herrn Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz, M.Sc. und Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Harald Urban bedanken. Christian Schranz stand mir als Mentor mehr als fünf Jahre zur Seite und prägte meinen Weg an der Universität und darüber hinaus maßgebend.

Weiterer Dank gilt den Beteiligten des Forschungsprojekts BRISE-Vienna für die hervorragende Zusammenarbeit. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Herrn Ing. Roman Schneider, M.Sc. und Herrn Alexander Wihann, B.Sc.

Der Verfasser legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wurde oftmals die männliche Form gewählt. Sämtliche Ausführungen gelten natürlich in gleicher Weise für alle Geschlechter.



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

Das Bauwesen zählt zu den am wenigsten digitalisierten Branchen in Österreich. Die Arbeitsproduktivität ist in den letzten drei Jahrzehnten weitgehend stagniert. Die zunehmende Komplexität von Bauprojekten sowie die hohe Anzahl von Bauansuchen führen in Wien zu Bewilligungsdauern von aktuell bis zu 18 Monaten. Die Stadt Wien hat die Problematik erkannt und das Forschungsprojekt BRISE-Vienna gestartet. Die digitale Transformation des Bewilligungsprozesses soll durch den Einsatz von BIM, AR und KI die Prozessdauer bis zu 50 % reduzieren. Augmented Reality (AR) bietet als Visualisierungstool die Möglichkeit, die Kommunikation zwischen fachkundigen und nicht-fachkundigen Personen zu verbessern und insgesamt Prozesse zu beschleunigen. Diese Arbeit ist im Rahmen des Forschungsprojektes entstanden und hat die Entwicklung von Anwendungsmöglichkeiten von AR zum Ziel. Die Bearbeitung umfasst drei Phasen: eine breite Analyse bestehender Prozesse und Beschreibung neuer AR-Use-Cases, die spezifische Konzeption eines AR-Use-Cases zur Umsetzung sowie die Evaluierung der Potenziale dieser AR-Anwendung in Versuchen. Das Ergebnis ist einerseits die Beschreibung der Potenziale von AR für Baubehörden und andererseits eine evaluierte AR-App zur Einsichtnahme.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Bewilligungsphase. Für die Berücksichtigung von Querverbindungen wird jedoch ein breiteres Spektrum des Lebenszyklus betrachtet, bestehend aus den Phasen: Widmen, Planen, Bewilligen, Bauen und Betreiben. Der erste Schritt behandelt die Identifikation von Anknüpfungspunkten von AR. Die Grundlagen dafür liefert eine kurze Literaturrecherche zum aktuellen Stand von AR, Analysen aktueller Prozesse sowie Stakeholderinterviews. Aufbauend auf den Analysen werden AR-Use-Cases vorgestellt. In Abstimmung mit Stakeholdern aus den Bereichen (Flächenwidmung, Baupolizei, Recht, Architektur und Vermessung) erfolgte eine Bewertung der Use-Cases hinsichtlich des *Nutzen für die Zielgruppe* und der *Umsetzbarkeit*. Die Beschreibung und Reihung der AR-Use-Cases soll als Basis für weitere Forschungs- und Umsetzungstätigkeiten dienen. Im Zuge dieser Arbeit wird die Umsetzung der Digitalisierung der Einsichtnahme mittels AR am Magistrat beispielhaft näher ausgeführt.

Die Umsetzung einer entsprechenden AR-App wird aus Anwendersicht betrachtet und Vorschläge zum Datenmanagement und dem Navigationsschema gegeben.

Den Abschluss bildet die Evaluierung der umgesetzten AR-App. Die getroffenen Annahmen zur Steigerung der Prozesseffizienz und Qualität in der Kommunikation werden verifiziert.

Abstract

Construction industry is one of the least digitised sectors in Austria. Labour productivity has largely stagnated over the last three decades. The increasing complexity of construction projects as well as the high number of building applications lead to approval times of currently up to 18 months in Vienna. The City of Vienna has recognised the problem and launched the BRISE-Vienna research project. The digital transformation of the approval process should reduce the process duration by up to 50 % through the use of BIM, AR and AI. Augmented reality (AR) as a visualisation tool offers the possibility to improve the communication between expert and non-expert persons and to speed up processes overall. This work was done within the framework of the research project and aims at developing possible applications of AR. The work comprises three phases: a broad analysis of existing processes and description of new AR use cases, the specific conception of an AR use case for implementation and the evaluation of the potentials of this AR application in trials. The result is on the one hand a description of the potentials of AR for building authorities and on the other hand an evaluated AR app for viewing.

The focus of this work is on the approval phase. However, in order to consider cross-connections, a broader spectrum of the life cycle is considered, consisting of the phases: zoning, planning, permission, construction and operation. The first step deals with the identification of connecting points of AR. The basis therefore is provided by a brief literature review on the current status of AR, analyses of current processes and stakeholder interviews. Based on the analyses, AR use cases are presented. In consultation with stakeholders from the fields (zoning, building police, law, architecture and surveying), the use cases were evaluated with regard to their *benefit for the target group* and *feasibility*. The resulting ranking served the decision-makers in the research project as a basis for deciding on further implementation. The description and ranking of the AR use cases should serve as a basis for further research and implementation activities. In the course of this work, the implementation of the digitalisation of inspection by means of AR at the building authority's office is described in more detail as an example.

The implementation of a corresponding AR app is examined from the user's point of view and suggestions are given for data management and the navigation scheme.

The final step is the evaluation of the implemented AR app. The assumptions made to increase process efficiency and quality in communication are verified.



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.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Aufbau der Diplomarbeit	12
1.2	Forschungsfragen	12
1.3	Abkürzungsverzeichnis	13
2	Methodik	15
2.1	Phase I – Prozessanalyse und Prozessentwicklung	15
2.2	Phase II – Umsetzung einer AR-App	18
2.3	Phase III – Erhebung der Potenziale der AR-Einsichtnahme	19
3	Das Bewilligungsverfahren am Beispiel Wien	21
3.1	Status Quo	21
3.2	Das openBIM-Bewilligungsverfahren	22
4	Phase I – Prozessentwicklung von AR-Use-Cases im Behördenverfahren	25
4.1	Widmen	25
4.1.1	Entwicklung städtebaulicher Vorhaben in Wien	27
4.1.2	UC 01 – Kooperative Planungsworkshops	30
4.1.3	UC 02 – AR im Rahmen von Informationsausstellungen	31
4.1.4	UC 03 – AR als visuelle Unterstützung von Entscheidungsträgern	34
4.2	Planen	37
4.2.1	UC 04 – AR-unterstützte Vermessung	37
4.3	Bewilligen	38
4.3.1	Allgemein	38
4.3.2	UC 05 – Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat mittels AR	43
4.3.3	UC 06 – AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort	49
4.3.4	UC 07 – AR-unterstützte Einsichtnahme zuhause	54
4.3.5	Gegenüberstellung der UC 05, UC 06 und UC 07	54
4.3.6	UC 08 – Stadtbildrelevante Begutachtung mittels AR	55
4.3.7	UC 09 – AR im Rahmen mündlicher Bauverhandlungen am Bauplatz	57
4.3.8	UC 10 – AR-unterstützte Bauverhandlungen am Magistrat	60
4.3.9	UC 11 – Virtuelle Bauverhandlung	61
4.3.10	Gegenüberstellung der UC 09, UC 10 und UC 11	62
4.4	Bauen	63
4.4.1	UC 12 – Unterstützung der Werkmeister durch AR	63
4.5	Betreiben	67
4.5.1	UC 13 – Digitales Bauwerksbuch und AR	67
4.5.2	UC 14 – AR im Facility Management	68
4.5.3	UC 15 – AR-unterstützte Feuerwehreinsätze	69
4.5.4	UC 16 – Beurteilung des Bauwerksbestandes mittels AR	70
4.6	Bewertung der Potenziale der AR-Use-Cases	70

5	Phase II – Umsetzung einer AR-App zur Einsichtnahme und Bauverhandlung	73
5.1	Datenmanagement	73
5.2	AR-App-Konzeption	76
5.2.1	Navigationsschema	76
5.2.2	App-Funktionalität	77
5.2.3	Oberfläche der BRISE-AR-App	80
6	Phase III – Evaluierung der Einsichtnahme	83
6.1	Versuchsaufbau	83
6.2	Quantitative Evaluierung	85
6.2.1	Ergebnisse	88
6.2.2	Diskussion	90
6.3	Qualitative Evaluierung	92
6.3.1	Ergebnisse und Diskussion	92
7	Forschungsergebnisse	97
7.1	Zusammenfassung	97
7.2	Beantwortung der Forschungsfragen	98
7.3	Abgrenzung und Ausblick	100

Kapitel 1

Einleitung

Als eines der letzten Fachgebiete erlebt das Bauwesen aktuell seine digitale Transformation. Die wachsende Verbreitung von Building Information Modeling (BIM) ermöglicht durch die damit einhergehende Verfügbarkeit von digitalen Daten den Einsatz neuer Technologien (zB Augmented Reality, Virtual Reality, Robotik). Dieser Wandel in der Datenverwaltung, Prozessgestaltung und der Verwendung neuer Technologien wird häufig als Bauen 4.0 bezeichnet. Angelehnt an die Industriellen Revolutionen – erste industrielle Revolution durch die Entwicklung von Dampfmaschinen, zweite industrielle Revolution durch die Erfindung des Fließbandes und die dritte industrielle Revolution durch den Einsatz von Computern zur Optimierung – soll der Begriff Bauen 4.0 die Bedeutung dieser Transformation verdeutlichen. Obwohl erste Konzepte von BIM bereits aus 1974 stammen [11], dauert die Verbreitung dieser neuen Arbeitsweise und Datenverwaltung bis heute an. Die zentrale digitale Verwaltung von Daten im BIM-Modell soll Prozesse über den gesamten Gebäudelebenszyklus effizienter gestalten. Bisher lag der Fokus der Digitalisierung vor allem auf den Bereichen Planen, Bauen und Betreiben. Den Beginn machte die Planungsphase durch den Einsatz BIM-fähiger CAD-Software. Damit begann die Umstellung der Planungsprozesse in Richtung integrale Planung. Für den Einsatz von BIM auf der Baustelle während der Errichtungsphase wurde eine neue Technologie erforderlich – Augmented Reality (AR). Die Erweiterung der realen Umgebung durch virtuelle Informationen wurde in zahlreichen Forschungsprojekten getestet [45], [36] und wird aktuell in Pilotprojekten evaluiert. Am Übergang von der Errichtungs- zur Betriebsphase konnte mit der zentralen Datenverwaltung der lange bestehende Medienbruch (Dokumentation mittels Excel-Dateien, PDFs etc.) beendet werden.

Die Digitale Transformation des Bauwesens wurde bisher vor allem aus Sicht privater Stakeholder (Planer, Bauunternehmer) betrachtet [18]. Ein wichtiger Stakeholder innerhalb des Gebäudelebenszyklus stellt jedoch die öffentliche Hand (Behörden) dar. Die Prozesse von Behörden sind oftmals durch Beteiligungsformen gekennzeichnet (zB Stadtgestaltung/Raumordnung, Bewilligungsverfahren). Dabei stellt vor allem die Verwendung unterschiedlicher „Sprache“ eine Herausforderung dar. Während die Plansprache für Experten das Mittel der Wahl ist, erfordert diese für Bürger im Allgemeinen einen hohen Erklärungsbedarf. Die positiven Effekte durch Beteiligungsformen werden dadurch aufgrund oftmals langer Prozessdauern geschmälert. Ein Beispiel dafür ist die reale Verfahrensdauer von Baubewilligungsverfahren in Wien von aktuell bis zu 18 Monaten. Dieses Potenzial zur Steigerung der Effizienz von Prozessen wurde von der Stadt Wien erkannt und das Forschungsprojekt BRISE-Vienna gestartet. In diesem Projekt soll der Einsatz von BIM in Form eines openBIM-Bewilligungsverfahrens gemeinsam mit dem Einsatz der neuen Technologien BIM, AR und Künstliche Intelligenz (KI) zu kürzeren Prozessdauern und einer höheren Akzeptanz von Beteiligten führen.

1.1 Aufbau der Diplomarbeit

Diese Arbeit ist im Zuge des Forschungsprojekts BRISE-Vienna entstanden und befasst sich mit den Potenzialen von AR für (Bau-)Behörden. Der Fokus lag dabei auf den Einsatzmöglichkeiten von AR im Zuge des Bewilligungsverfahrens. Teile der Arbeit wurden bereits in Publikationen und einem Bericht veröffentlicht [17, 18, 34]. Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an den Entwicklungsschritten im Forschungsprojekt: Phase I *Prozesserhebung und -entwicklung* – Phase II *Konzeption der AR-Einsichtnahme* – Phase III *Evaluierung der Einsichtnahme*. Kapitel 2 behandelt die unterschiedlichen methodischen Werkzeuge zur Prozessanalyse, zur Prozessentwicklung, der AR-App-Konzeption sowie zur Evaluierung der Forschungsergebnisse. Anschließend gibt Kapitel 3 einen kurzen Überblick über den Bewilligungsprozess in Wien. Betrachtet werden dabei sowohl der Status quo als auch der neu entwickelte openBIM-Bewilligungsprozess. Während der Status quo vor allem zur Identifikation aktueller Herausforderungen dient, bildet der BIM-basierte Bewilligungsprozess die Grundlage für AR-Anwendungen aus Datensicht. Kapitel 4 widmet sich der ersten Phase des Forschungsprojekts und stellt basierend auf Prozessanalysen und Interviews, AR-Use-Cases für (Bau-)Behörden vor. Dabei wurde nicht nur die Phase der Baubewilligung betrachtet, sondern ein möglichst breiter Blick über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden gelegt. Es wurden insgesamt 16 AR-Use-Cases über den gesamten Gebäudelebenszyklus entwickelt, in einer Überblicksgrafik dargestellt und konzeptionell beschrieben. In Kapitel 5 wird die Konzeption einer AR-App zur Unterstützung bei der Einsichtnahme vorgestellt. Gegenstand des sechsten Kapitels ist die letzte Phase – die Evaluierung der Forschungsergebnisse. In diesem Kapitel werden die Versuche zur Beantwortung der Forschungsfragen sowie deren Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. Kapitel 7 fasst die Erkenntnisse der vorangegangenen Kapitel zusammen, beantwortet die Forschungsfragen und diskutiert weitere erforderliche Forschungstätigkeiten.

1.2 Forschungsfragen

Diese Arbeit widmet sich anhand des Beispiel Wiens der Identifikation von Anwendungsmöglichkeiten von AR für Behörden. Der Fokus liegt dabei auf der Effizienzsteigerung von Prozessen mit Schwerpunkt auf der Bewilligungsphase. Im Zuge dieser Arbeit werden folgende Forschungsfragen bearbeitet und bewertet:

1. Wie kann der Einsatz von AR (Bau-)Behörden insbesondere im Bewilligungsprozess unterstützen?
2. Entlastet der Einsatz von AR Referenten durch schnellere Bewilligungsprozesse?
3. Unterstützt AR die Kommunikation zwischen Beteiligten und Behörde positiv?

1.3 Abkürzungsverzeichnis

Dieses Verzeichnis enthält sowohl allgemeine Begriffe als auch aus den Fachbereichen Bauwesen und Recht [8].

Allgemeine Abkürzungen

bspw	beispielsweise
bzw	beziehungsweise
dh	das heißt
ua	unter anderem
zB	zum Beispiel

Fachliche Abkürzungen

AR	Augmented Reality
AVG	Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz
BAM	Bauantragsmodell
BCF	BIM Collaboration Format
BGF	Bruttogeschossfläche
BIM	Building Information Modeling
BO	Bauordnung
FLWBP	Flächenwidmungs- und Bebauungsplan
IFC	Industry Foundation Classes
KI	Künstliche Intelligenz
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
mAR	mobile Augmented Reality (Geräte)
MVD	Model View Definition
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht
PIP	Project Information Point
REM	Referenzmodell
SIM	Serviceinformationsmodell
SUP	Strategische Umweltprüfung
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
UC	Use-Case
UI	User-Interface
UX	User-Experience
WKIG	Wiener Kleingartengesetz



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.

Kapitel 2

Methodik

In dieser Arbeit werden Potenziale von AR-Anwendungen für Behörden identifiziert. Entsprechend der unterschiedlichen Phasen des Projekts werden jeweils geeignete Werkzeuge zur Analyse verwendet.

2.1 Phase I – Prozessanalyse und Prozessentwicklung

Die erste Phase behandelt die Identifikation für AR-Anknüpfungspunkte anhand von Analysen der Ist-Prozesse sowie darauf aufbauend die Entwicklung von AR-Use-Cases [18]. Diese Phase untergliedert sich weiter in vier weitere Phasen: Literaturrecherche, Prozessanalyse bestehender Abläufe mit Interviews beteiligter Personen, Stakeholderinterviews sowie Untersuchung der Use-Cases auf Überschneidungen und Definition der 12 wichtigsten AR-Use-Cases für Behörden (siehe Abb. 2.1)

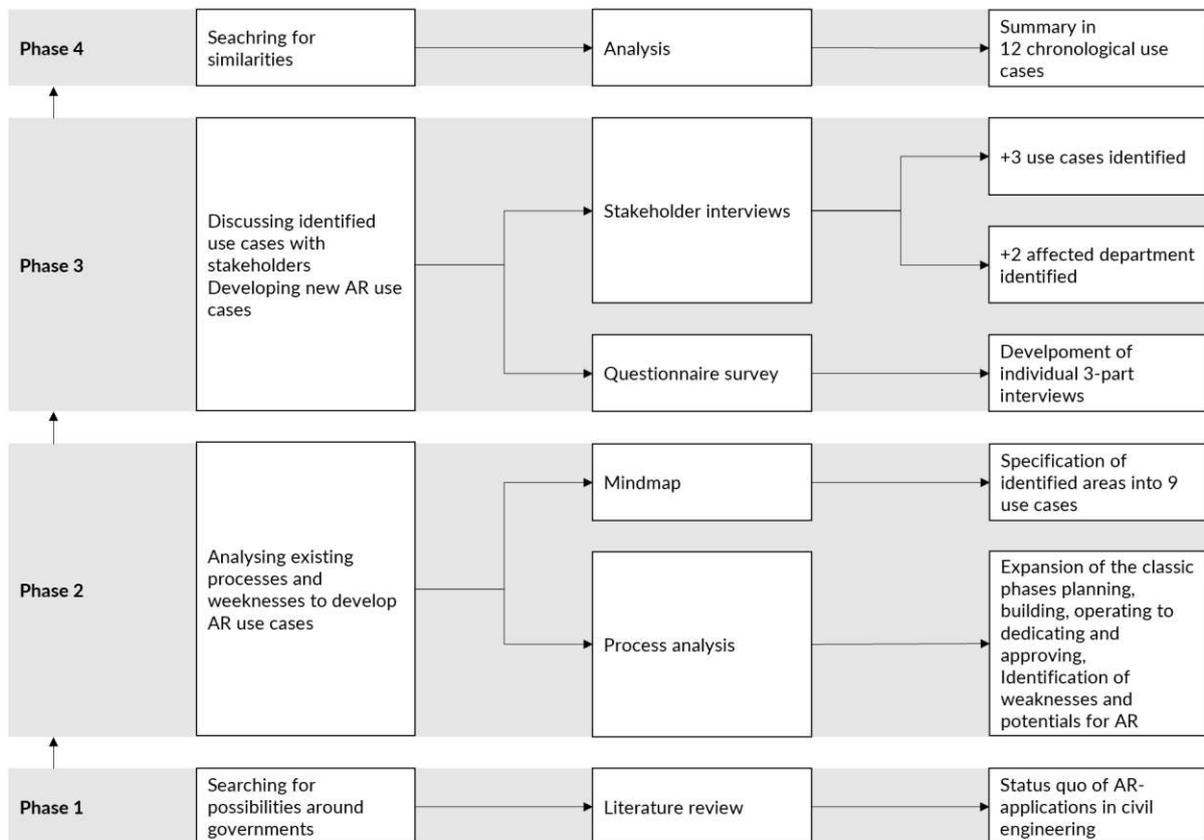


Abb. 2.1: Phasen der Prozessanalyse und Prozessentwicklung [18]

Literaturrecherche

Im ersten Schritt widmete sich die Recherche der allgemeinen Identifikation von Einsatzphasen von AR im Bauwesen. In [16] führte der Autor bereits eine Analyse zum Stand von AR-Applikationen in Österreich für das Bauwesen durch. Dabei zeigte sich, dass aktuelle AR-Use-Cases vor allem die Phasen Planen und Bauen betreffen. Augmented Reality dient zur Erweiterung der Realität um virtuelle Elemente. Diese Definition kann zu der Interpretation führen, dass bereits etwas errichtet sein muss, um es mit weiteren Information anreichern zu können. Damit stellt die Errichtungsphase den besten Anknüpfungspunkt für den Einsatz von AR im klassischen Sinn dar. Bei diesen Anwendungsfällen (zB Kollisionskontrollen für TGA) wird ein digitales Modell oder digitale Informationen in der realen Umgebung referenziert dargestellt. Damit kann beispielsweise der errichtete Rohbau des Erdgeschoßes mit der virtuellen TGA-Leitungsführung überlagert und Planungsmängel frühzeitig erkannt werden. Entsprechend einer der ersten Definitionen von AR müssen drei Anforderungen gegeben sein [2]:

- Kombination von Realem und Virtuellem,
- Interaktion in Echtzeit und
- Verortung in drei Dimensionen.

Die Forderung nach der Verortung im Raum ermöglicht eine wesentlich größere Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten. In der Planungsphase können mit AR einzelne Produkte oder ganze Gebäude räumlich mit AR visualisiert werden. Dabei wird das virtuelle Modell, beispielsweise eines Erdgeschoßes, virtuell auf einem realen Tisch platziert. Die Verortung erfolgt dabei ebenfalls in allen drei Raumkoordinaten, jedoch gibt es noch keinen „Bestand“ an den referenziert werden muss. Die Darstellung erfolgt somit beliebig maßstabslos. Damit stellen Anwendungen ohne Maßstabstreue die einfachste Form von AR-Anwendungen dar. Neben der Errichtungs- und Planungsphase, gibt es auch AR-Anwendungen für die Bauvorbereitungs- sowie die Betriebsphase [37]. Untersucht man aktuelle AR-Felder nach Themengebieten anstatt Lebenszyklusphasen, können folgende Bereiche identifiziert werden [7, 30]:

- Kollaboration / Kommunikation / Unterstützung in der Planung,
- Baustellenmanagement / Dokumentation / Qualitätssicherung,
- Sicherheit,
- Facility Management / Betrieb und
- Stakeholdermanagement.

Eine weitere Unterscheidung kann nach dem Grad der Immersion getroffen werden: immersiv bzw. nicht-immersiv. Immersion ist definiert als: „*a state of deep mental involvement in which the subject may experience disassociation from the awareness of the physical world due to a shift in their attentional state*“ [1]. Der Grad der Immersion hängt unmittelbar mit der verwendeten Hardware zusammen. Mittels AR-Brillen kann ein hohes Immersionsgefühl entstehen. Bei AR-Brillen wird das natürliche Sichtfeld mit virtuellen Informationen angereichert. Dabei scheint das Sichtfeld unbegrenzt im Gegensatz etwa zu Tablet-Displays. Die Bedienung der Hardware ohne Hände (zB mittels Augentracking) erweitert die Anwendungsbereiche auf den Bereich Ausbildung (zB Schweißtraining) , Sicherheitsschulungen [24] oder Wartungsarbeiten [16]. Der flächendeckende Einsatz von AR mittels AR-Brillen wird aktuell noch durch die Faktoren der variierenden Trackinggenauigkeit in Abhängigkeit der Lichtverhältnisse bzw den hohen

Anschaffungspreisen gehindert [46]. Im Gegensatz dazu ist der Grad der Immersion bei mAR-Anwendungen (mobile augmented reality) wesentlich geringer – also nicht immersiv. Aktuelle AR-Anwendungen fokussieren auf den mAR-Bereich, da diese den großen Vorteil bieten flächendeckend und kostengünstig vorhanden zu sein. In den letzten Jahren haben mAR-Anwendungen immer stärkeren Einzug in das Qualitätsmanagement während der Errichtungsphase gefunden [51]. Die Trackinggenauigkeit von mobilen Geräten (ohne teure Infrarot- oder LiDAR-Sensoren) erlaubt bereits eine ausreichende Genauigkeit für die stationäre Überlagerung eines digitalen Modells mit dem Bauzustand. Die Prozesse der Behörde, vor allem als Schnittstelle zwischen Planung und Bauausführung, wurden bisher wenig erforscht. Das Potenzial beider AR-Techniken (AR-Brille, mAR) innerhalb dieser Phase wird in Phase 2 untersucht.

Prozessanalyse

Phase zwei der Prozessanalyse baut auf den allgemeinen Erkenntnissen aus dem ersten Schritt auf und hat nun die Ermittlung konkreter Anknüpfungspunkte von AR für Baubehörden zum Ziel. Auch diese Phase gliedert sich in drei Schritte:

1. Ermittlung von Stakeholdern,
2. Prozesserhebung und
3. Identifikation von Prozessschwächen als Anknüpfungspunkte von AR.

Innerhalb der Behörde werden die unterschiedlichen Aufgaben von verschiedenen Magistratsabteilungen wahrgenommen. Zur Ermittlung der Stakeholder wurden die Phasen des Gebäudelebenszyklus betrachtet und entsprechend die zuständigen Magistrate ermittelt. Aus Behördensicht müssen die klassischen Phasen (Planen, Bauen und Betreiben) um zwei weitere ergänzt werden: „Widmen“ und „Bewilligen“. Das Thema Partizipation ist stark in Wien verankert. Bereits in der Flächenwidmung (Widmen) gibt es Möglichkeiten zur Beteiligung der Bevölkerung. In dieser Phase steht die Aufteilung von Baumassen im Zentrum und noch keine spezifische Projektplanung. Die Beteiligungsformen wurden analysiert und mit der Abteilung für Stadtteilplanung und Flächennutzung drei AR-Use-Cases entwickelt. Nach der Beschlussfassung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes ist die Basis für konkrete Projektplanungen gelegt. Voraussetzung dafür sind exakte Daten über den Baugrund bzw das Grundstück. In Wien wird deshalb ein Geometer mit der Erstellung eines Vermessungsplanes beauftragt, bevor die Einreichplanung beginnen kann. Für die Vermessungsarbeiten (Planen) wurde ein AR-Use-Case entwickelt. Daran schließt die Bewilligungsphase an (Bewilligen). Diese Phase bildet den Schwerpunkt des Forschungsprojektes BRISE-Vienna. Der Einsatz eines BIM-basierten Bewilligungsverfahrens in Kombination mit AR-unterstützten Einsichtnahmen und Bauverhandlungen soll die Bewilligungsdauer reduzieren und die Kooperation mit Beteiligten der Bevölkerung stärken. Aktuelle Plan-basierte Prozesse sowie künftige openBIM-basierte Prozesse wurden analysiert und insgesamt sieben Ar-Use-Cases in dieser Phase beschrieben. Nach der Erteilung der Baubewilligung führt die Baubehörde Kontrollen des Baukonsens während der Bauausführung (Bauen) und am Ende im Zuge der Fertigstellungsmeldung durch. In dieser Phase kann AR die zuständigen Werkmeister durch zwei AR-Anwendungsmöglichkeiten unterstützen. Den Abschluss bildet die Betriebsphase. Die Stadt Wien tritt hier sowohl in der Gebäudeverwaltung als auch im Bereich Sicherheit auf (Feuerwehr, Bestandserkundung). In diesem Kontext werden vier AR-Use-Cases zur Unterstützung der jeweiligen Stakeholder vorgestellt.

Stakeholder-Interviews

Nach einer ersten Konzeption von AR-Use-Cases erfolgte eine Validierung dieser Anwendungsmöglichkeiten im Zuge von Experteninterviews. Die Interviews verfolgten folgende Ziele:

- Validierung konzipierter AR-Use-Cases,
- Entwicklung weiterer AR-Use-Cases und
- Einschätzung der AR-Use-Cases hinsichtlich deren Nutzen und Umsetzbarkeit.

Zu diesem Zweck wurden die Interviews zwei-geteilt aufgebaut: einem Abschnitt zur Besprechung und Entwicklung von AR-Use-Cases sowie einem qualitativen Abschnitt zur Bewertung der entwickelten Ideen. Am Beginn stand eine Einführung zum Thema AR. Die interviewten Stakeholder sind Experten auf dem jeweiligen Fachgebiet, jedoch mit unterschiedlichem Wissensstand zum Thema AR. Zur Schaffung einer gemeinsamen Diskussionsbasis wurden AR allgemein sowie Potenziale anhand von Beispielen vorgestellt. Anschließend erfolgte die Vorstellung bereits konzipierter AR-Anwendungsfälle. Diese AR-Use-Cases wurden gemeinsam diskutiert, weiterentwickelt und bewertet. In vielen Fällen führte der gemeinsame Austausch zur Entwicklung weiterer AR-Use-Cases. Die Interviews wurden mit 14 verschiedenen Vertreter:innen aus fünf zentralen Bereichen geführt (Stadtteilplanung und Flächennutzung, Baupolizei, Recht, Architektur und BIM-Umsetzung). Die COVID-19-Pandemie führte zu Kontaktbeschränkungen, sodass die Interviews als Online-Meeting bzw. per Mail-Austausch abgehalten wurden. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug 2 h.

Analyse

In den vorangegangenen Schritten konnten insgesamt 21 Potenzialfelder für AR-Unterstützungen identifiziert werden. Diese Use-Cases wurden gemeinsam mit Stakeholdern hinsichtlich ihres Nutzen für die jeweilige Zielgruppe sowie der Umsetzbarkeit bewertet. Die Bewertung beider Kategorien erfolgte anhand einer vier-teiligen Likert-Skala. Die Skala der ersten Kategorie „Nutzen der Zielgruppe“ reicht von 1 (sehr hilfreich) bis 4 (störend). In der zweiten Kategorie „Umsetzbarkeit“ standen die Zeiträume 1 (unmittelbar umsetzbar) bis 4 (in 10+ Jahren umsetzbar) in 5-Jahres-Schritten zur Auswahl. Anschließend erfolgte eine Analyse nach Überschneidungen und eine Auswahl jener 16 AR-Use-Cases mit dem höchsten Nutzen bzw. den besten Chancen zur Umsetzung. Diese 16 finalen Use-Cases wurden näher betrachtet und jeweils grobe Prozessabläufe entwickelt. Für die Schwerpunktthemen Einsichtnahme und Bauverhandlung wurden unterschiedliche Möglichkeiten entwickelt und hinsichtlich ihres Nutzens für unterschiedliche Zielgruppen, ihren Anforderungen und den Herausforderungen gegenübergestellt.

2.2 Phase II – Umsetzung einer AR-App

Aufbauend auf den umrissenen Prozessen aus Phase I, steht die Entwicklung einer AR-App zur Einsichtnahme und Bauverhandlung im Fokus von Phase II. Die Beschreibung der Prozesse erfolgt in höherer Detailtiefe und stellt die Basis zur Umsetzung durch Software-Ingenieure dar. Zur Anwendung kommen Prinzipien aus dem UX-Design. Diese Phase beschreibt die Konzeption des Datenmanagements und des Navigationsschemas.

2.3 Phase III – Erhebung der Potenziale der AR-Einsichtnahme

In der letzten Phase erfolgt die Evaluierung der AR-unterstützten Einsichtnahme. Der Prozess der Einsichtnahme werden dabei mit Probanden praxisnahe untersucht. Um Rückschlüsse auf Veränderungen im Vergleich zur konventionellen Plan-unterstützten Einsichtnahme zu ermöglichen, werden zwei Durchgänge (AR-unterstützt und Plan-unterstützt) durchgeführt. Die Analyse besteht aus zwei Elementen – einer quantitativen Evaluierung und einer qualitativen Evaluierung. In der quantitativen Evaluierung wurden die Dauern der jeweiligen Prozessschritte erfasst. Diese Auswertung bildet damit die Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfrage bezüglich Zeiteinsparungspotenzial durch AR. Bei der qualitativen Evaluierung kommen Fragebögen zum Einsatz. Die Antworten dienen als Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfrage: „*Unterstützt AR die Kommunikation zwischen Beteiligten und Behörde positiv?*“ Die Evaluierung der Einsichtnahme inklusive der Diskussion der Ergebnisse wird in Kapitel 6 detailliert vorgestellt.

Abschließend erfolgte eine Zusammenfassung der AR-Anwendungsfelder im chronologischen Ablauf der Behördenprozesse.



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.

Kapitel 3

Das Bewilligungsverfahren am Beispiel Wien

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Bewilligungsphase. Für die Entwicklung neuer AR-unterstützter Anwendungsfälle, ist eine Prozessanalyse erforderlich. Die Analyse umfasst zwei Prozesse: erstens den *Status quo* zur Bedarfserhebung und zweitens das *openBIM-Bewilligungsverfahren* zur Identifikation potentieller AR-Anknüpfungspunkte. Beide Verfahren werden nachfolgend vorgestellt.

3.1 Status Quo

Bewilligungsverfahren unterscheiden sich weltweit deutlich, obwohl sie alle die gleiche Frage eint: Entspricht das Bauvorhaben der nationalen Rechtsmaterie. Unterschiede können dabei vor allem entsprechend des Umfangs der technischen und rechtlichen Prüfungen identifiziert werden. Die Digitale Transformation der Bewilligungsprozesse steht noch am Beginn. Im DACH-Raum können erste Schritte in dieser Richtung erkannt werden. In Deutschland (Bayern) und Wien ist die „digitale Baueinreichung“ seit März 2021 [4] bzw. Februar 2021 [42] möglich. Dabei können Bauwerber die erforderlichen Unterlagen (Einreichpläne, Vollmachten, statische oder bauphysikalische Nachweise etc.) in digitaler Form (PDF) auf einer Website der Behörde hochladen und damit einreichen. Es handelt sich folglich um eine Digitalisierung und noch keine Digitale Transformation – es wurde lediglich das Format der Information geändert, jedoch nicht die Prozesse an die Potenziale der Technologie angepasst. Die Prüfung der eingereichten Unterlagen erfolgt oftmals jedoch wieder in Form ausgedruckter Dokumente. In Wien werden die Einreichdokumente von der Baupolizei (MA 37) in Abstimmung mit anderen Fachabteilungen geprüft (zB KSB *Kompetenzstelle Brandschutz*, MA 19 *Architektur und Stadtgestaltung* etc.). Der Umfang der rechtlichen Prüfung umfasst dabei die gültige Rechtsmaterie (vor allem Bauordnung für Wien [50] und Flächenwidmungs- und Bebauungsplan Wien [49]). Darüber hinaus wird in der bautechnischen Prüfung die Einhaltung technisch relevanter Aspekte (zB OIB-Richtlinien [27]) geprüft. Diese Form – Einreichung, Prüfung und Einsichtnahme anhand von 2D-Plänen, welche in ausgedruckter Form oder als digitaler 2D-Plan (zB PDF) vorliegen – weist aktuell die größte Verbreitung auf [6, 19].

Eichler et al [12] haben ein *Reifegradmodell des digitalen Bewilligungsverfahrens* entwickelt und definieren die Art der *digitalen Baueinreichung* als *Level 1*. Diese Stufe stellt den höchsten Grad an Digitalisierung dar, bevor die Prozesse modellbasiert sind und damit einen weiteren Schritt in Richtung digitaler Transformation erreichen. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal des Bewilligungsverfahrens in Wien ist der Einbezug der Nachbarn und Beteiligten in den Prozess. Die Bauordnung für Wien sieht in §134a BO für Wien die Wahrung der Interessen der Beteiligten vor. Dieser Paragraph beinhaltet eine taxative Aufzählung der „subjektiv öffentlichen Nachbarrechte“, die vom Bauwerber nicht verletzt bzw. deren Wahrung von betroffenen Nachbarn eingefordert werden kann. Diese Partizipationsmöglichkeit können Nachbarn in Form von Einwänden während der „Einsichtnahme“ bzw. „Bauverhandlung“ erheben. Eine Bauverhandlung kann von der Behörde im Bedarfsfall angesetzt werden. Einwände werden im Zuge der Bauverhandlung mit

allen Beteiligten diskutiert. Relevante Einwände, die während der Frist zur Einsichtnahme erhoben werden, werden von der Behörde geprüft und dann an den Planer als „Verbesserungsaufforderung“ weitergeleitet. Der Prozess der Einsichtnahme wird in Abschnitt 4.3 detailliert vorgestellt.



Abb. 3.1: Schritte des aktuellen Bewilligungsprozesses in Wien [34]

Abb. 3.1 gibt einen Überblick über die Phasen des Bewilligungsprozesses in Wien. Das aktuelle Verfahren stellt hohe Anforderungen an die Kommunikation zwischen Behörde und Nachbarn. Die Darstellung des Bauvorhabens in Form von 2D-Plänen stellt eine eigene Fachsprache dar, die für bautechnisch fachkundige Personen bei der Einsichtnahme schwer verständlich ist. Der Einsatz von 3D-Darstellungen bietet das Potenzial Verbesserungen in diesem Spannungsfeld zu erzielen. AR stellt eine Visualisierungsform zur Umsetzung dieses Potenzials dar. Aktuelle 2D-Unterlagen ermöglichen keine räumlichen Visualisierungen – die Grundlage dafür bilden 3D-Planungen. Modellbasierten, räumliche Planungen werden im openBIM-Bewilligungsverfahrens umgesetzt. Dieses bildet somit die Grundlage für den Einsatz von AR und wird im folgenden Abschnitt näher behandelt.

3.2 Das openBIM-Bewilligungsverfahren

Während die Potenziale eines BIM-Modells in den Lebenszyklusphasen Planen und Betrieb schon erforscht sind, ist die Anzahl der Use Cases während der Errichtungsphase noch nicht auf dem gleichen Niveau angelangt. Eine Phase, die bisher gänzlich unberücksichtigt blieb, ist der Bewilligungsprozess (bzw die Behördenprozesse allgemein). Dies wurde mit dem Forschungsprojekt BRISE-Vienna geändert. In [21] beschreiben die Autoren das Konzept für einen openBIM-Bewilligungsprozess in Wien. Der aktuelle Prozess benachteiligt BIM-Planungen, da die zusätzlichen Informationen des BIM-Modells nicht genutzt und aus der aufwendigeren 3D-Modellierung wieder Schnitte und Ansichten inklusive Beschriftungen und Bemaßungen generiert werden müssen. Dieser Medienbruch wird durch das openBIM-Bewilligungsverfahren beseitigt und ermöglicht ein durchgängiges, modellbasiertes Arbeiten an einem zentralen BIM-Modell über den gesamten Lebenszyklus. Der Vorteil einer modellbasierten Einreichung mit BIM ist einerseits die Möglichkeit bisher analog durchgeführte Überprüfungen nun automatisationsunterstützt abwickeln zu können und andererseits die Grundlage für die AR-Einsichtnahme zu schaffen. Dadurch wird die Bewilligungsdauer verkürzt und der Bauherr kann beispielsweise Wohnungen früher vermieten. Die automatisationsunterstützte Prüfung von bautechnischen und rechtlichen Aspekten umfasst Prüfungen in geometrischer Form und semantischer Form. Die Grundlage für BIM-Planungen als auch für konventionelle Planungen stellt in Wien der Vermessungsplan

dar. Der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan kann Planern als erster Anhaltspunkt dienen, ist jedoch für eine Einreichplanung zu ungenau. Der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan liegt in Wien als 2D-Plan vor und regelt die Bestimmungen zur Bebaubarkeit durch Definition der Bauhöhe, der bebaubaren Fläche, von Fluchtlinien und der Baustruktur. Die Darstellung der Fluchtlinien mit dicken Strichstärken, das Fehlen von Bemaßungen sowie die maximale Verfügbarkeit in Größe DIN A1 lassen keine exakte Planung zu. Aus diesem Grund wird ein Vermessungsbüro vorab mit der Erstellung eines Vermessungsplans beauftragt. Dieser wird anschließend von der MA64 geprüft. Ein Vermessungsplan enthält Grundstücke, öffentliche Einrichtungen (zB Straßen, Hydranten), Bauplätze, Fluchtlinien (zB Baulinien), Nachbargebäude (zB Sichtweite) und Widmungen. Diese Informationen dienen dann dem Planungsbüro als Grundlage zur Erstellung des BIM-Modells. Der entwickelte openBIM-Prozess erfordert die Unterscheidung verschiedener BIM-Modelle. Die Autoren führen in [21] die Begriffe Bauantragsmodell (BAM), Antragsinformationsmodell (AIM) und Referenzmodell (REM) ein. Das, in der zitierten Veröffentlichung, beschriebene Antragsinformationsmodell wurde mittlerweile zum Serviceinformationsmodell (SIM) umbenannt. Das BAM stellt dabei das BIM-Modell im klassischen Sinn dar – ein 3D-Modell mit zusätzlichen Informationen. Es enthält geometrische (Level of Geometry, LOG) und alphanumerische Informationen (Level of Information, LOI).

Anders als ein eigenständiges Unternehmen darf die Behörde keine Einschränkungen hinsichtlich der Möglichkeit der Einreichung (zB durch vorgeschriebene softwarespezifische Datenformate) tätigen – es muss Barrierefreiheit auch bei den Datenformaten herrschen. Damit der digitale Bewilligungsprozess nur in Form der openBIM-Methodik erfolgen. Als Austauschformat dient der in der ISO-zertifizierte Standard Industry Foundation Classes (IFC). Das REM bildet den zulässigen bebaubaren Umriss in dreidimensionaler Form ab. Informationen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans werden in den Vermessungsplan übernommen (zB Fluchtlinien, Bauklassen) und dienen nun als Grundlage für das REM. Durch standardisierte Vorgaben soll das REM automatisch aus dem Vermessungsplan von der Behörde generiert werden. Dieses Modell dient nun der teilautomatischen Prüfungen für eine Kollisionsprüfung (wird der zulässige Gebäudeumriss verletzt?) bzw zur Prüfung von Informationen im LOI.

Abb. 3.2 zeigt v.l.n.r. Beispiele für ein BAM, ein REM und die Überlagerung der Modelle zur Kollisionskontrolle. Das letzte benötigte Modell ist das SIM. Dieses enthält antragsbezogene alphanumerische Informationen und Bestimmungen, welche nicht im BAM und REM abgebildet sind (zB Stellplatzregulative). Die Wiener Bauordnung definiert in den Paragraphen §70, §70a, §70b, §71, §71a, §71b, §71c bewilligungspflichtige Bauvorhaben, im §62 anzeigepflichtige

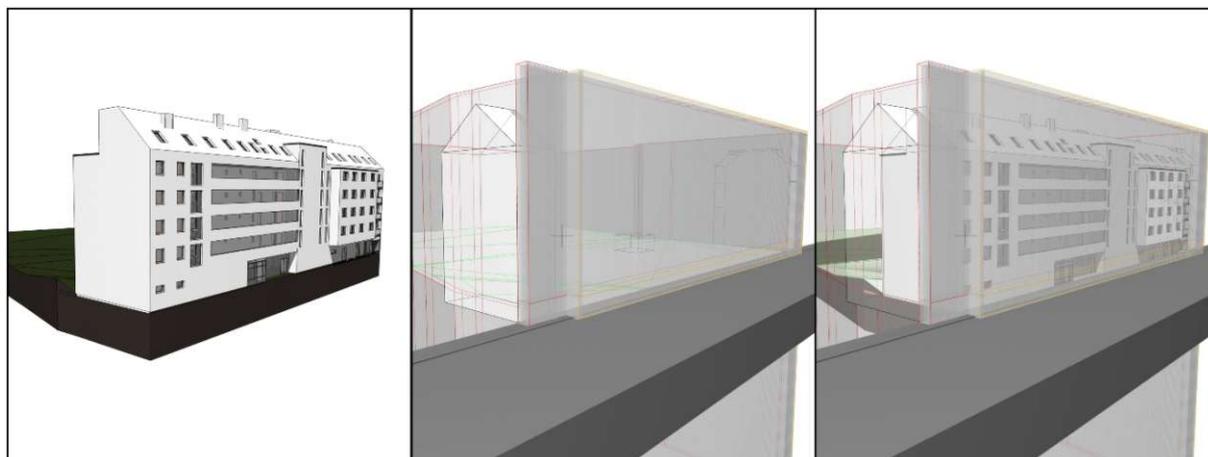


Abb. 3.2: Darstellung eines BAM (li.), REM (mi.) und deren Überlagerung (re.) [21]

Bauvorhaben und im §62a bewilligungsfreie Bauvorhaben. Entsprechend der Art des Bauvorhabens werden bestimmte Prüfredsätze aktiviert und damit die drei Modelle BAM, REM und SIM mittels Prüfsoftware (zB Solibri) geprüft. Als Ergebnis wird ein Prüfbericht im BIM Collaboration Format (BCF) erstellt. Im Falle von Mängeln werden diese an den Bauwerber als Verbesserungsaufforderung weitergeleitet. Wurde das Bauvorhaben positiv geprüft, stehen für die modellbasierte Einsichtnahme/Bauverhandlung die BIM-Modelle sowie die Prüfberichte zur Verfügung. Die vorgestellten Modelle BAM und REM bilden die Grundlage für das AR-Modell. Der Prozess der modellbasierten Einsichtnahme mit AR sowie das Datenmanagement werden in den Abschnitten 4.3 und 5.1 näher beschrieben.

Kapitel 4

Phase I – Prozessentwicklung von AR-Use-Cases im Behördenverfahren

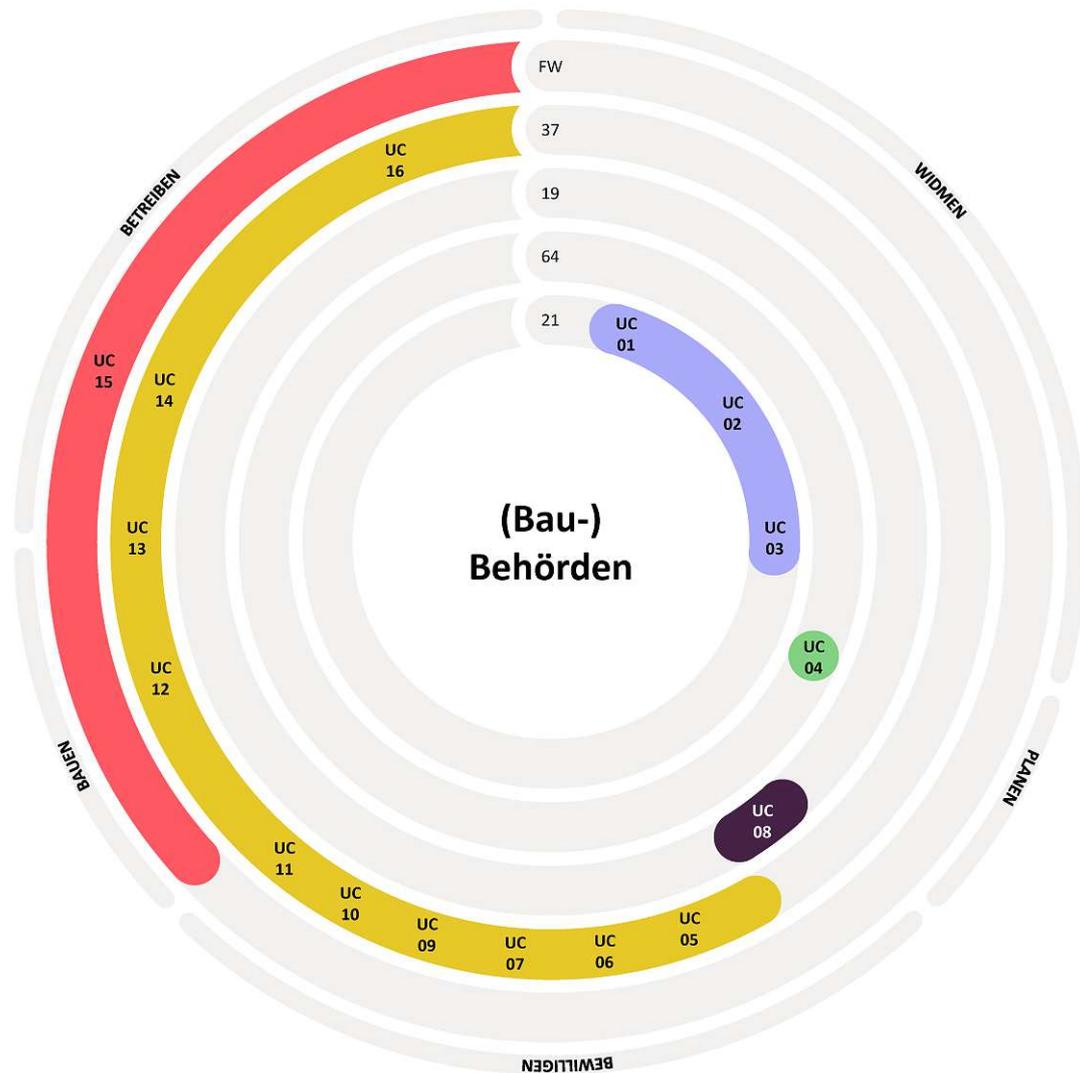
Im vierstufigen Analyseprozess aus Kapitel 2 konnten insgesamt 16 AR-Use-Cases in Behördenprozessen identifiziert werden. Abb. 4.1 zeigt eine Übersicht dieser AR-Use-Cases. Die Use-Cases sind in chronologischer Reihenfolge entsprechend ihres Auftretens im Uhrzeigersinn angeordnet. Der äußerste Ring zeigt die betrachteten Lebenszyklusphasen (Widmen, Planen, Bewilligen, Bauen und Betreiben). Zusätzlich zur Zuordnung der Use-Cases entsprechend der zeitlichen Abfolge sind diese durch Farben gekennzeichnet. Jede Farbe entspricht einem Stakeholder (MA 21 *Stadtteilplanung und Flächennutzung*, MA 64 *Bau-, Energie-, Eisenbahn- und Luftrecht*, MA 19 *Architektur und Stadtgestaltung*, MA 37 *Baupolizei*, Feuerwehr). Die Anordnung der Stakeholder von innen nach außen entspricht dem zeitlichen Auftreten im Behördenprozess. Nachfolgend werden die einzelnen Lebenszyklusphasen mit den jeweiligen Use-Cases näher erläutert.

4.1 Widmen

Im Bereich der Stadtentwicklung zeigt sich eine Entwicklung hin zu „Smart Cities“. Im Kern dieses Konzepts steht die Vernetzung. Dabei ist jedoch nicht nur die technische Vernetzung gemeint, sondern auch die Vernetzung/Kommunikation von Behörden und Bevölkerung. Die Stärkung des sozialen Zusammenlebens kann beispielsweise durch partizipative Prozesse erfolgen [13, 23]. Die Stadt Wien bindet die Bevölkerung bereits seit vielen Jahren in Prozesse ein, beispielsweise bei der Entwicklung der Flächenwidmung oder im Zuge des Bewilligungsprozesses. Die Stadtentwicklung wird in Wien im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan geregelt. Dieser ist die Basis für das künftige Erscheinungsbild der Stadt und damit von besonderem Interesse für die Bevölkerung. Die Stadt Wien formuliert die Stärkung partizipativer Entwicklungsprozesse in diversen Strategiepapieren:

- Smart City Rahmenstrategie Wien 2019-2050 [38, S.163]: Partizipation wird als eines von zwölf Themenfelder definiert. Neue Technologien, Informations- und Kommunikationstools sollen die Beteiligung der Bevölkerung stärken.
- STEP 2025 (Stadtentwicklungsplan Wien) [40, S.126–131]: Dieser regelt die Prioritäten der Stadtentwicklung. Partizipation wird dabei als Prinzip der künftigen Stadtentwicklung definiert.
- Masterplan für eine partizipative Stadtentwicklung [39]: In diesem werden Regeln zu Beteiligungsprozessen sowie konkrete Formen von Bürgerbeteiligung entwickelt.

Als neue Technologie und Visualisierungstool verfolgt AR damit ein Hauptziel der Stadtentwicklung Wiens zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Verwaltung und Bevölkerung. Ausgehend von aktuellen Möglichkeiten zur Beteiligung von Bürger:innen wurden Potenziale für AR-Anwendungen untersucht und anschließend Prozesse grob definiert.



- UC 01: Kooperative Planungsworkshops**
- UC 02: AR im Rahmen von Informationsausstellungen**
- UC 03: AR als visuelle Unterstützungshilfe von Entscheidungsträgern**
- UC 04: AR-unterstützte Vermessung**
- UC 05: Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat mittels AR**
- UC 06: AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort**
- UC 07: AR-unterstützte Einsichtnahme zuhause**
- UC 08: Stadtbildrelevante Begutachtung mittels AR**
- UC 09: AR im Rahmen mündlicher Bauverhandlungen am Bauplatz**
- UC 10: AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat**
- UC 11: Virtuelle Bauverhandlung**
- UC 12: Unterstützung der Werkmeister durch AR**
- UC 13: Digitales Bauwerksbuch & AR**
- UC 14: AR im Facility Management**
- UC 15: AR-unterstützte Feuerwehreinsätze**
- UC 16: Beurteilung des Bauwerkbestandes mittels AR**

Abb. 4.1: Überblick der Anwendungsmöglichkeiten von AR in Behördenprozessen

4.1.1 Entwicklung städtebaulicher Vorhaben in Wien

Der Prozess zur Erstellung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes kann in fünf Phasen unterteilt werden [39]. Den einzelnen Phasen sind entsprechend Beteiligungsformen zugeordnet (siehe Abb. 4.2).

Dabei wird zwischen formellen und informellen Beteiligungsformen unterschieden. Die formelle Form ist verpflichtend durchzuführen und in Wien in der Bauordnung geregelt (§2 (5, 6) BO für Wien). Innerhalb einer festgelegten Frist von regulär 6 Wochen können Bürger:innen Einwendungen erheben. Die informelle Form wird nochmals in konsultative- und kooperative Formen unterteilt und stellt ein freiwilliges Instrument dar. Zu dieser Form zählen etwa Befragungen, öffentliche Planungsworkshops etc. In [17] hat der Autor die einzelnen Phasen wie folgt beschrieben:

Idee: Am Beginn steht die Projektidee. Diese kann von der Stadt selbst, den Grundstückseigentümer:innen, Projektentwickler:innen, Bauträger:innen oder Baugruppen eingebracht werden. In einer ersten Phase findet ein Austausch zwischen dem Ideengeber und der MA 21 statt. Es soll geklärt werden, ob die Idee einerseits die Ziele zur Stadtentwicklung erfüllt und andererseits im Einklang mit dem Baurecht ist.

Klären: Im Anschluss sind laut §2 Abs. 1 BO für Wien : „Die natürlichen, ökologischen, wirtschaftlichen, infrastrukturellen, sozialen und kulturellen Gegebenheiten, insbesondere hinsichtlich einer barrierefreien Gestaltung ...“ des Projekts zu klären. In dieser Phase können Befragungen der lokalen Bevölkerung zur Erhebung spezifischer, regionaler Gegebenheiten durchgeführt werden.

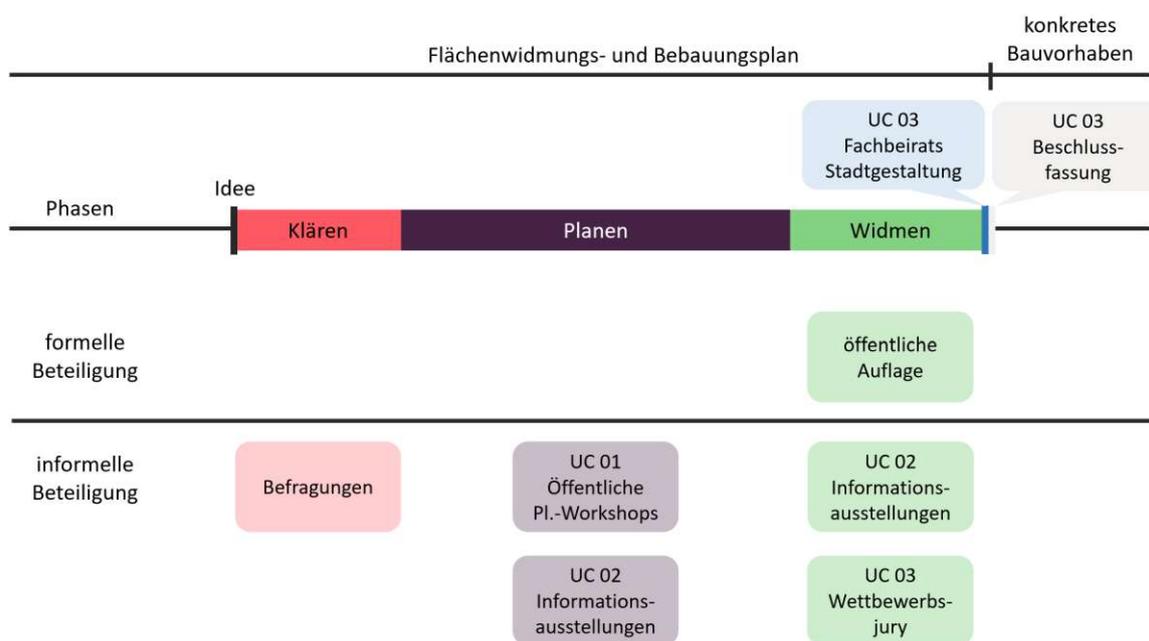


Abb. 4.2: Use-Cases für Bürgerbeteiligung mit AR im Kontext der Entwicklung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes

Diese sind im STEP 2025 festgelegt.

Planen: Nach der Definition der Gegebenheiten folgt nun die Planungsphase. Diese teilt sich in zwei Abschnitte: die Definition der Leitthemen und die Entwicklung des Leitbilds. Die Leitthemen dienen als Anforderungsliste und können die Gebiete:

- Mobilität,
- effiziente, nachhaltige Energiestrategie,
- großzügige öffentliche Räume,
- Stadtkontext,
- gemeinsam Stadt entwickeln und
- Dichte erzeugen

umfassen. Auf Basis dieser Anforderungen gilt es im zweiten Teil – der Leitbildentwicklung – nun Möglichkeiten zur Umsetzung zu erarbeiten. Auch in dieser Phase können Bürger:innen in einem kooperativen Prozess etwa durch Workshops oder Informationsausstellungen beteiligt werden. Die entwickelten Entwürfe sollen Überlegungen zu folgenden Themen enthalten:

- Mobilität und Verkehr,
- Grün- und Freiraum,
- Nutzungen und Erdgeschoßzonen (EG-Zonen),
- qualitative Beschreibung des Charakters der Quartiere,
- Baumassenverteilung/Dichten und Bauklassen,
- postfossile Stadt – Smart City Wien,
- Bürger:innenbeteiligung und
- Umsetzungsstrategien.

Widmen: Die Entwürfe für Flächenwidmungs- und Bebauungspläne können nach §2 (1a) und (1b) BO für Wien eine Umweltverträglichkeitsprüfung erfordern. Mit den Ergebnissen ist anschließend ein Umweltbericht zu erstellen. §2 (4) BO für Wien sieht ebenfalls eine Begutachtung der Entwürfe durch den Fachbeirat für Stadtplanung und Stadtgestaltung vor, sofern diese eine wesentliche Abänderung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes bedeuten. Anschließend folgt nach §2 (5) BO für Wien eine sechswöchige öffentliche Auflage der Entwürfe (4 Wochen bei unwesentlichen Änderungen) inklusive des Umweltberichts und der Stellungnahme durch den Fachbeirat. Während dieser Frist kann jede Person sowie der Bezirk als Vertretung der Bevölkerung schriftlich zu den Entwürfen Stellung nehmen. Zusätzlich zu dieser formellen Beteiligungsform gibt es informelle Beteiligungsmethoden, wie Informationsveranstaltungen oder AR-unterstützte Betrachtung vor Ort, die in diesem Abschnitt sinnvoll eingesetzt werden können.

Im nächsten Schritt werden die eingelangten Stellungnahmen von der MA 21 innerhalb einer Frist von maximal 2 Monaten (4 Wochen bei unwesentlichen Änderungen) überprüft. Nach dieser Überprüfung formuliert die MA 21 eine Empfehlung für den Gemeinderat.

Beschluss: Der Beschluss der Flächenwidmungs- und Bebauungspläne erfolgt durch den Gemeinderatsausschuss.

Im Masterplan für eine Partizipative Stadtentwicklung der MA 21 [39] wurde ein System zur Bürgerbeteiligung definiert – die Beteiligungsschleife. Diese regelt, wann wer in welcher Form zu beteiligen ist.

Wann? Der erste Schritt definiert die Voraussetzungen zur Umsetzung einer Beteiligungsschleife. Dafür wird zwischen Kriterien für eine zwingende und eine optionale Beteiligung unterschieden. Eine Bürgerbeteiligung ist durchzuführen, wenn zumindest einer der folgenden Punkte zutrifft:

- 300 Wohneinheiten (bzw. 30 000 m² Bruttogeschoßfläche (BGF),
- städtebauliches Vorhaben laut Wiener Hochhauskonzept,
- städtebauliches Vorhaben in einer Kernzone des Weltkulturerbes,
- Umwidmung von Grünland in Bauland in relevantem Ausmaß oder
- Strategische Umweltprüfung (SUP)-pflichtiges städtebauliches Vorhaben

Trifft für das städtebauliche Vorhaben mindestens eines der folgenden Kriterien zu, prüft die Stadtplanung in Abstimmung mit dem Bezirk, ob eine Beteiligungsschleife durchzuführen ist:

- Wenn ein im Verhältnis zu den bestehenden Gebäuden in der Umgebung deutlich höheres Gebäude geplant ist,
- wenn von der Öffentlichkeit genutzte Freiräume umgenutzt werden oder
- wenn das städtebauliche Vorhaben in einem historische gewachsenen Ortskern und/oder in einer Schutzzone geplant ist.

Wer? Für den Fall, dass eine Beteiligungsschleife umzusetzen ist, muss im nächsten Schritt die Zielgruppe definiert werden. Hier ist es wichtig, einen Ausgleich zu finden zwischen einem möglichst großen repräsentativen Querschnitt der Bevölkerung und einer Beschränkung auf involvierte Personen. Im Masterplan für eine partizipative Stadtentwicklung wird der Fokus auf drei Zielgruppen gerichtet:

- Bewohner der umliegenden Nachbarschaft,
- lokale Akteure und
- zukünftige Bewohner.

Darüber hinaus sind noch weitere Gruppen im Beteiligungsprozess involviert: Grundstückseigentümer, Projektwerber, Vertreter aus der Politik, MA 18, MA 19 und MA 53. Die Kriterien, ob eine Beteiligungsschleife durchzuführen ist, sowie die Beteiligten im Falle einer Umsetzung wurden definiert. Im letzten Schritt erfolgt die Regelung der Methodik zur Durchführung.

Wie? Der Masterplan zur partizipativen Stadtentwicklung definiert zusätzliche informelle Beteiligungsformen als Ergänzung zur formellen öffentlichen Auflage nach §2 (5) BO für Wien. Für die informelle Beteiligung können konsultative Formen (Stellung nehmen) oder kooperative Formen (gemeinsam planen) gewählt werden. In einer Beteiligungsschleife ist zumindest eine der drei als Standardformen bezeichneten Methodiken anzuwenden. Zu den methodischen Standards zählen: Informationsveranstaltungen im Stadtteil mit persönlicher Beratung, moderierte Diskussionen an Thementischen sowie qualitative Befragungen. Als weitere Ergänzung der Standardformen wurden methodische Erweiterungen entwickelt. Diese können in Abhängigkeit

der Projektdimension angewandt werden und umfassen unter anderem folgenden Möglichkeiten:

- Online-Informationstexte auf Websites, Blogs, sozialen Medien,
- Infopoints (zB in Form einer Stele),
- Öffentlichkeitsarbeit über Stadtfernsehen, -radio, Plakattafeln, Inseraten etc.,
- Kurzfragebögen bei moderierten Diskussionen oder online,
- Infoboxen/Infocontainer als Ort für Informationsausstellungen oder
- Zukunftswerkstätten/offene Werkstätten, um aktiv mitzuentwickeln.

Die Qualität einiger der genannten Methodiken kann durch den Einsatz von AR deutlich gesteigert werden. In den Abschnitten 4.1.2 bis 4.1.4 werden die einzelnen Use-Cases zur AR-unterstützten Bürgerbeteiligung im Rahmen der Stadtteilentwicklung detailliert beschrieben.

4.1.2 UC 01 – Kooperative Planungsworkshops

Die früheste Form der Beteiligungsmöglichkeiten beginnt vor Ausschreibung städtebaulicher Wettbewerbe mit sogenannten öffentlichen Planungsworkshops. Ziel dieser Phase ist die Schaffung einer Grundlage für Planende. In einem kooperativen Prozess werden die Bedürfnisse der Beteiligten erhoben und in Zieldefinitionen zusammengefasst. Für einen möglichst breiten Konsens werden Bürger, lokale Akteure, Initiatoren und Vertreter der Politik beteiligt. AR kann in dieser Phase als Visualisierungstool unterstützen. Die Herausforderung in dieser Phase stellt das Fehlen von konkreten Entwürfen bzw. von unter Errichtung befindlichen Gebäuden zur Überlagerung virtueller Informationen dar. Vielmehr soll AR mit dem Gamification-Prinzip bei der Erarbeitung von Konzepten helfen. Gamification beschreibt die Steigerung der intrinsischen Motivation zur Problemlösung durch Verwendung von Gaming-Elementen in neuem Kontext [32]. Dieser Ansatz wurde bereits in Finnland zur Gestaltung öffentlicher Plätze mittels Virtual Reality erprobt [5]. In dieser frühen Phase des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans ist die Baumassenverteilung von zentraler Bedeutung. Mittels abstrahierten Quadern können die Bebauungsvolumina für Entwürfe zur künftigen Flächenwidmung dargestellt werden. Dabei gilt es zwischen verschiedenen Spannungsfeldern abzuwiegen:

- Schaffung von Wohnraum und Arbeitsplätzen,
- Gestaltung von lebenswerten Stadtquartieren durch Freiflächen,
- Begrenzung der Flächenversiegelung und Nachverdichtung sowie der
- Begrenzung der Innenstadttemperaturen unter Vermeidung von Urban Heat Islands (UHI) [3, 28].

AR kann in dieser Phase auf zwei Arten eingesetzt werden. Eine Möglichkeit bildet der Einsatz von AR bei der Entwicklung grober räumlicher Strukturen. Ein parametrisiertes Baukastensystem unterstützt bei der Platzierung virtueller Quader, Bäume und Grünflächen. Mittels Parametrisierung können Informationen zu geschaffenen Arbeitsplätzen bzw Wohneinheiten kommuniziert werden. Als Parameter dienen einerseits die horizontalen Gebäudeausdehnungen (Flächenmaße) bzw. die vertikale Gebäudeausdehnung (Geschoßhöhen). Der Einsatz von AR ermöglicht den Vergleich verschiedener Konzepte mittels AR-Brille, bevor sie als Planungsgrundlage für städtebauliche Wettbewerbe dienen.



Abb. 4.3: Darstellung der Baumassenverteilung eines Entwicklungsgebiets mittels Quadern

4.1.3 UC 02 – AR im Rahmen von Informationsausstellungen

Die nächste Beteiligungsmöglichkeit während der Entwicklungsphase stellen Informationsausstellungen dar. Informationsausstellungen sollen einem breiten Publikum Auskünfte zu der geplanten Stadtteilgestaltung zugänglich machen. Die Entwicklungsphase umfasst je nach Definition eine große Zeitspanne und reicht von grundsätzlichen Überlegungen zur Baumassenaufteilung aufgrund der Ergebnisse der Leitthemen definition bis hin zu bereits konkreten Modellen im Zuge städtebaulicher Wettbewerbe. Thomas Titz hat diese Situation in einem Interview folgendermaßen zusammengefasst: „*Je konkreter es wird, desto besser der Effekt durch Augmented Reality.*“

Das Konzept ist ähnlich der öffentlichen Auflage, jedoch werden hier Rückmeldungen statt Einwände gesammelt und es stehen alle Entwürfe und nicht nur der Finalentwurf zur Debatte. Aktuell wird dabei vor allem auf maßstäbliche Modelle, Pläne und Renderings gesetzt. Diese Methoden haben jedoch die Nachteile des hohen Preises (maßstäbliche Modelle) sowie der schweren Interpretation durch nicht-sachkundige Personen (Pläne). Die Verwendung von AR mittel mAR-Devices kann hier ansetzen. Auch hier bieten zwei Varianten Potenzial: einerseits eine Kombination aus haptischem Umgebungsmodell und virtuellen Bebauungsentwürfen oder andererseits einer komplett virtuellen Darstellung. Bei ersterer Variante bildet ein haptisches Umgebungsmodell aus Karton oder 3D-Druck die Basis. Auf dem betreffenden Stadtentwicklungsgebiet befindet sich ein QR-Code. Mittels mAR-Device können die unterschiedlichen städtebaulichen Entwürfe abgerufen und im Modell referenziert werden. Die Vorteile dieser Variante sind die einfache Vergleichbarkeit aller Entwürfe anhand eines haptischen Modells (Kosten), die Möglichkeit einer Schattenwurfsimulation sowie die gute Vermittlung von Informationen durch Kombination von haptischen und virtuellen Elementen. Bei zweiterer Variante können die Kosten für Modelle gänzlich eingespart werden. In diesem Fall dient lediglich ein Plan des Stadtentwicklungsgebiets mit QR-Code als Basis. Die bestehende Umgebung und die Entwürfe des Entwicklungsgebiets werden virtuell dargestellt. Tests im Rahmen des Forschungsprojekts BRISE-Vienna bezüglich des Umgangs von älteren Menschen mit mAR und komplett virtuellen Darstellungen haben

jedoch Herausforderungen bei der Bedienung gezeigt, sodass weitere Untersuchungen empfohlen werden. Abb. 4.4 zeigt einen möglichen Prozessablauf.

- 01:** Im ersten Schritt müssen Entwürfe erstellt werden. Die Entwürfe können in Abhängigkeit des Zeitpunkts der Informationsausstellung sehr unterschiedliche Detailierungsgrade aufweisen. Der Einsatz von AR bietet sich vor allem für Ausstellungen im Rahmen städtebaulicher Wettbewerbe aufgrund des bereits fortgeschrittenen Planungsstands an. Die fertigen Entwurfsmodelle werden als IFC-Datei auf Servern der Stadt Wien zentral gesammelt und gespeichert.
- 02:** Damit Informationsausstellungen durch die Bevölkerung genutzt werden, müssen nun die Zielgruppen informiert und eingeladen werden. Dabei können zwei Herangehensweisen differenziert werden – aktiv und passiv. Zur *aktiven* Benachrichtigung zählen wiederum zwei Formen. Erstens ist die Einladung zur Beteiligung von Bewohnern sowie von lokalen Akteuren der Nachbarschaft in der selbigen per Postwurfsendung oder Brief. Die zweite Form bildet der aktive Zugang zur Nachbarschaft durch Öffentlichkeitsarbeit. Bei der *passiven* Form der Benachrichtigung besteht die Holschuld auf der Seite der zu Beteiligten. Im Masterplan zur partizipativen Stadtentwicklung ist eine sogenannte Vorhabensliste zur Bündelung verschiedener Informationen von unterschiedlichen Websites der Stadt Wien vorgesehen [39]. Dazu zählen unter anderem Auskünfte zum aktuellen Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (FLWBP), städtebaulichen Leitbildern und Zielgebieten der Stadtentwicklung. Diese Liste soll sowohl in digitaler Form über eine Website der Stadt Wien als auch analog durch Auflage bei der Servicestelle Stadtentwicklung zugänglich gemacht werden.
- 03:** Im Rahmen der Ausstellung gibt es einen AR-Bereich bestehend aus einem Tisch, einem angebrachten QR-Code und Tablets mit einer AR-App. War die Betrachtung bisher auf zweidimensionale Renderings oder Pläne beschränkt, wird nun eine räumliche Betrachtung mit Hilfe von AR ermöglicht. Das Verständnis von Bauprojekten anhand von Plänen ist stark durch das eigene räumliche Vorstellungsvermögen charakterisiert. Renderings können aus günstigen Blickwinkeln erstellt werden, um beispielsweise große Gebäudehöhen niedriger erscheinen zu lassen. Durch AR können Entwürfe räumlich, aus jedem beliebigen Blickwinkel durch ein Tablet betrachtet werden.
- 04:** Für diese Form der Einsicht wird als erstes die AR-App am Tablet gestartet. Es folgt die Aufforderung „Bitte QR-Code scannen“. Wurde der QR-Code erfolgreich erkannt, werden die dem Projekt zugeordneten AR-Modelle geladen. Der QR-Code dient einerseits der Projektzuordnung und andererseits der Verortung. Nach dem Scanvorgang wird ein dem Projekt zugehöriger Entwurf geladen und referenziert über dem Tisch eingeblendet.
- 05:** Der erste Entwurf wird nun stabil über dem QR-Code dargestellt. Mit dem Tablet können sich Bürger um den Tisch bewegen und so Einsicht aus verschiedenen Perspektiven nehmen. Sogar im Vergleich zu einem aufwendigen 3D-Modell aus Styropor oder Karton bietet die virtuelle Betrachtung durch AR entscheidende Vorteile. Im Vergleich zu diesem statischen, materiellen Modell erlaubt die Betrachtung durch AR-App die Darstellung verschiedener Entwürfe. Dabei könnten die Entwürfe nicht nur nacheinander betrachtet, sondern durch die Überlagerung der Modelle Unterschiede noch leichter erfassbar gemacht werden. Durch den virtuelle Vergleich mehrerer Entwurfsmodelle könnte der kostspielige Modellbau ersetzt werden.
- 06:** Ein wichtiges Merkmal beim Vergleich von Entwürfen ist die Verschattung. Um die Auswirkungen der Gebäudehöhe auf die Belichtungsverhältnisse der Umgebung abzubilden, gibt

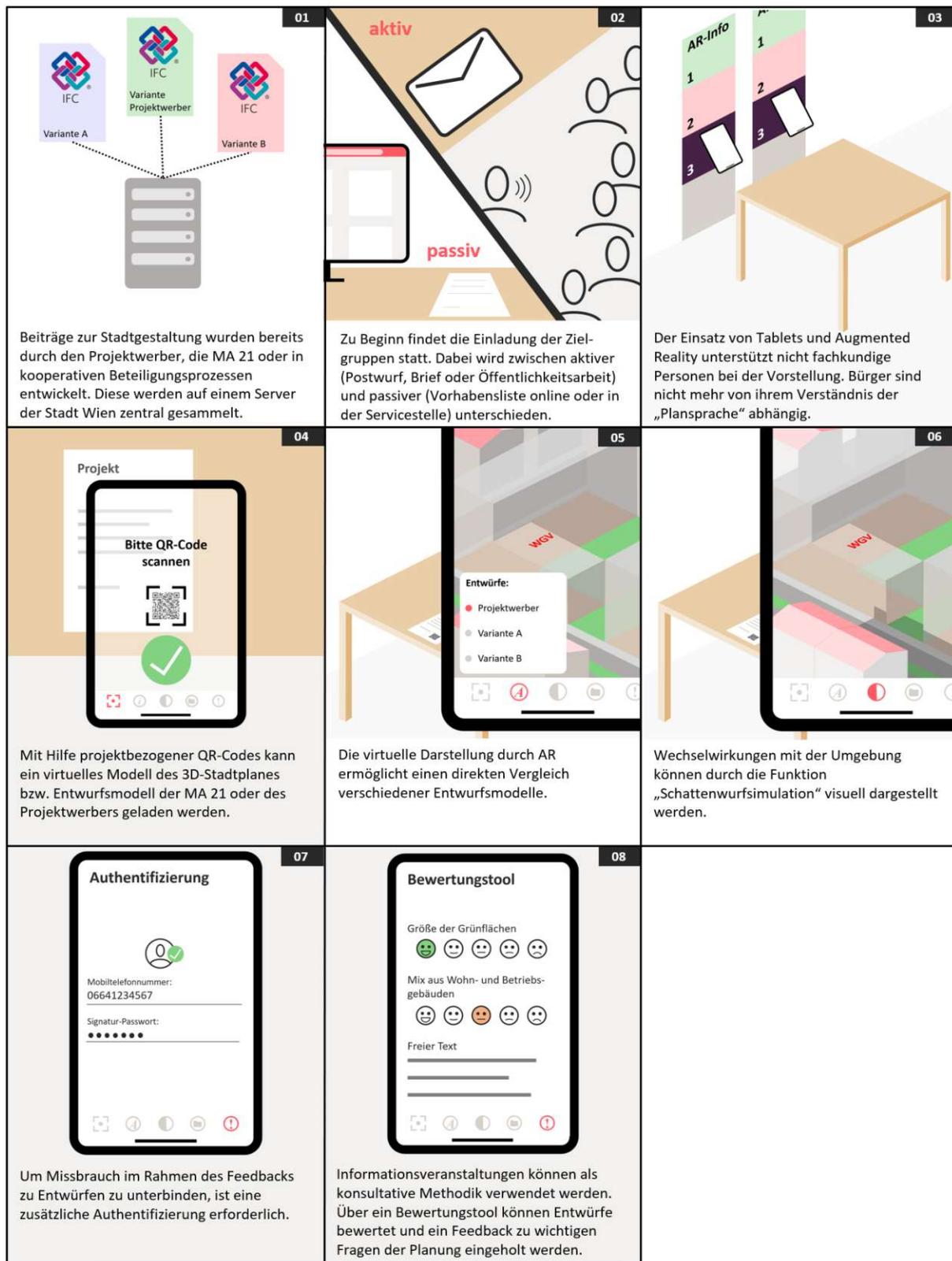


Abb. 4.4: Möglicher Prozessablauf einer AR-unterstützten Informationsausstellung

es die Funktion „Schattenwurfsimulation“. Dieses Feature entspricht in der Art und dem Umfang der Umsetzung im 3D-Stadtplan der Stadt Wien. Über ein Auswahlfenster kann die Uhrzeit mittels Schieberegler und das Datum über einen Kalender in Monatsansicht ausgewählt und somit der Sonnenstand angepasst werden.

- 07:** Informationsausstellungen sollen nicht nur eine informelle Form der Beteiligung darstellen, sondern darüber einen konsultativen Aspekt aufweisen. Aus diesem Grund können Bürger die Entwürfe bewerten und ein Feedback in graphischer und textlicher Form geben. Dieses dient je nach Einsatzzeitpunkt der Informationsausstellung den Magistraten MA 21, MA 18 oder MA 19, der Wettbewerbsjury oder den Bezirksausschüssen bzw. dem Gemeinderatsausschuss als Input der Bevölkerung und kann wesentlich zur Akzeptanz der Projekte in der Öffentlichkeit beitragen. Damit es zu keinem Missbrauch durch wiederholte Abgabe einer Bewertung von einer Person kommt, wird eine zusätzliche Identifizierungsebene eingeführt.
- 08:** In der Entwurfsübersicht kann über ein Bewertungs-Icon jedem Entwurf eine Feedback hinzugefügt werden. Nun wird ein standardisierter Fragebogen geöffnet. Durch die Bewertung verschiedener Gesichtspunkte (wie beispielsweise die Größe der vorhandenen Grünflächen oder das Vorhandensein von Kindergärten) mit ein bis fünf Sternen, hilft der Behörde bei der Auswahl der besten Ideen eines jeden Entwurfs. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit auch einen freien Text und Screenshots anzufügen, um Besonderheiten hervorzuheben oder Ideen einzubringen. Die Screenshots können anschließend durch Skizzen weiter ergänzt werden. Durch die Sammlung von Ideen kann eine kooperative Komponente, ähnlich jenem Ansatz bei Workshops, implementiert werden.

4.1.4 UC 03 – AR als visuelle Unterstützung von Entscheidungsträgern

In diesem Use-Case werden Möglichkeiten zur Unterstützung von Entscheidungsträgern durch AR auf verschiedenen Ebenen diskutiert: einerseits im Rahmen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes für die Jury bei städtebaulichen Wettbewerben, den Fachbeirat für Stadtgestaltung, den Bezirksratsausschuss oder den Gemeinderatsausschuss. Andererseits kann die Darstellung mittels AR die Wettbewerbsjury im Rahmen von Architekturwettbewerben für öffentliche Gebäude unterstützen. Wodurch unterscheiden sich diese beiden Varianten? Im Rahmen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes handelt es sich, mit Ausnahme von Einzelfällen, die durch einen Projektwerber initiiert werden und die deutliche Absicht auf Realisierung zeigen, um Entwürfe mit einer niedrigen Detaillierungstiefe. Im Gegensatz dazu weisen Entwurfsmodelle, die im Rahmen von Architekturwettbewerben für öffentliche Gebäude erstellt wurden, einen fortgeschritteneren Planungsstand auf. Diese Wettbewerbe finden auch zu einem späteren Zeitpunkt statt (FLWBP ist bereits beschlossen). Der Einsatz von AR als Unterstützung der Wettbewerbsjury bei der Entscheidungsfindung erfordert digitale Modelle und dafür ist eine digitale Aufarbeitung der Auslobung erforderlich. Die enormen Unterschiede im Fortschritt der Digitalisierung im Bauwesen, von BIM-Level 0 (der digitalen 2D-Planung) bis zu BIM-Level 3 (interoperable 3D-Bauwerksmodelle), limitiert in dieser Hinsicht allerdings. Kleinere Planungsbüros, die noch nicht auf hohe BIM-Standards umgestellt haben, könnten durch eine entsprechende Regelung von Wettbewerben ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund müssen hier regulative Anpassungen mit besonderem Bedacht getroffen werden. Der nachfolgend beschriebene Prozess lässt sich in beiden Fällen anwenden, jedoch mit Modellen aus unterschiedlichen Planungsphasen.

Im Falle des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans stellt die Beschlussfassung durch den Gemeinderat die letzte Phase dar (siehe Abb. 4.2). Aus der Projektidee wurde auf Grundlage von Befragungen der örtlichen Bevölkerung Leitthemen und daraus Leitbilder/Entwürfe gemeinsam mit der MA 21 und anderen Beteiligten entwickelt. Diese Entwürfe wurden gemäß §2 (5) BO

für Wien zur öffentlichen Einsicht aufgelegt. Parallel dazu kann laut §2 (4) BO für Wien ein Gutachten vom Fachbeirat für Stadtplanung und Stadtgestaltung der MA 19 eingeholt werden. Im Falle wesentlicher Auswirkungen durch den Entwurf ist dieses verbindlich einzuholen. Die Beschlussfassung erfolgt in letzter Instanz durch den Gemeinderat. Durch den Einsatz von AR sollen Entscheidungsträger unterstützt werden, wie der Fachbeirat für Stadtplanung und Stadtgestaltung sowie der Bezirksratsausschuss. Der Gemeinderat kann ebenfalls Einsicht nehmen. Der Prozess ist sehr ähnlich zu jenem bei Informationsausstellungen (siehe Abschnitt 4.1.3). Abb. 4.5 zeigt den zugehörigen Prozessablauf:

- 01:** In den vorangegangenen Phasen wurden Entwurfsmodelle durch den Projektwerber, die MA 21 selbst oder durch Bürger und Experten im Rahmen kooperativer Methoden (siehe Abschnitt 4.1.2) erarbeitet. Diese Modelle werden als IFC-Datei auf Servern der Stadt Wien gesammelt, gespeichert und dienen nun der Begutachtung durch die Entscheidungsträger.
- 02:** Im Rahmen der Sitzung zur Beschlussfassung des FLWBP des Bezirksratsausschusses erhält jeder Besprechungsteilnehmer ein Tablet mit der entsprechenden AR-App. War die Betrachtung bisher auf zweidimensionale Renderings oder Pläne beschränkt, wird nun eine räumliche Betrachtung mit Hilfe von AR ermöglicht. Durch AR können Entwürfe räumlich, aus jedem beliebigen Blickwinkel durch ein Tablet betrachtet werden.
- 03:** Für diese Form der Einsicht wird als erstes die AR-App am Tablet gestartet. Es folgt die Aufforderung „Bitte QR-Code scannen“. Wurde der QR-Code erfolgreich erkannt, werden die dem Projekt zugeordneten AR-Modelle geladen. Der QR-Code dient einerseits der Projektzuordnung und andererseits der Verortung. Nach dem Scanvorgang wird ein dem Projekt zugehöriger Entwurf geladen und referenziert über dem Tisch eingeblendet.
- 04:** Der erste Entwurf wird nun stabil über dem QR-Code dargestellt. Mit ihrem Tablet können sich Mitglieder des Bezirksratsausschusses um den Tisch bewegen und so Einsicht aus verschiedenen Perspektiven nehmen. Über ein Auswahlfenster können die jeweiligen Entwurfsmodelle aufgerufen werden.
- 05:** Ein wichtiges Merkmal beim Vergleich von Entwürfen ist die Verschattung. Um die Auswirkungen der Gebäudehöhe auf die Belichtungsverhältnisse der Umgebung abzubilden, gibt es die Funktion „Schattenwurfsimulation“. Dieses Feature entspricht in der Art und dem Umfang der Umsetzung im 3D-Stadtplan der Stadt Wien. Über ein Auswahlfenster kann die Uhrzeit mittels Schieberegler und das Datum über einen Kalender in Monatsansicht ausgewählt und somit der Sonnenstand angepasst werden.
- 06:** Damit die Besprechung der einzelnen Entwürfe optimal unterstützt wird, werden Interaktionsmöglichkeiten implementiert. Wenn eine Person eine Skizze aus ihrer Perspektive in das AR-Modell einfügt, ist diese für alle Teilnehmer aus ihrer jeweiligen Sicht auf das virtuelle Modell sichtbar.
- 07:** Eine weitere Funktion erlaubt die Darstellung der Ergebnisse der Bewertung der Bürger:innen aus den Informationsveranstaltungen einzusehen. Die Ergebnisse der einzelnen Fragestellungen sowie die Gesamtbewertung werden graphisch aufbereitet dargestellt und dienen somit als weitere Entscheidungsgrundlage.

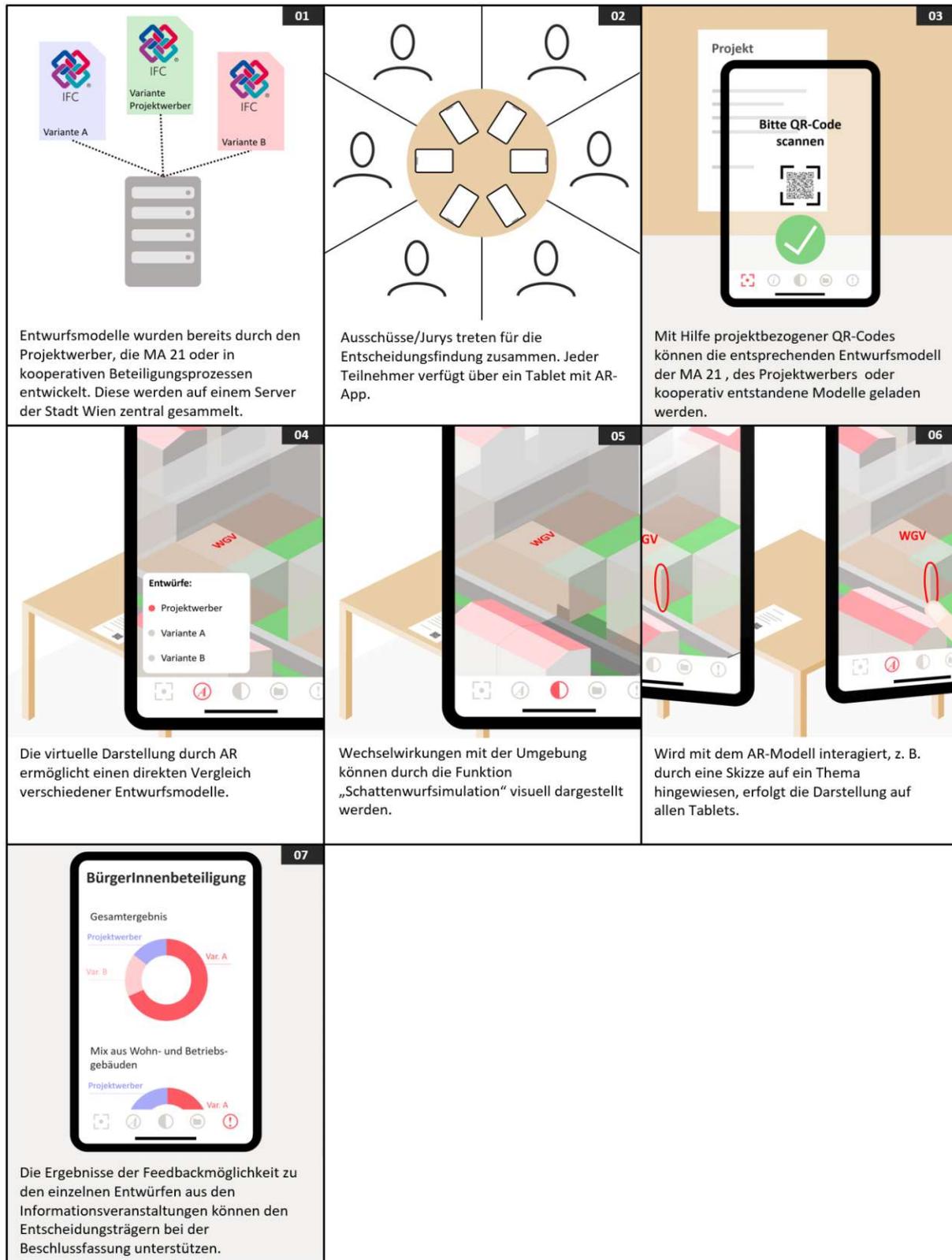


Abb. 4.5: Überblick der Prozessschritte für den Use-Case 03

4.2 Planen

Mit Fortschreiten des Behördenprozesses nimmt der Informationsgrad zu und die Handlungsfelder werden immer konkreter. In der ersten Phase im Behördenprozess – Widmen – lag der Fokus auf der übergeordneten, projektunabhängigen Ebene. Mit dem Beschluss des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes wurde die Grundlage für projektspezifische Planungen gelegt. Der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan liefert sowohl geometrische Informationen (Grundstücksabmessungen) als auch alphanumerische Informationen (Bebauungsbestimmungen). Die hohen Anforderungen an die Maßgenauigkeit der Einreichunterlagen, erfordern die Erstellung eines Vermessungsplans. Aktuell wird der Vermessungsplan in analoger Form erstellt und beinhaltet die Informationen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes, jedoch mit genauen geometrischen Daten aufgrund von Vermessungsarbeiten. Dieser Plan dient einerseits den Planern als Grundlage zur Einreichplanung, als auch der Behörde (MA 64) zur Prüfung des Bauvorhabens. Mit der Digitalisierung des Bewilligungsprozesses soll auch der Vermessungsplan künftig digital zur Verfügung stehen. Der Vermessungsplan im openBIM-Prozess enthält alphanumerische Informationen aus dem FLWBP (zB Grundstücksnummer, Widmung, Bauklasse) bzw. geometrische Informationen aus der Vermessung vor Ort in Form von Linien (zB Fluchtlinien) und Flächen (zB Bauplatz, Bestandsgebäude, Straßen) [21]. Der Erstellungsvorgang des Vermessungsvorgangs kann in folgende Schritte eingeteilt werden:

1. Vermessen markanter Punkte,
2. Übertragen der Punktdaten in eine CAD-Software,
3. Mashen der Punkte zu Linien und Flächen und
4. Eintragung alphanumerischer Informationen.

Der Einsatz von AR könnte zukünftig eine zusätzliche Möglichkeit zur Qualitätssicherung ermöglichen. AR als Visualisierungstool könnte dazu eingesetzt werden, die vermessenen Punkte bzw das generierte Referenzmodell mit der realen Umgebung zu überlagern und somit zu überprüfen. Beiden Varianten sind auf den Einsatz einer AR-Brille ausgelegt.

4.2.1 UC 04 – AR-unterstützte Vermessung

Der im Zuge der digitalen Baueinreichung entwickelte openBIM-Bewilligungsprozess schafft die Grundlage für ein digitales Bestandsmodell der Stadt Wien. Sind alle Grundstücke inklusive der darauf bestehenden Gebäude digital vorhanden, werden die aktuell erforderlichen Vermessungsarbeiten für die Einreichplanung obsolet. Bis dieser Zeitpunkt erreicht ist, stellt der digitale Vermessungsplan die Übergangsphase dar. Dieser digitale Vermessungsplan bildet die Grundlage für die Generierung des Referenzmodell und in weiterer Folge zur Überprüfung des Bauantragsmodell. In einem ersten Schritt könnte AR bei die Erstellung und Überprüfung des digitalen Vermessungsplan unterstützen [18]. Nach der Vermessung könnten die Vermessungsdaten (Punktwolke) an die AR-Brille übertragen werden. Anschließend werden diese Daten mit der realen Umgebung überlagert und die Punktdaten mittels AR zu Linien bzw Flächen gemasht. In einem zweiten Schritt könnte nicht nur der digitale Vermessungsplan, sondern das Referenzmodell überprüft werden. Nach der Erstellung des Vermessungsplan kann das Referenzmodell vor Ort generiert werden. Mit AR ist nun eine Plausibilitätsprüfung vor Ort möglich. Fehlerquellen bei der Vermessung, der Erstellung des Vermessungsplan bzw der Generierung des Referenzmodell können somit leicht optisch identifiziert werden.

4.3 Bewilligen

Mit dem Vermessungsplan stehen die benötigten Informationen zur Einreichplanung zur Verfügung. Nach Abschluss der Einreichplanung wird die Behörde durch Stellung des Ansuchens um Baubewilligung erneut aktiv. Die Antragstellung markiert den Start des Baubewilligungsverfahrens für das entsprechende Bauvorhaben. Im Zuge des Bewilligungsprozesses prüft die Behörde die Einhaltung der gültigen Rechtsmaterien (Flächenwidmung, Bauordnung etc.) sowie die Wahrung der Interessen von Nachbarn. Die Einbeziehung von Nachbarn in den Genehmigungsprozess stellt im internationalen Vergleich eine Seltenheit dar. Die Partizipation der Bevölkerung erfolgt oftmals bei öffentlichen Vorhaben [5, 31]. Die Bauordnung für Wien legt in §134a BO für Wien sogenannte subjektiv-öffentliche Nachbarrechte fest. Mit der Definition der Nachbarrechte in der Bauordnung für Wien werden diese Teil des behördlichen Prüfungsumfangs. Zusätzlich sieht die Bauordnung eine Möglichkeit zur Prüfung der Wahrung der subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte durch die Nachbarn selbst vor. Nachbarn verfügen über das Recht, während einer definierten Frist Einsicht in die Projektunterlagen zu nehmen und damit eine zusätzliche Kontrolle vorzunehmen. Die Einsichtnahme zielt nicht auf die Überprüfung der behördlichen Prüfung ab, sondern wurde ursprünglich mit der Intention entwickelt, die Akzeptanz der Nachbarn durch Einbindung in den Prozess zu steigern. Die Grundlage für die Einsichtnahme stellen die eingereichten Dokumente dar – aktuell ua 2D-Pläne. Pläne stellen ein probates Mittel zur Kommunikation zwischen fachkundigen Personen dar. Bei nicht-sachkundigen Personen führt die Plansprache jedoch oftmals zu Verständnisproblemen und erzeugt ein Gefühl der Intransparenz. In diesem Fall ist es besonders wichtig, durch eine gute Kommunikation seitens der Behörde entgegenzuwirken. Im Zuge des Forschungsprojekts BRISE-Vienna wurden Gründe für die vergleichsweise langen Verfahrensdauern erhoben. Die Auswertung ergab, dass eine „fehlende Kooperation der Nachbarn“ zu den fünf Hauptgründen zählt. Die Verbesserung der Kommunikation zwischen Behörde und Nachbarn wurde damit als Anknüpfungspunkt für AR identifiziert.

4.3.1 Allgemein

Im Rahmen der Einsichtnahme im Baubewilligungsverfahren können drei mögliche Use-Cases identifiziert werden, auf die in den Abschnitten 4.3.2 bis 4.3.4 näher eingegangen wird. Mit fortschreitendem Verfeinerungsgrad der Prozessschritte konnten gemeinsame Anforderungen zwischen den einzelnen Use-Cases festgestellt werden. Diese geteilte Basis wird in diesem Abschnitt beginnend mit einem graphischen Überblick in Abb. 4.6 näher erläutert.

- 01:** Der Prozess startet mit der Projektidee des Bauwerbers. Dieser fasst den Beschluss, bauen zu wollen und sucht in den ersten Schritten nach einem geeigneten Grundstück und einem passenden Planer. Damit der Planer aktiv werden kann, benötigt dieser die genauen Abmessungen und Bebauungsbestimmungen für das gewünschte Grundstück. Die Abmessungen aus dem Flächenwidmungs- und Bebauungsplan können als erste Grundlage für Entwürfe dienen. Für die Einreichungsplanung sind diese aber zu ungenau.
- 02:** Aus diesem Grund wird ein Vermesser mit der genauen Vermessung des Grundstücks inklusive der Aufnahme der Außenhülle der Nachbargebäude (soweit vom eigenen Grundstück aus möglich) beauftragt. Aus diesen Vermessungsergebnissen wird der Vermessungsplan (Vermessungsplan) erstellt. Sobald der Vermessungsplan vorhanden ist, wird dieser zur Prüfung an die MA 64 weitergeleitet. Die MA 64 nimmt im ersten Schritt eine formale und bei positiven Ergebnis anschließend eine qualitative Prüfung vor. Genehmigt die MA 64 den Vermessungsplan, wird dem Planverfasser/Bauwerber die entsprechende Meldung übermittelt und andererseits der Vermessungsplan an die MA 41 weitergeleitet.

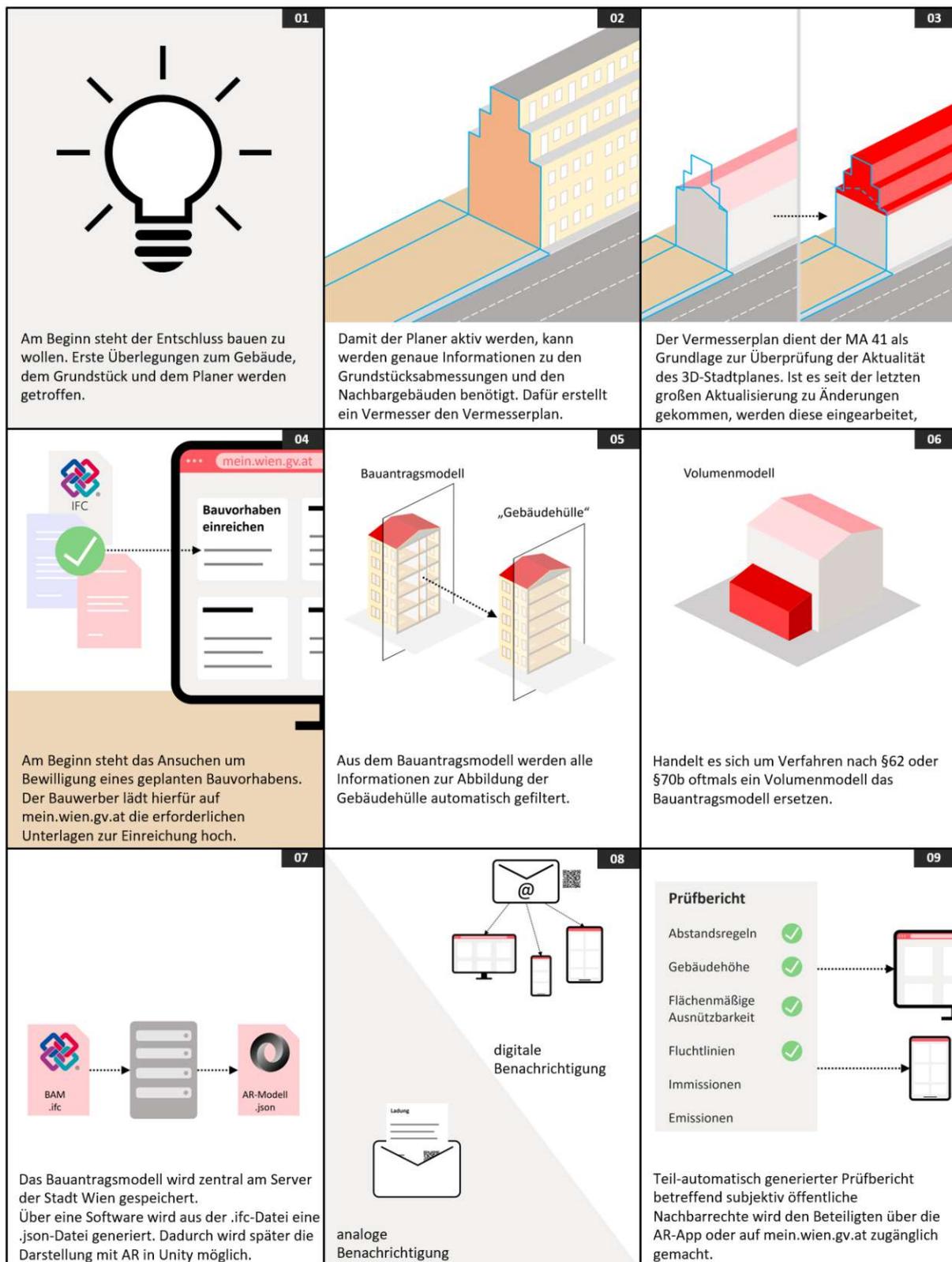


Abb. 4.6: Überblick der allgemeinen Prozessschritte

- 03:** Die MA 41 prüft nun die Übereinstimmung mit dem 3D-Stadtmodell. Aktuell werden große Aktualisierungen des 3D-Stadtplans in 2-Jahres-Intervallen vorgenommen. Damit später in der Einsichtnahme keine falschen Informationen zu Nachbargebäuden dargestellt werden, ist es unbedingt erforderlich, davor eine Aktualitätsprüfung durchzuführen. Dafür werden der Letztstand des 3D-Stadtplans mit den Ergebnissen des genehmigten Vermessungsplans überprüft. Werden Abweichungen festgestellt (zB zwischenzeitlich erfolgte Aufstockungen), wird der 3D-Stadtplan entsprechend angepasst. Je mehr Einreichungen digital über Bauantragsmodell erfolgen, umso leichter kann der 3D-Stadtplan aktuell gehalten werden. Erfolgen möglichst viele Einreichungen digital über Bauantragsmodell und werden diese in den 3D-Stadtplan integriert, wird ein aktueller digitaler Zwilling der Stadt Wien erzeugt – ein 3D-Bestandsplan. Damit sind zwei Fakten gegeben: eine ausreichende Genauigkeit, die den Vermessungsplan überflüssig macht und eine Aktualität der Daten, die keiner zusätzlichen Prüfung durch die MA 41 bedingt.
- 04:** Nach bestandener Vorprüfung kann das Bauvorhaben auf einer Website der Stadt Wien digital eingereicht werden. Die eingereichten Unterlagen umfassen neben dem Bauantragsmodell im IFC-Format auch weitere Dokumente (zB Energieausweise, statische Unterlagen) gemäß §63 Abs. 1 BO für Wien und viele andere verfahrensabhängige Beilagen in digitaler Form (PDF). In Abhängigkeit der Art des Bauvorhabens gilt die jeweilige Rechtsgrundlage entsprechend der Bauordnung für Wien. In der Bauordnung für Wien sind die unterschiedlichen Verfahren verschiedenen Paragraphen zugeordnet:
- §62 BO für Wien ... Bauanzeige
 - §70 BO für Wien ... Bauverhandlung und Baubewilligung (Standardverfahren)
 - §70a BO für Wien ... Vereinfachtes Baubewilligungsverfahren
 - §70b BO für Wien ... Baubewilligungsverfahren für Bauwerke kleinen Umfangs
 - §71 BO für Wien ... Bewilligung für Bauten vorübergehenden Bestandes
 - §71a BO für Wien ... Bewilligung für Bauten langen Bestandes
 - §71b BO für Wien ... Sonderbaubewilligungen
 - §71c BO für Wien ... Vorübergehende Einrichtungen zur Unterbringung von Personen
 - §8 WKIG ... Baubewilligung (Kleingartengesetz)
- 05:** Die Bauordnung für Wien legt Kriterien fest, wann eine Person als Beteiligte gilt. Ebenso werden im §134a BO für Wien daraus erwachsenen subjektiv öffentlichen Rechte taxativ definiert, jene durch Nachbarn beeinträchtigt werden können. Diese Rechte können aus geometrischer Sicht nur durch die Gebäudeaußenhülle beeinträchtigt werden. Daher reduziert die Behörde das Bauantragsmodell auf die Gebäudehülle. Die deutliche Reduktion der enthaltenen Informationen führt zu einer Performancesteigerung. So wird einerseits die Privatsphäre des Bauwerbers bestmöglich geschützt, aber auch Beteiligten alle relevanten Informationen zugänglich gemacht. In diesem Schritt wird daher das Bauantragsmodell auf die geometrische Gebäudehülle reduziert. Dies erfolgt automatisch entsprechend der Klassifizierung aus der IFC-Struktur.
- 06:** In der Bauordnung werden auch vereinfachte Verfahren nach §70a und Baubewilligungsverfahren für Bauwerke kleinen Umfangs nach §70b sowie die Bauanzeige nach §62 definiert. In vielen dieser Fälle ist kein BIM-Modell mit einer Informationsdichte wie im Standardverfahren erforderlich, beispielsweise für die Errichtung eines Wintergartens nach §70b. In diesem Fall können auch lediglich Volumenmodelle mit geringerer Informationsdichte zweckdienlich sein, um den Modellierungsaufwand der Planer zu reduzieren.

- 07:** Die hochgeladenen IFC-Dateien werden auf einem Server der Stadt Wien zentral gesammelt. Für die Verwendung mit AR-Apps auf Unity-Basis ist eine Umwandlung in eine JSON-Datei erforderlich. Dies geschieht über eine Software. Der Vorgang kann automatisiert ablaufen oder manuell über ein User-Interface ähnlich zu BIM 360. Die Herausforderungen stellen die Wahl einer passenden Skalierung sowie des Betrachtungspunkts Project Information Point (PIP) dar.
- 08:** Eine Voraussetzung für den Zugang zum AR-Modell ist die Bestimmung von Beteiligten und Fristen entsprechend des Verfahrens (der Rechtsgrundlage). Grundlage hierfür ist die Feststellung, wer über Status eines Beteiligten verfügt. Als benachbarte Liegenschaft gelten gemäß §134 (3) BO für Wien: *„... im Bauland jene, die mit der vom Bauvorhaben betroffenen Liegenschaft eine gemeinsame Grenze haben oder bis zu einer Breite von 6 m durch Fahnen oder diesen gleichzuhaltende Grundstreifen oder eine höchstens 20 m breite öffentliche Verkehrsfläche von dieser Liegenschaft getrennt sind und im Falle einer Trennung durch eine öffentliche Verkehrsfläche der zu bebauenden Liegenschaft gegenüberliegen. In allen übrigen Widmungsgebieten sowie bei Flächen des öffentlichen Gutes sind jene Liegenschaften benachbart, die in einer Entfernung von höchstens 20 m vom geplanten Bauwerk liegen“.*

Für die Bestimmung sämtlicher Verfahrensbeteiligter (Bauwerber, Eigentümer der Liegenschaft etc.) wird auf Informationen aus dem Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, dem Grundbuch sowie dem Zentralen Meldekataster zurückgegriffen. Die Auswahl der Beteiligten eines Verfahrens wird durch einen Mitarbeiter der MA 37 durchgeführt. In Zukunft können sie durch digitale Tools unterstützt werden. Die zur Bestimmung der Nachbarschaftsrechte benötigten Abstände nach §134 BO für Wien könnten im Modell berechnet werden. Anschließend erfolgt der Zugriff auf das Grundbuch, um die dem Grundstück zugeordneten dinglichen Rechte abzufragen, wie Eigentumsverhältnisse. Gemeinsam mit den Informationen aus dem zentralen Melderegister können somit die Nachbarn ermittelt werden.

Die Beteiligten werden als nächstes per Brief, per Mail oder über Aushänge im Treppenhaus verständigt. Aktuell wird dabei verfahrensbezogen unterschieden, welche Form der Benachrichtigung angewandt wird. Bei Verfahren mit einer mündlichen Bauverhandlung werden die Anrainer per Mail oder Brief persönlich benachrichtigt. Für den analogen Weg werden die Ladungen als e-Brief an die Post als Zustellbehörde übermittelt. Bei Verfahren nach §70a oder §70b entfällt die mündliche Bauverhandlung und es ist die Benachrichtigung über das „Schwarze Brett“ bzw. Infoscreens im Treppenhaus ausreichend. Zukünftig könnte diese Unterscheidung entfallen. Dabei ist auf einen Interessenausgleich zwischen Bauwerber, Beteiligten und MA 37 zu achten. Einerseits ist eine stärkere Einbindung der Bürger/Anrainer wünschenswert, wodurch bestenfalls auch eine Reduktion von Einwendungen erreicht werden könnte. Andererseits ist durch die stärkere Einbindung auch das Gegenteil möglich – dass aufgrund der besseren Kommunikation noch mehr Einwendungen als bisher auftreten, das wiederum mit einem Mehraufwand für die Behörde verbunden ist. Für den Einsatz von AR soll in Zukunft bei der Benachrichtigung, ob digital oder analog, ein QR-Code angefügt werden. Dieser QR-Code dient später der Projektidentifikation als auch zur Verortung. Mit dem Zeitpunkt der Zustellung beginnt die Einspruchsfrist. Nachbarn haben nun verschiedene Möglichkeiten der Einsichtnahme:

- §70 BO für Wien: Nachbarn haben ab Einreichung des Bauvorhabens Akteneinsicht nach §17 Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz (AVG) und können bis spätestens zum Ende der Bauverhandlung Einwendungen nach §134a BO für Wien erheben. Eine mündliche Bauverhandlung entfällt, wenn Eigentümern benachbarter Liegenschaften

die Möglichkeit der Akteneinsicht in einer Frist von zumindest 3 Wochen eingeräumt und keine zulässigen Einwände erhoben wurden (§70 (2) BO für Wien)

- §70a BO für Wien: Nachbarn haben ab Einreichung des Bauvorhabens Akteneinsicht nach §17 AVG und können bis 3 Monate nach Baubeginn Einwände nach §134a BO für Wien erheben. Eine mündliche Bauverhandlung ist nicht vorgesehen.
- §70b BO für Wien: siehe §70a BO für Wien
- §8 WKIG: Nachbarn haben ab Einreichung des Bauvorhabens Akteneinsicht nach §17 AVG und können bis 3 Monate nach Baubeginn Einwände nach §134a BO für Wien erheben. Eine mündliche Bauverhandlung ist nicht vorgesehen.

In Abb. 4.7 sind maximale Fristen betreffend Einsichtnahme, Bewilligung, Baubeginn und Fertigstellung nach §134a BO für Wien dargestellt. Verfahren nach §70 BO für Wien weisen mit mindestens 3 Wochen, spätestens im Rahmen der Bauverhandlung die kürzeste Frist für Einwendungen auf. Bei Bauvorhaben nach §8 WKIG, §70a oder §70b BO für Wien kann hingegen bis spätestens 3 Monate nach Baubeginn Einspruch erhoben werden.

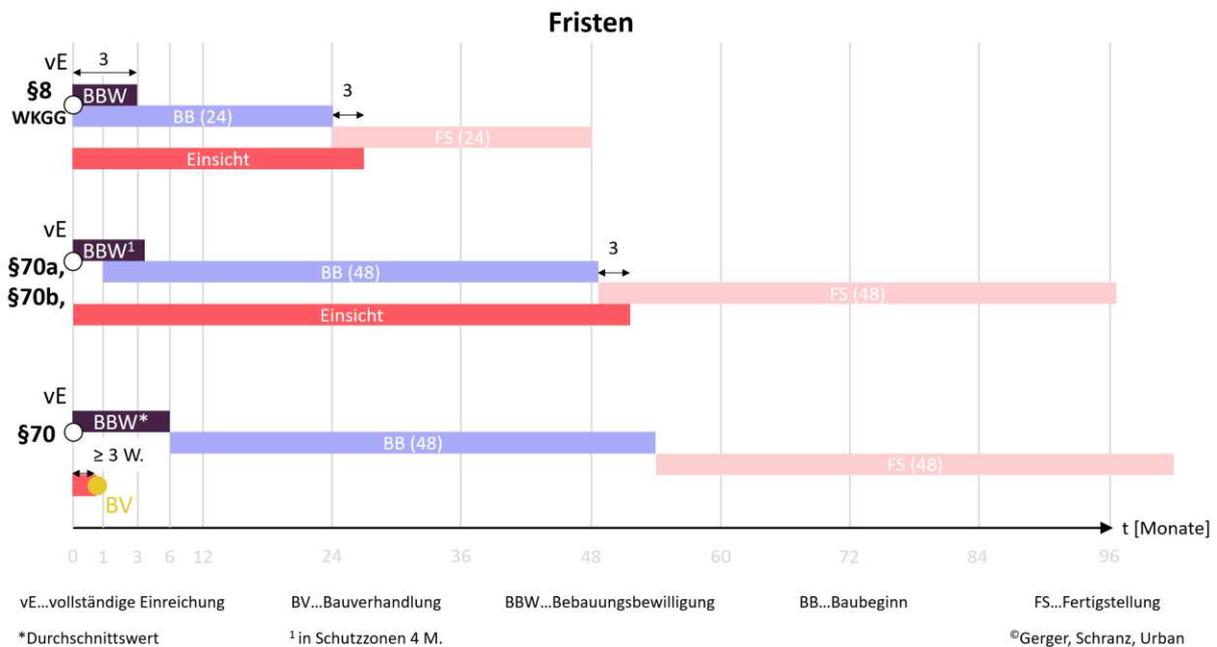


Abb. 4.7: Überblick verfahrensbezogener Fristen zur Einsichtnahme

09: AR kann im Rahmen der Einsichtnahme bei der Überprüfung der subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte unterstützen. Bereits davor, nach dem Zeitpunkt der Einreichung (dh nach Abgabe aller erforderlicher Unterlagen), kann eine automatisations-unterstützte Prüfung stattfinden. Die zu verwendenden Prüffregeln werden entsprechend dem Verfahren gewählt, um möglichst effizient arbeiten zu können. Für alle Verfahren mit der Möglichkeit der Einsichtnahmen durch Nachbarn ist ein Regelset zur Überprüfung der Einhaltung der subjektiv öffentlichen Nachbarrechte enthalten. Laut §134a BO für Wien können diese Nachbarrechte ausschließlich betreffend folgender Gesichtspunkte geltend gemacht werden und daher überprüft werden:

1. Bestimmungen über den Abstand eines Bauwerkes zu den Nachbargrundgrenzen, jedoch nicht bei Bauführungen unterhalb der Erdoberfläche,

2. Bestimmungen über die Gebäudehöhe,
3. Bestimmungen über die flächenmäßige Ausnützbarkeit von Bauplätzen, Baulosen und Kleingärten,
4. Bestimmungen des Bebauungsplanes hinsichtlich der Fluchtlinien,
5. Bestimmungen, die den Schutz vor Immissionen, die sich aus der widmungsgemäßen Benützung eines Bauwerkes ergeben können, zum Inhalt haben. Die Beeinträchtigung durch Immissionen, die sich aus der Benützung eines Bauwerkes zu Wohnzwecken, für Schulen oder Kinderbetreuungseinrichtungen oder für Stellplätze im gesetzlich vorgeschriebenen Ausmaß ergibt, kann jedoch nicht geltend gemacht werden und
6. Bestimmungen, die den Nachbarn zu Emissionen berechtigen.

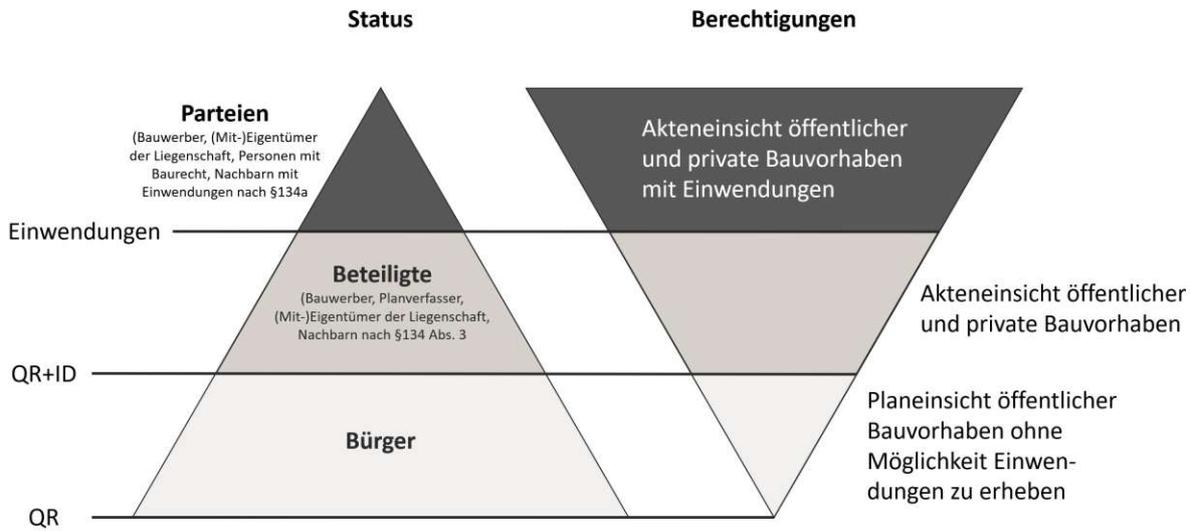
Der generierte Prüfbericht enthält textliche Informationen, ob die jeweilige Überprüfung (zB Abstandsregeln) eingehalten wurden oder nicht. Falls aufgrund der Überprüfung Mängel im Bauantragsmodell erkannt werden, erfolgt eine bauteilreferenzierte, grafische und textliche Dokumentation dieses Mangels im Bauantragsmodell. Dieser Bericht wird als Verbesserungsaufforderung gemäß §13 Abs. 3 AVG an den Bauwerber übermittelt. Im Zuge der Einsichtnahme können fehlerhafte Bauteile/Gebäudeteile grafisch hinterlegt werden. Diese Einbindung ermöglicht, dass die Beteiligten bei der Einsichtnahme immer den aktuellen Status sehen, und ermöglicht eine objektive (computergenerierte) Hilfestellung bei der Überprüfung, ob subjektiv öffentliche Rechte berührt sind.

Im Folgenden werden unterschiedliche Varianten zur Entlastung der Magistratsmitarbeiter diskutiert. Differenziert wird zwischen den Use-Cases 05 – Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat mittels AR, UC 06 – AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort und UC 07 – AR-unterstützte Einsichtnahme zuhause. Dabei wird von einer frei verfügbaren AR-App ausgegangen und der Fokus auf die unterschiedlichen Zugriffsberechtigungen gelegt.

4.3.2 UC 05 – Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat mittels AR

Für die bisherigen Schritte war im Verfahren eine Unterscheidung zwischen *Beteiligter* und *Bürger* nicht erforderlich. Im weiteren Prozess muss nun jedoch zwischen diesen beiden differenziert werden, da sich die Abläufe inhaltlich deutlich voneinander unterscheiden. Daher erfolgt in späteren Grafiken eine Kennzeichnung, für wen die entsprechenden Bilder gültig sind (Beteiligte: A – Bürger: B). Bürger bilden die Basis und können, wenn gewünscht, in öffentliche Projekte oder in Bauvorhaben mit privaten Auftraggeber nach dessen Zustimmung Einsicht nehmen (siehe Abb. 4.8). Die nächste Stufe stellen Beteiligte dar. Die Anzahl der inkludierten Personen sinkt, dafür nehmen deren Berechtigungen zu. Als Beteiligte zählen ua Bauwerber, Planverfasser (Mit-)Eigentümer der Liegenschaft, Nachbarn nach §134 BO für Wien. Beteiligte können zusätzlich zu öffentlichen Projekten auch in Projekte mit privatem Auftraggeber einsehen und bis (spätestens) im Zuge der Bauverhandlung Einwendungen einbringen. Dabei sind zwei verschiedene Verständigungen und damit verbunden Authentifizierungen zu unterscheiden:

- Übermittlung eines personenbezogenen QR-Codes im Zuge der Mitteilung: Aufgrund der Zuordnung des Bauvorhabens als auch des Beteiligten zum QR-Code, ist in diesem Fall grundsätzlich keine zusätzliche Authentifizierung/Anmeldung erforderlich. Um höheren Anforderungen an den Datenschutz gerecht zu werden, kann eine zusätzliche Authentifizierungsebene jedoch sinnvoll sein (zB falls Missbrauch durch Verbreitung des QR-Codes über soziale Netzwerke möglich).



©Gerger, Schranz, Urban

Abb. 4.8: Hierarchie der verschiedenen Stellungen öffentlicher Personen

- Verständigung über einen Aushang am Schwarzen Brett beziehungsweise über Infoscreens bspw bei Verfahren nach §70 BO für Wien: Durch die Bereitstellung der Informationen im Treppenhaus ist die Möglichkeit gegeben, dass auch Personen, die keine Beteiligten sind (Besucher eines Nachbarn), von dem geplanten Bauvorhaben erfahren. Mit Hilfe des QR-Codes könnten auch Bürgern ohne Beteiligtenstatus Einsicht nehmen. Um einen zielgerichteten Informationsfluss sicherzustellen, wird in dieser Variante ein zweistufiger Authentifizierungsprozess installiert. Dafür ist zusätzlich zum QR-Code eine Authentifizierung über den Nutzeraccount auf mein.wien.gv.at oder per mobiler Handy-Signatur erforderlich. Nach erfolgreicher Anmeldung erfolgt eine automatische Überprüfung des jeweiligen Status im Verfahren. Besteht der Beteiligtenstatus, kann nun Einsicht genommen werden.

Erheben Beteiligte Einwendungen im Sinne ihrer subjektiv öffentlichen Rechte, erhalten sie Parteistellung im Baugenehmigungsverfahren. Die Parteistellung ist der höchste Status im Verfahren und beschränkt sich damit auf den kleinsten Personenkreis. Durch den personenbezogenen QR-Code beziehungsweise die erfolgte Authentifizierung ist eine eindeutige Zuordnung zwischen Beteiligten und Stellungnahme sichergestellt. Ebenfalls ist zwischen den Begriffen Planeinsicht und Akteneinsicht zu unterscheiden. Die Akteneinsicht nach §17 AVG umfasst zusätzlich die Einsichtnahme in alle, den Akt umfassenden Dokumente und ist Beteiligten und Parteien vorbehalten. Abb. 4.9 und Abb. 4.10 zeigen nun die folgend erklärten Schritte 10 bis 22:

- 10:** Im Vergleich zu der bisherigen „Planeinsicht“ anhand zweidimensionaler Pläne stellt die räumliche Betrachtungsmöglichkeit mit Hilfe von AR einen enormen Zugewinn vor allem für Bürger ohne Fachkenntnisse dar, aber auch für erfahrene Personen. Michael Farkas (MA 19) hat die Potenziale im Bereich der Einsichtnahme wie folgt zusammengefasst: „Als einen Hauptpunkt der Gewinne von AR, schätze ich die unterstützende Wirkung im Bereich der räumlichen Vorstellung ein ... Es ist daher festzuhalten, dass AR im Bereich räumlicher Vorstellung für geschulte und ungeschulte Personen ein Vorteil ist.“

Damit die Wechselwirkungen des Projekts mit der Umwelt für alle greifbar gemacht werden, bettet die App die Gebäudehülle bzw. das Volumenmodell in den 3D-Stadtplan der Stadt Wien ein. Gemeinsam bilden diese nun das AR-Modell. Der Import von IFC-Dateien in den 3D-Geodaten-Viewer der MA 41 soll bereits in den nächsten Versionen integriert werden. Langfristiges Ziel ist die mittels Laserscanning aufgenommenen Bauwerke des 3D-Stadtplans sukzessive durch die wesentlich genaueren Bauantragsmodelle aus den Einreichungen zu ersetzen und somit einen aktuellen, genauen 3D-Bestandsplan der Stadt Wien einzuführen.

- 11:** Im Zuge des Parteienverkehrs der MA 37 können Beteiligte mit dem QR-Code aus der Ladung aufs Magistrat kommen und AR-unterstützt Einsicht zum Projekt nehmen. Künftig könnte der Parteienverkehr von Grund auf umgestaltet werden. Wenn die Einsichtnahme ohne Magistratsmitarbeiter möglich ist, warum sollte diese dann an bestimmte Zeiten gebunden sein? Für diesen Schritt ist eine Evaluierungsphase zu Beginn der Umstellung auf Einsichtnahmen mittels Augmented Reality erforderlich, um festzustellen, wie sich der Einsatz tatsächlich auf den Aufwand der Sachbearbeiter auswirkt. Das Ziel ist einerseits die Steigerung der Qualität der Einsichtnahme für die Bürger und Beteiligten durch AR und andererseits die Senkung des Arbeitsaufwands für die Sachbearbeiter der MA 37.
- 12:** Im Magistrat wird für die AR-unterstützte Einsichtnahme ein eigener AR-Bereich eingerichtet, bestehend aus Infowänden mit mehreren Tabletstationen sowie einem Tisch. Auf den Infowänden befinden sich alle Informationen zur Bedienung der AR-App graphisch und textlich in wenigen Schritten aufbereitet, um auch einem älteren, weniger-technikaffinen Publikum gerecht zu werden. Des Weiteren sind Infoblätter mit QR-Codes zu allen laufenden öffentlichen Bauvorhaben aufgelegt. Diese können nicht nur von Anrainern, sondern von allen Bürgern eingesehen werden.
- 13:** Als nächstes legen Anrainer den mitgebrachten QR-Code auf den Tisch. Wurde der mitgesandte QR-Code vergessen, so muss man die eigene Identität bei einem Magistratsmitarbeiter bestätigen. Nun wird geprüft, auf welche Projekte Zugriffsberechtigungen bestehen (Beteiligtenstatus?), und man erhält anschließend den entsprechenden QR-Code. Dieser Weg ist zur Entlastung der Behörde möglichst zu vermeiden und soll nur eine Ausnahmeregelung darstellen.

Im ersten Schritt wird die AR-App am Tablet gestartet. Es folgt die Aufforderung *Bitte QR-Code scannen*. Wurde der QR-Code erfolgreich erkannt, wird das dem Code zugeordnete AR-Modell abgefragt. Nun werden zwei Informationen überprüft: tritt bei der Baustelle eine öffentlicher oder ein privater Bauherr auf und wer verfügt über den Status eines Beteiligten? Handelt es sich um ein öffentliches Bauvorhaben, können bereits Bürger:innen, sofern gewünscht, einsehen und eine zusätzliche Authentifizierung ist nicht erforderlich. Unter Bauvorhaben mit öffentlichen Bauherren fällt zB der Neubau eines Kindergartens der Stadt Wien. Ebenfalls ist für eine Einsichtnahme ein Zugriff von zuhause möglich, falls sich Anrainer den Weg aufs Magistrat ersparen möchten. Für diesen Fall kann der zugesandte personen- und projektreferenzierte QR-Code auch bequem von zuhause aus gescannt werden. Alle folgenden Schritte erfolgen analog für die Variante am Magistrat und die zur Einsichtnahme von zuhause.

- 14:** Entsprechend der Art des Bauvorhabens, des Bauherren und des eigenen Status im Verfahren kann eine zusätzliche Authentifizierung erforderlich werden (siehe Abschnitt 4.3.2). Kommt beim Bauvorhaben §70 BO für Wien zur Anwendung, so kann über die Verständigung der Nachbarn in den betreffenden Treppenhäusern nicht sichergestellt werden, dass ausschließlich befugte Personen die Informationen zur Einsichtnahme erhalten. Für diesen Fall ist eine

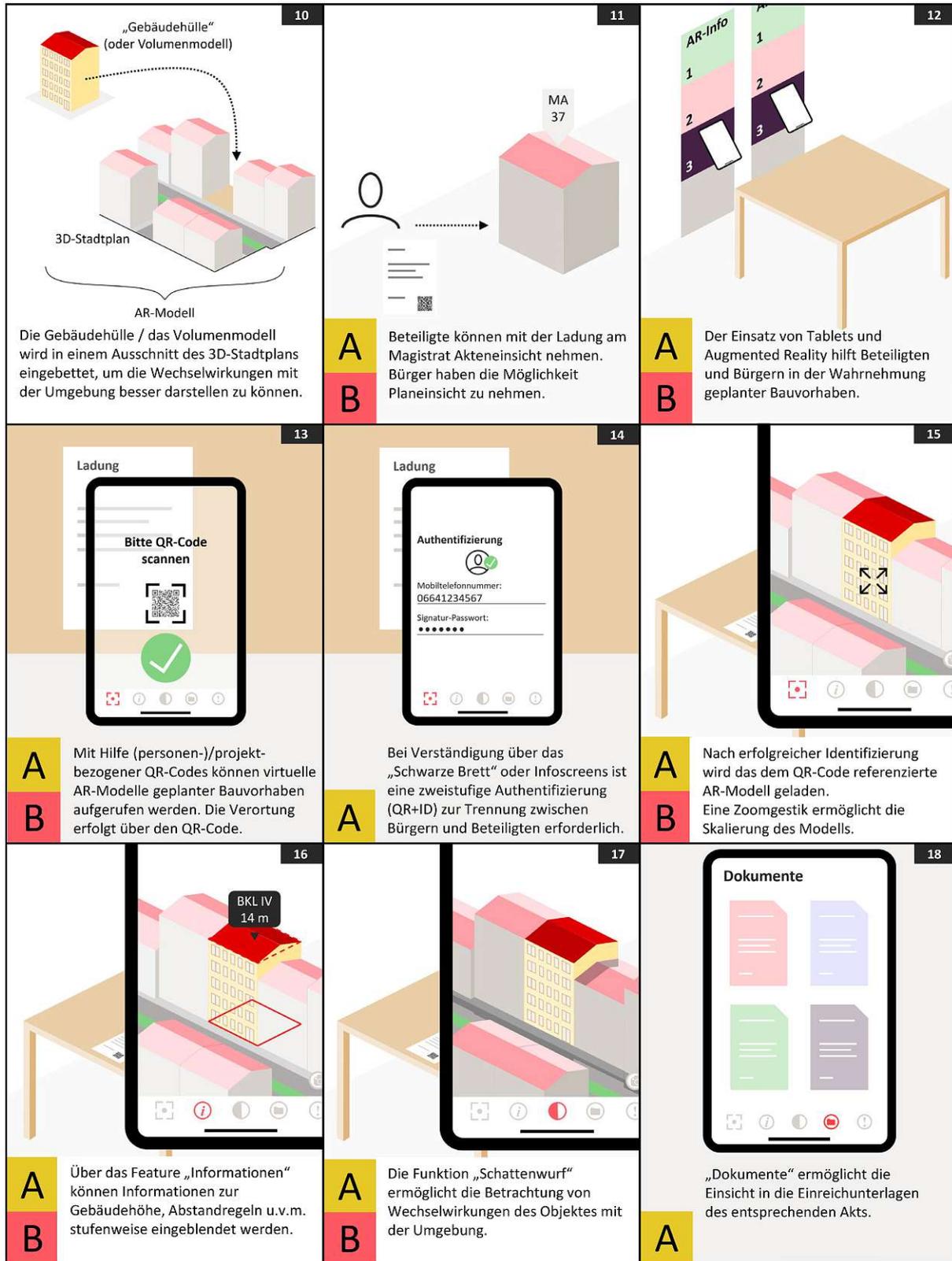


Abb. 4.9: Überblick der Prozessschritte für UC 07 und UC 08

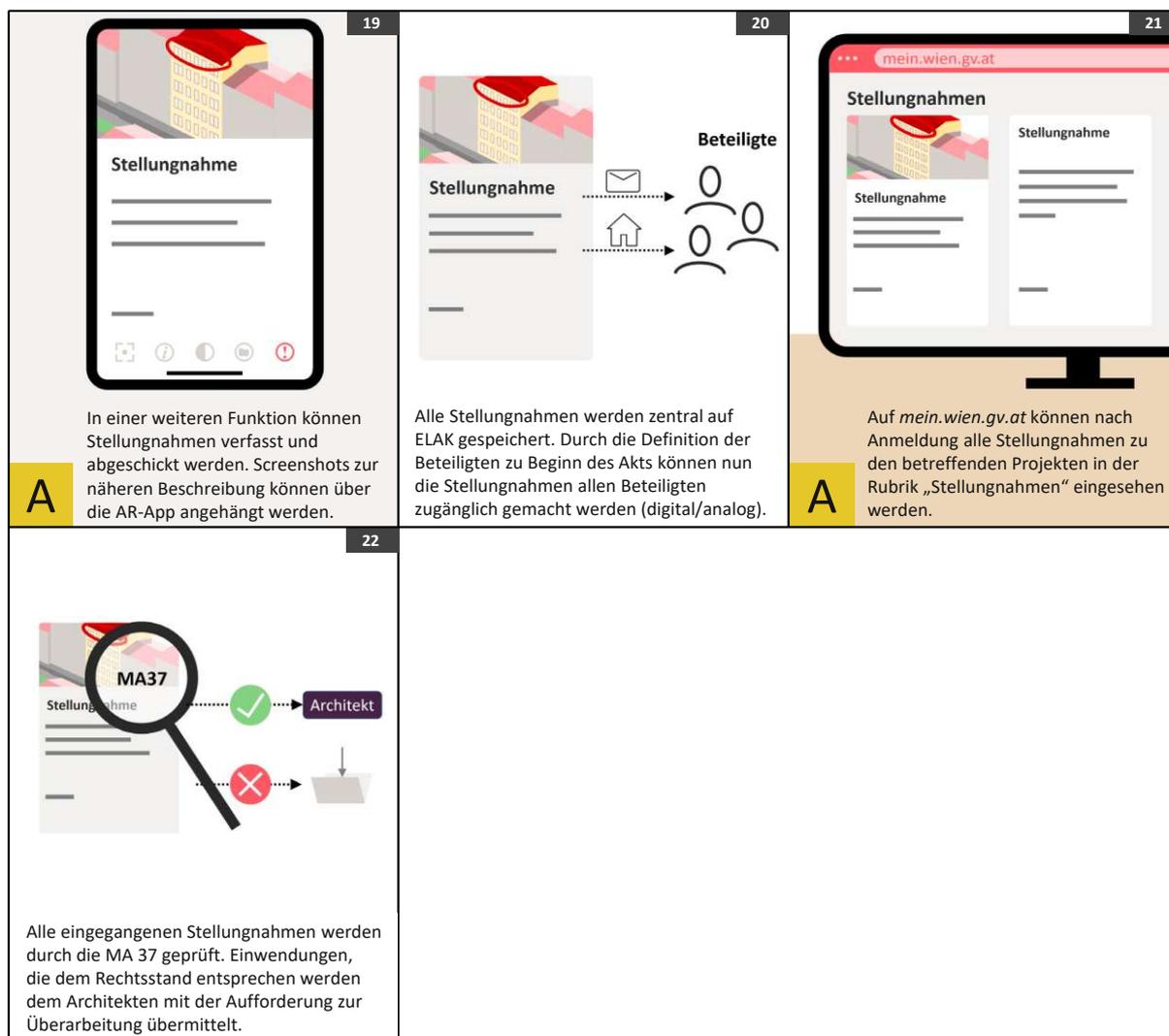


Abb. 4.10: Überblick der Prozessschritte für UC 07 und UC 08

zweite Authentifizierungsstufe vorgesehen. Durch die personenbezogene Identifikation als Beteiligter (anhand eines personenbezogenen QR-Codes oder der Authentifizierung über [mein.wien.gv.at/mobiler Handy-Signatur](http://mein.wien.gv.at/mobiler-Handy-Signatur)) können im späteren Verlauf Stellungnahmen eindeutig zugeordnet werden (siehe Schritt 19 auf Seite 48).

- 15:** Nach erfolgreicher Identifikation wird ein virtuelles 3D-Modell des geplanten Bauvorhabens mit Hilfe von AR im Raum verortet dargestellt. Das AR-Modell ist dabei eingebettet in einem Ausschnitt des 3D-Stadtplans. Die Verortung und Skalierung erfolgen zusätzlich zu der Identifikation ebenfalls über den QR-Code. Mit dem Tablet kann das Projekt aus allen Perspektiven betrachtet und über eine Zoom-Funktion auch in variabler Größe dargestellt werden. Die AR-App bietet vielfältige Funktionen, die über eine Menüleiste am unteren Displayrand ausgewählt werden können. Die Reihenfolge kann dabei frei gewählt werden, folgt aber der Logik von links nach rechts beginnend mit dem Scan des QR-Codes.
- 16:** Zur Feststellung der Einhaltung der subjektiv-öffentlichen Rechte dient die Funktion „Informationen einblenden“. Nach dem Anklicken des Informationssymbols erscheint ein Auswahl-

fenster zur Steuerung der verschiedenen Layer. Jeder Layer kann ein- bzw. ausgeblendet werden und wird mit dem AR-Modell überlagert. Die Layer umfassen:

- die Bauklasse und damit einhergehend die maximale Gebäudehöhe, sofern nicht andere Beschränkungen gelten
- Baulinien,
- Baufuchtlinien,
- Straßenfuchtlinien,
- die bebaubare Fläche,
- die Bauweise,
- die Widmung und
- besonderen Bestimmungen.

Zu jedem Layer kann eine kurze textliche und graphische Beschreibung angezeigt werden (zB: „Bei Gebäuden an der Baulinie, Straßenfuchtlinie oder Verkehrsfuchtlinie gilt bis zu einer Gebäudetiefe von 15 m als Gebäudehöhe der lotrechte Abstand von der festgesetzten Höhenlage der Verkehrsfläche bis zur obersten Schnittlinie der zulässigen Außenwandfläche der Straßenfront ohne Berücksichtigung vorspringender Gebäudeteile wie Gesimse, Erker und dergleichen mit der Oberfläche des Daches“, §81 (1) BO für Wien

- 17:** Um die Wechselwirkung des geplanten Bauvorhabens mit der Umwelt noch besser einschätzen zu können, gibt es die Funktion *Schattenwurf*. Dieses Feature entspricht in der Art und dem Umfang der Umsetzung im 3D-Stadtplan der Stadt Wien. Über ein Auswahlfenster kann die Uhrzeit (mittels Schieberegler) und das Datum (über einen Kalender in Monatsansicht) ausgewählt und somit der Sonnenstand angepasst werden.
- 18:** Für Beteiligte im Verfahren steht die Funktion „Dokumente“ zur Verfügung. Damit kann die Akteneinsicht digital erfolgen. Über das Dokumenten-Icon wird eine Übersicht zu allen, den Akt betreffenden, Dokument geöffnet. So können beispielsweise Berechnungen hinsichtlich der Schallemissionen bei Betriebsgebäuden eingesehen werden.
- 19:** Über die Funktion „Stellungnahme“ können Beteiligte Stellungnahmen verfassen oder bereits verfasste einsehen. Nach dem Klick auf das entsprechende Icon öffnet sich ein Überblick aller dem Projekt zugeordneter Stellungnahmen. Über ein Plus-Symbol kann eine neue Stellungnahme hinzugefügt werden. Nun wird ein standardisiertes Formular geöffnet. Als erstes ist zwischen „Keine Einwendungen“ und „Einwendungen“ zu wählen. Im ersten Fall dient die Stellungnahme als Bestätigung, dass man keine Beeinträchtigung der subjektiv öffentlichen Rechte beanstandet. Im zweiten Fall kann nun ein Text über die persönlichen Einwendungen verfasst werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, Screenshots anzufügen, um den Einwand aus einer bestimmten Perspektive festzuhalten, zB eine zu große Beeinträchtigung der eigenen Sicht. Die Screenshots können anschließend durch Skizzen weiter ergänzt werden. Durch dieses System kann beispielsweise auf das Überschreiten einer Grenzlinie durch einen Pfeil oder durch Einkreisen des Bereichs explizit hingewiesen werden.
- 20:** Nach Abschluss der Stellungnahme wird diese im BCF-Format in das AR-Modell geladen. Vom AR-Modell wird die BCF-Datei in das Bauantragsmodell zurückgespielt. Die Stellungnahme wird anschließend allen Beteiligten in digitaler Form (Website, App) zur Verfügung gestellt, wenn nötig auch in analoger Form.

- 21:** Eine Variante davon ist die Einsicht über die Website der Stadt Wien. Auf der Website mein.wien.gv.at werden alle Stellungnahmen projektbezogen gespeichert. Meldet man sich mit seinem Nutzeraccount an, kann man im Reiter „Stellungnahmen“ alle abgegebenen Stellungnahmen zu jenen Projekten einsehen, in welchen man als Beteiligter auftritt oder Parteistellung hat. Für den Fall, dass Einsicht am Magistrat genommen, aber nicht gleich am Tablet eine Stellungnahme verfasst wurde, ist dies über die Website mein.wien.gv.at möglich. Gleiches gilt für die Einsicht über die AR-App von zuhause.
- 22:** Zuletzt werden die Stellungnahmen von einem Sachbearbeiter der MA 37 geprüft. Ist eine Einwendung rechtlich richtig, wird diese an den Bauwerber mit der Aufforderung zur Verbesserung nach §13 Abs. 3 AVG weitergeleitet. Betrifft die Einwendung nicht die subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte, ist diese rechtlich nicht relevant und die Einwendung wird nicht an den Bauwerber weitergeleitet, sondern archiviert und der Steller der Einwendung wird über die Ablehnung informiert.

4.3.3 UC 06 – AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort

Der im Abschnitt 4.3.2 erläuterte Prozess am Magistrat orientiert sich stark am derzeitigen Modell des Parteienverkehrs. Der Einsatz von AR bietet eine weitere gänzlich neue Möglichkeit: die Einsichtnahme vor Ort. Der Abruf des AR-Modells ist über zwei Varianten möglich: Infotafeln mit QR-Code und AR-TAGs. Infotafeln sind dabei entweder Tafeln ähnlich zu Bautafeln oder in Form von Stelen. Diese Tafeln werden nach der vollständigen Einreichung, jedoch bereits vor Baubeginn aufgestellt und enthalten die Grundinformationen zum Bauvorhaben. Bautafeln selbst kommen nicht in Frage, da die Einsichtnahme vor Ort vor allem für Verfahren nach §70 BO für Wien interessant ist und hier die Frist für Einwendungen bereits vor dem Baubeginn endet (siehe Abb. 4.7). Um Bautafeln nutzen zu können, müsste die Einsichtnahme vor Ort ab Baubeginn erfolgen. Dies würde eine Gesetzesänderung erfordern. Bei Verfahren nach §70a BO für Wien und §70b BO für Wien ist die Möglichkeit der Information über die Bautafel gegeben. Während bei vereinfachten Verfahren die Akteneinsicht aktiv genutzt und unter anderem in 35% aller Stellungnahmen berücksichtigt wird, nimmt die Einsichtnahme bei Kurzverfahren als Teil des 1% praktisch kaum jemand in Anspruch (siehe Abb. 4.11 – ermittelt aus einer Befragung von Mitarbeitern der MA 37 im Zuge des Forschungsprojekts BRISE-Vienna). Auch inhaltlich ist das Einsatzgebiet für AR-unterstützte Einsichtnahme bei Kurzverfahren sehr klein, da beispielsweise durch den Anbau eines Wintergartens die subjektiv öffentlichen Nachbarrechte in den wenigsten Fällen beeinträchtigt werden. In Abb. 4.11 ist die Verteilung der Stellungnahmen nach Verfahrenstypen dargestellt. Berücksichtigt wurden nicht nur Stellungnahmen von Anrainer, sondern alle anfallenden Stellungnahmen beteiligter Parteien.

Langfristig könnte durch eine AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort die Bauverhandlung am Bauplatz überflüssig werden. Anrainer können sich ein Bild des geplanten Bauvorhabens in der realen Umgebung zu einer beliebigen Zeit, unabhängig der Zeiten des Parteienverkehrs auf der Behörde machen (zB auch am Wochenende). Ist eine Bauverhandlung erwünscht, kann diese in den Räumlichkeiten der MA 37 abgehalten werden. Als Fazit bleibt festzuhalten, dass bei Verfahren nach §70 BO für Wien die Umsetzung einen Mehraufwand bedeutet, allerdings auch ein größerer Mehrwert erzielt werden kann. Bei Verfahren nach §70a und §70b BO für Wien ist die Umsetzung durch Informationen auf Bautafeln sehr einfach möglich, allerdings auch der Output geringer. Abb. 4.12 zeigt die folgend beschriebenen Schritte 10 bis 18 für diesen Use-Case:

- 10:** Im Unterschied zu Use-Case 07 und Use-case 08 muss in dieser Variante kein QR-Code zum Ort der Einsichtnahme (Bauplatz) mitgebracht werden. In diesem Use-Case werden zwei Möglichkeiten unterschieden:

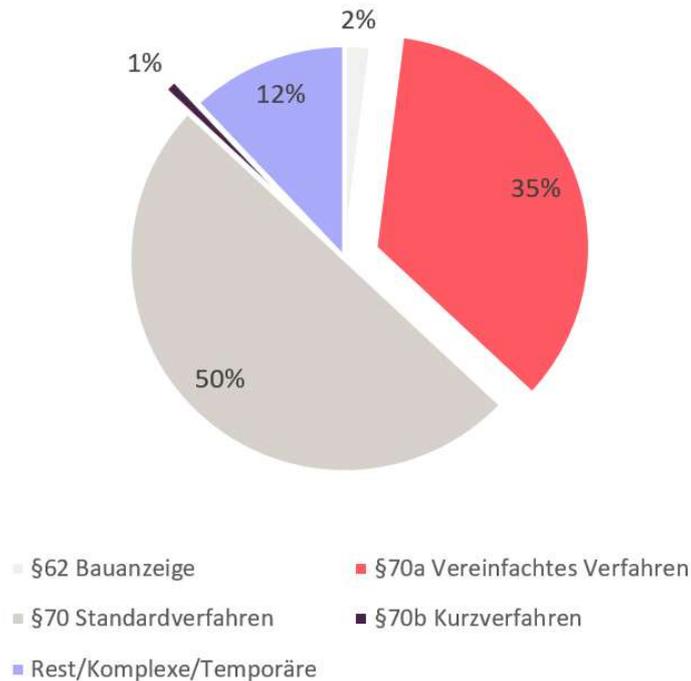


Abb. 4.11: Verteilung der Stellungnahmen nach Verfahrenstypen

- **QR-Code auf Infotafel:** Im ersten Schritt wird die AR-App am Tablet gestartet. Es folgt die Aufforderung „Bitte QR-Code scannen“. Wurde der QR-Code von der Infotafel erfolgreich erkannt, wird über den hinterlegten Link das zugeordnete AR-Modell vom zentralen Server abgefragt. Nun werden zwei Informationen überprüft: Tritt bei der Baustelle eine öffentlicher oder ein privater Bauherr auf und wer verfügt über den Status eines Beteiligten? Handelt es sich um ein öffentliches Bauvorhaben, können bereits Bürger:innen, sofern gewünscht, einsehen und eine zusätzliche Authentifizierung ist nicht erforderlich. Unter Bauvorhaben mit öffentlichen Bauherren fällt zB der Neubau eines Kindergartens der Stadt Wien.
- **AR-Tag:** Eine Alternative zu den physischen QR-Codes könnten virtuelle AR-TAGs darstellen. Zu jedem eingereichten Bauverfahren wird ein TAG angelegt. Ein TAG ist eine virtuelle Markierung, die mit Informationen (zB einem Link) verknüpft werden kann. Dieser TAG enthält, analog zum QR-Code, einen Link zum Download des entsprechenden AR-Modells für die Einsichtnahme. Die Speicherung der TAGs könnte georeferenziert in einem Layer des Stadtplans der Stadt Wien erfolgen. Vor Ort wird der AR-TAG über die AR-App virtuell im Blickfeld eingeblendet und mit einem Klick darauf das entsprechende AR-Modell gesucht. Nun werden zwei Informationen überprüft: Tritt bei der Baustelle eine öffentlicher oder ein privater Bauherr auf und wer verfügt über den Status eines Beteiligten? Handelt es sich um ein öffentliches Bauvorhaben, können bereits Bürger:innen, sofern gewünscht, einsehen und eine zusätzliche Authentifizierung ist nicht erforderlich. Andernfalls ist eine zusätzliche Identifikation notwendig.

11: Entsprechend der Art des Bauvorhabens, des Bauherren und des eigenen Status im Verfahren kann eine zusätzliche Authentifizierung erforderlich werden (siehe dazu Abschnitt 4.3.2). Der QR-Code oder AR-TAG ist in diesem Fall nicht personenbezogen und für alle

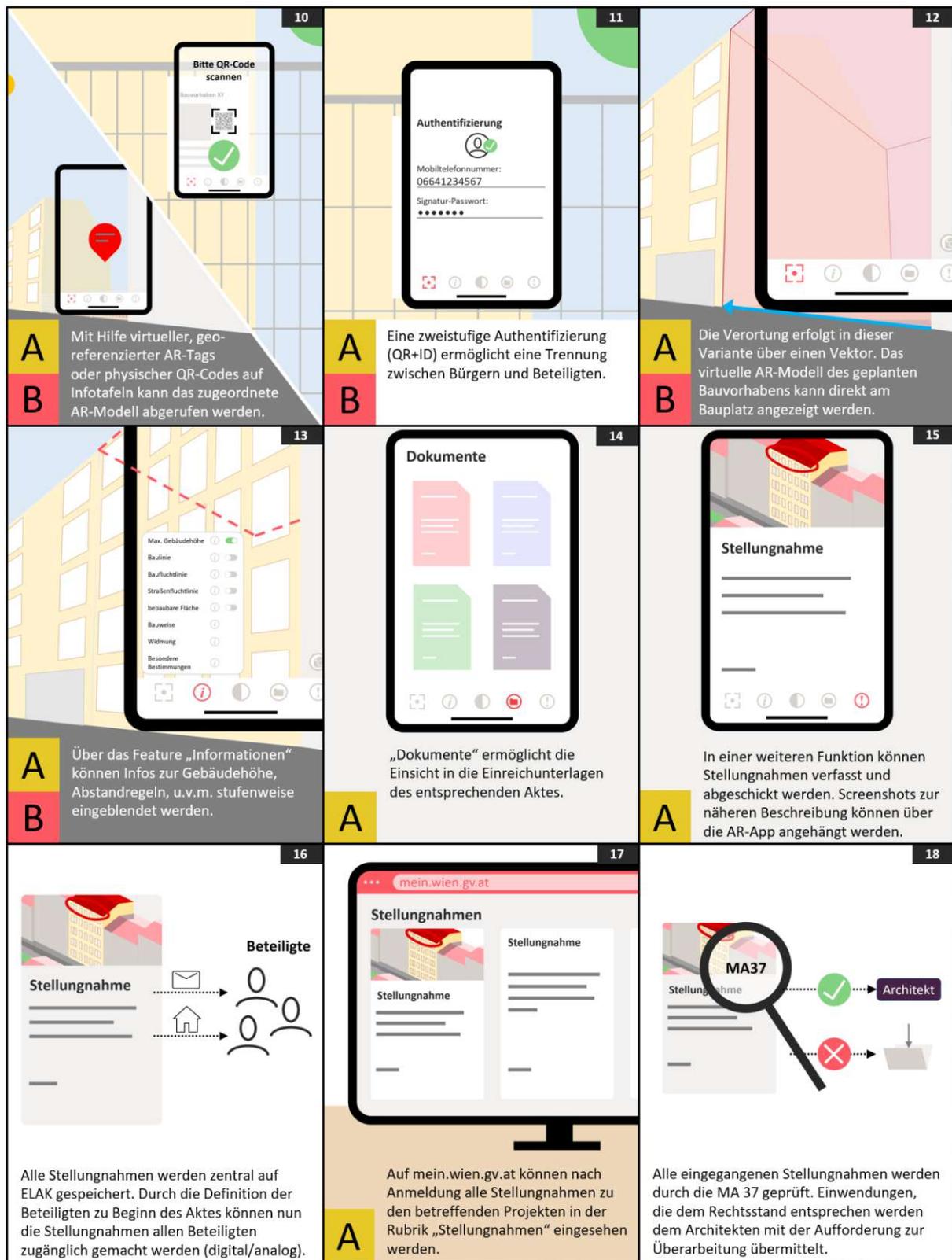


Abb. 4.12: Überblick der Prozessschritte für den Use-Case 9

Bürger zugänglich. Aus diesem Grund ist, sofern der Bauherrn einer öffentlichen Einsicht aller nicht zustimmt, eine zweite Authentifizierungsstufe vorgesehen. Durch die personenbezogene Identifikation als Beteiligter (anhand der Authentifizierung über mein.wien.gv.at oder die mobile Handy-Signatur) kann zwischen Bürgern und Beteiligten unterschieden werden. Im späteren Verlauf dient diese Identifikation zur personenbezogenen Zuordnung der Stellungnahmen (siehe nächster Schritt 12).

- 12:** Durch die Darstellung im realen Umfeld, dem Bauplatz, ergeben sich einige Unterschiede zur Einsichtnahme in Räumen (Behörde oder zuhause). Die komplexe Einbettung im 3D-Stadtplan ist nicht erforderlich, da das Bauvorhaben in der Realität eingebettet wird. Dafür stellt die räumliche Verortung eine größere Herausforderung dar. Hierfür bietet sich in erster Linie die Verortung über eine Vektor an (also über zwei Punkte, siehe Abb. 4.13). Als erstes wird eine Bezugskante im virtuellen Modell (AR-Modell) durch Anklicken ausgewählt. Anschließend wird diese Kante durch Eingabe von Start- und Endpunkt in der Realität definiert. Durch die Angabe der Länge zwischen den begrenzenden Punkten erfolgt die richtige Skalierung des Modells und anhand des Startpunkts und des Endpunkts (damit die Richtung des Vektors) kann die räumliche Lage der AR-Modells in der Realität bestimmt werden. Als Bezugskante kann beispielsweise die Außenkante eines Nachbargebäudes (bei gekuppelter oder geschlossener Bauweise) sowie bei Gruppenbauweise nach §76 BO für Wien oder eine Grundgrenze (bei offener Bauweise) nach §76 BO für Wien dienen. Einzige Voraussetzung ist, dass diese auch im Bauantragsmodell eingepflegt wurde.
- 13:** Zur Feststellung der Einhaltung der subjektiv-öffentlichen Rechte dient die Funktion „Informationen einblenden“. Nach dem Anklicken des Informationssymbols erscheint ein Auswahlfenster zur Steuerung der verschiedenen Layer. Jeder Layer kann ein- bzw. ausgeblendet werden und wird mit dem AR-Modell überlagert. Die Layer umfassen
- die Bauklasse und damit einhergehend die maximale Gebäudehöhe, sofern nicht andere Beschränkungen gelten,
 - Baulinien,
 - Baufuchtlinien,
 - Straßenfuchtlinien,
 - die bebaubare Fläche,
 - die Bauweise,
 - die Widmung und
 - die besonderen Bestimmungen.

Zu jedem Layer kann eine kurze textliche und graphische Beschreibung angezeigt werden (zB *„Bei Gebäuden an der Baulinie, Straßenfuchtlinie oder Verkehrsfuchtlinie gilt bis zu einer Gebäudetiefe von 15 m als Gebäudehöhe der lotrechte Abstand von der festgesetzten Höhenlage der Verkehrsfläche bis zur obersten Schnittlinie der zulässigen Außenwandfläche der Straßenfront ohne Berücksichtigung vorspringender Gebäudeteile wie Gesimse, Erker und dergleichen mit der Oberfläche des Daches“*, §81 (1) BO für Wien

- 14:** Für Beteiligte im Verfahren steht die Funktion „Dokumente“ zur Verfügung. Damit kann die Akteneinsicht digital erfolgen, ohne am Magistrat zu sein. Über das Dokumente-Icon wird eine Übersicht zu allen, den Akt betreffenden Dokumente geöffnet. So können beispielsweise Berechnungen hinsichtlich der Schallemissionen bei Betriebsgebäuden eingesehen werden.

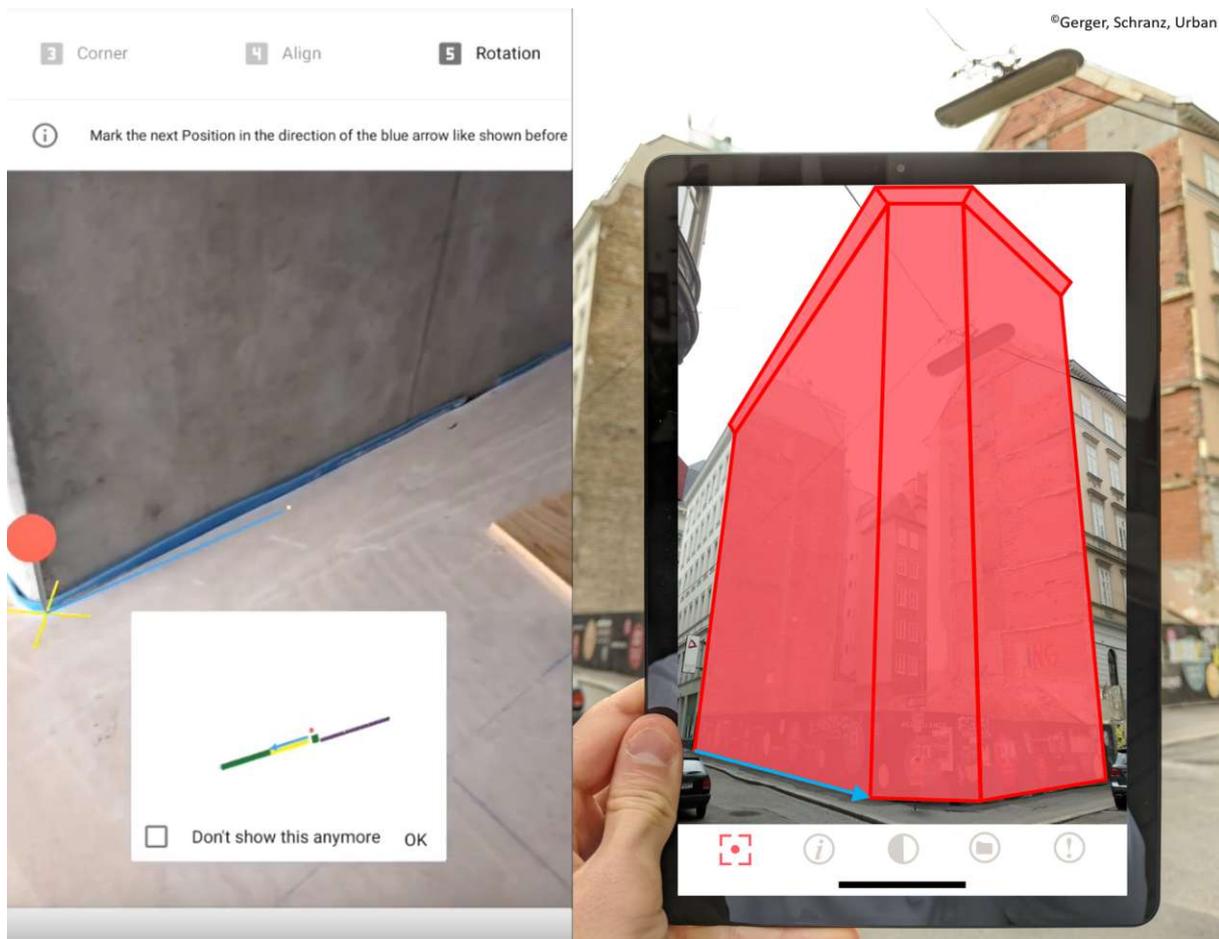


Abb. 4.13: Verortung per Vektor (zwei Punkte: Start- und Endpunkt): links GammaAR [14], rechts Mockup der Einsichtnahme vor Ort

- 15: Über die Funktion „Stellungnahme“ können Beteiligte Stellungnahmen verfassen. Nach dem Klick auf das entsprechende Icon erhält man ein standardisiertes Formular. Als erstes ist zwischen „Keine Einwendungen“ und „Einwendungen“ zu wählen. Im ersten Fall dient die Stellungnahme als Bestätigung, dass man keine Beeinträchtigung der subjektiv öffentlichen Rechte beanstandet. Im zweiten Fall kann nun ein Text über die persönlichen Einwendungen verfasst werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, Screenshots anzufügen, um den Einwand aus einer bestimmten Perspektive festzuhalten, zB eine zu große Beeinträchtigung der eigenen Sicht. Die Screenshots können anschließend durch Skizzen weiter ergänzt werden. Durch dieses System kann beispielsweise auf das Überschreiten einer Grenzlinie durch einen Pfeil oder durch Einkreisen des Bereichs explizit hingewiesen werden.
- 16: Nach Abschluss der Stellungnahme wird diese im BCF-Format in das AR-Modell geladen. Vom AR-Modell wird die BCF-Datei in das Bauantragsmodell zurückgespielt. Die Stellungnahme wird anschließend allen Beteiligten in digitaler Form zur Verfügung gestellt, wenn nötig auch in analoger Form.
- 17: Eine Variante davon ist die Einsicht über eine Website der Stadt Wien. Auf mein.wien.gv.at werden alle Stellungnahmen projektbezogen gespeichert. Meldet man sich mit seinem Nutzeraccount an, kann man im Reiter „Stellungnahmen“ alle abgegebenen Stellungnahmen

zu jenen Projekten einsehen, in welchen man als Beteiligter auftritt oder Parteistellung hat. Für den Fall, dass Einsicht vor Ort genommen, aber nicht gleich am Tablet eine Stellungnahme verfasst wurde, ist dies über mein.wien.gv.at möglich.

- 18:** Zuletzt werden die Stellungnahmen von einem Sachbearbeiter der MA 37 geprüft. Ist eine Einwendung rechtlich richtig, wird diese an den Bauwerber weitergeleitet mit der Aufforderung zur Verbesserung nach §13 Abs. 3 AVG. Betrifft die Einwendung nicht die subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte, ist diese rechtlich nicht relevant und die Einwendung wird nicht an den Bauwerber weitergeleitet, sondern archiviert und der Steller der Einwendung wird über die Ablehnung informiert.

4.3.4 UC 07 – AR-unterstützte Einsichtnahme zuhause

Dieser Use-Case basiert auf der AR-unterstützten Einsichtnahme am Magistrat. Der Ablauf ist ident zu dieser (UC 06) mit Ausnahme folgender Unterschiede: die Einsichtnahme findet nicht am Magistrat mit einem zur Verfügung gestellten Tablet statt, sondern zuhause mit eigener Hardware. Damit werden einerseits die Referenten am Magistrat entlastet, andererseits stehen diese den Beteiligte nicht für Fragen zur Verfügung. Aufgrund von Datenschutzbedenken (allgemeine Verfügbarkeit der AR-App und Weitergabe der Bauantragsmodell an private Hardware) wurde dieser Use-Case aktuell nicht weiterverfolgt.

4.3.5 Gegenüberstellung der UC 05, UC 06 und UC 07

Nutzen		
Anrainer/Beteiligte		
Augmented Reality unterstützt bei der Erfassung geplanter Bauvorhaben durch 3D-Visualisierungen. Bürger und Anrainer nach §134 BO für Wien sind dabei nicht mehr von abstrakten 2D-Plänen und ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen abhängig, sondern können über Smartphone/Tablet das geplante Projekt als 3D-Modell in Wechselwirkung mit ...		
... virtuellen Nachbargebäude über den 3D-Stadtplan sehen.		... der realen Umgebung sehen.
Die Einblendung relevanter Grenzen (Baulinie, Baufluchtlinie, Grenzlinien) helfen bei der Überprüfung subjektiv öffentlicher Rechte.		
Um die praktischen Auswirkungen des Projektes auf die angrenzenden Parteien hinsichtlich der Lichtverhältnisse darzustellen, dienen Schattenwurfsimulationen.		
Wollen Anrainer Einwände erheben, gibt es die Möglichkeit dies über die App am Smartphone/Tablet oder innerhalb der entsprechenden Rubrik („Stellungnahmen“) auf der Homepage am Computer von zuhause aus zu erledigen. Auf der App stehen zahlreiche Unterstützungen zur Kommentarabgabe bereit. Es können Screenshots als visuelle Unterstützung erstellt werden, die zusätzlich durch Skizzen ergänzt werden.		
Die Einsicht ohne der Notwendigkeit einen Sachbearbeiter mit diversen Fragen konfrontieren zu müsse, ermöglicht eine Betrachtung in ruhiger Situation ohne Zeitdruck.	Durch die Betrachtung in den eigenen vier Wänden, macht eine Einsicht in Ruhe und vertrauter Umgebung möglich (bisher am Magistrat: ungewohnten Umständen, Zeitdruck, ungewohnten Abläufen, etc.)	Die Betrachtung vor Ort ermöglicht eine Einsicht in Ruhe und vertrauter Umgebung (bisher am Magistrat: ungewohnten Umständen, Zeitdruck, ungewohnten Abläufen, etc.)
Da die AR-unterstützte Einsichtnahme theoretisch ohne Sachbearbeiter auskommt, könnte diese nicht nur zu den Zeiten des Parteienverkehrs stattfinden.		

MA 37		
Die Visualisierungsmöglichkeiten mit AR können viele Fragen ohne das Zutun eines Magistratsmitarbeiters bereits im Vorfeld geklärt werden.		
–	Die Einsichtnahme zuhause abseits des Parteienverkehrs sorgt für eine Entlastung der Mitarbeiter am Magistrat.	Die Einsichtnahme vor Ort zu beliebigen Zeiten sorgt für eine Entlastung der Mitarbeiter am Magistrat.
–		Durch die Betrachtung vor Ort könnte die Bauverhandlung nach §70 in Seminarräume verlagert werden, ohne qualitative Einbußen für die Anrainer.
Grundlagen (Software & Hardware)		
	Vermesserplan	
	AIM, BAM, REM	
	AR-Modell	
	3D-Stadtplan	–
	QR-Code	QR-Code / Geo-Tag
Tablet wird zur Verfügung gestellt		eigene Hardware
Herausforderungen		
	Verknüpfung von Stadtplan 3D und AR-Modell	–
	–	Verortungstechnik (über Marker oder Vektor)
Zustimmung zur öffentlichen Einsichtnahme privater Bauwerber		
Zugriffsberechtigungen über Authentifizierung (Nutzerkonten, Handy-Signatur)		
Gesetzesänderungen		
Aktuelle Gesetzeslage beschränkt den Personenkreis der Beteiligten		

4.3.6 UC 08 – Stadtbildrelevante Begutachtung mittels AR

Im Zuge des Baubewilligungsverfahrens werden unterschiedliche Themenbereiche wie Statik, Brandschutz oder Einfügung in das Stadtbild von spezialisierten Abteilungen der Stadt Wien geprüft. Eine Fachabteilung ist die MA 19, verantwortlich für die Themenbereiche Architektur und Stadtgestaltung. Die MA 19 untersucht Neu- und Sanierungsvorhaben (sofern sich das äußerer Erscheinungsbild ändert) hinsichtlich der Einfügung in das örtliche Stadtbild. Dazu zählen beispielsweise [17]:

Fensterauswechslungen: Die MA 19 überprüft entsprechend der Festlegung in §85 (7) BO für Wien, ob Fenster und Fenstertüren eines Gebäudes hinsichtlich Konstruktion, Teilung, Profilstärke, Farbe und dergleichen ein einheitliches Erscheinungsbild aufweisen. Ausnahmen bilden begründete Unterschiede in der besonderen Gestaltung des Gebäudes. Für den Austausch von Fenstern und Fenstertüren außerhalb von Schutzzonen und bei Gebäuden, welche nach 1945 errichtet wurden, ist laut §62a (1) Z34 BO für Wien sowie §62 (1) Z3 BO für Wien keine Bewilligung erforderlich. Eine Bauanzeige genügt für den Austausch von Fenstern und Fenstertüren in Schutzzonen und bei Gebäuden, die vor dem 1. Jänner 1945 errichtet wurden, gemäß §62 (1) Z3 BO für Wien.

Errichtung von Photovoltaik- oder Solaranlagen: Die architektonische Begutachtung hinsichtlich der Einfügung in das örtliche Stadtbild wird in Form einer Stellungnahme oder eines Gutachtens an die zuständige Behörde weitergeleitet: MA 37 oder MA 64.

Diese Überprüfung wird aktuell oftmals anhand eines Lokalaugenscheins durchgeführt. Lokalaugenscheine stellen eine zeit- und damit kostenintensive Methode dar. Aus diesem Grund hat die Stadt Wien mit der Abteilung für Stadtvermessung MA 41 bereits an weniger intensiven Methoden gearbeitet. Im Rahmen des Programms „Wien gibt Raum“ wurde eine Online-Anwendung (Kappazunder) ähnlich zu Google-Streetview entwickelt. Die Verknüpfung von Bilddaten und GIS-Informationen soll die Notwendigkeit von Lokalaugenscheinen reduzieren. Das Gutachten zur Prüfung des Stadtbilds könnte somit vom Büro aus durchgeführt werden. Die Herausforderungen gestalten sich dabei ähnlich jener bekannter Bilddatendienste. Durch die Aufnahme der Fotogrammetrie-Daten mittels Befahrungen mit PKWs sind die Datensätze auf Gebäudefronten an Straßenzügen beschränkt. Weiters stellen Objekte zwischen Straße und aufzunehmenden Gebäude große Probleme dar (zB Bäume). Die Einführung eines openBIM-Bewilligungsprozesses legt die Basis zur schrittweisen Erstellung eines digitalen Bebauungs- und Bestandsmodells der Stadt Wien – einer Art digitalen Zwilling. Im Zuge der Einreichung wird ein digitales Gebäudemodell georeferenziert an die Behörde übermittelt. Mit der fortschreitenden Anzahl an digital eingereichten Bauvorhaben können vermessene Daten (aus terrestrischen-, Airborne-Messungen oder Fotogrammetrie) kontinuierlich durch exakte BIM-Modelle ersetzt werden. Die BIM-Modelle aus dem Ansuchen um Bewilligung könnten langfristig durch Fertigstellungsmodelle mit höherem Detaillierungsgrad ersetzt werden. Damit wären die notwendigen Informationen vorhanden, teure Lokalaugenscheine obsolet und die Gutachten vom Büro aus durchführbar.

Eine andere Möglichkeit bietet die Anwendung von AR. Die Erweiterung der Bestandsumgebung (real) um das eingereichte Bauvorhaben (virtuelles AR-Modell) kann die MA 19 bei der Erstellung des Gutachtens zur Stadtbildgestaltung unterstützen. Die gestalterische Begutachtung ist insbesondere für folgende Bauvorhaben relevant:

- Aufstockungen,
- Dachausbauten und
- Wohnhausbau.

Der Prozess unterscheidet sich nicht von jenem in UC 06 aus Seite 49. Der Unterschied besteht in der Zielgruppe sowie der konkreten Anwendung.

AR als Unterstützung bei Bauverhandlungen

Die Bauverhandlung ist eine mündliche Verhandlung und wird in §70 BO für Wien behandelt: Sie ist zu führen, wenn die Möglichkeit besteht, dass durch ein Bauvorhaben die subjektiv-öffentliche Nachbarrechte (§134a BO für Wien) berührt werden. Es gibt jedoch zwei Ausnahmen:

- §70a BO für Wien: bei Verfahren nach diesem Paragraph müssen keine Bauverhandlungen durchgeführt werden.
- §70 Abs. 1 und 2. BO für Wien: „... die Behörde die Eigentümer benachbarter Liegenschaften (§134 Abs. 3 BO für Wien) vom Einlangen eines Ansuchens um Baubewilligung nachweislich verständigt und ihnen unter Bekanntgabe der Zeit und des Ortes der möglichen Akteneinsicht die Gelegenheit einräumt, allfällige Einwendungen im Sinne des §134 Abs. 3 BO für Wien gegen die geplante Bauführung binnen einer angemessenen Frist, die zumindest drei Wochen beträgt, bei der Behörde einzubringen, und innerhalb der gesetzten Frist keine zulässigen Einwendungen erhoben werden“, BO für Wien

Für eine Bauverhandlung sind nach §70 BO für Wien folgende Beteiligte einzuladen:

- Bauwerber,
- Planverfasser,
- Bauführer,
- Personen mit Baurecht,
- Eigentümer/Miteigentümer der Liegenschaften,
- Eigentümer/Miteigentümer benachbarter Liegenschaften (sofern die subjektiv-öffentlichen Rechte nach §134a BO für Wien berührt werden) und
- Vertreter der Baubehörde (MA 37).

Weiters sieht die Bauordnung die Ladung und Zustellung verfahrensleitender Schriftstücke zur Bauverhandlung der Wohnungseigentümer „nur durch Anschlag an allgemein zugänglicher Stelle des Hauses“ (zB Treppenhaus) vor. Bei dieser Regelung gibt es aktuell zwei Problempunkte. Einerseits stellen Bauverhandlungen vor Ort einen großen Aufwand für die Behörde dar. Aus diesem Grund präferiert die Baubehörde Bauverhandlungen in Seminarräumen der MA 37. Andererseits hilft es Nachbarn, Pläne vor Ort einsehen zu können, um sich die Wechselwirkungen mit der Umgebung besser vorzustellen. In beiden Fällen bietet der Einsatz von AR Verbesserungspotenziale.

Entsprechend der verschiedenen örtlichen Möglichkeiten für Bauverhandlungen bzw. der Teilnahme an einer solchen, wurden drei Anwendungsfälle definiert: UC 09 Bauverhandlung am Bauplatz, UC 10 Bauverhandlung am Magistrat und UC 11 ortsunabhängige, virtuelle Teilnahme an einer Bauverhandlung. Die folgenden Abschnitten 4.3.7, 4.3.8 und 4.3.9 beschreiben diese Varianten genauer.

Die mündliche Bauverhandlung nach §70 BO für Wien bildet die letzte Möglichkeit für Einsichtnahme und Äußerung von Einwendungen durch Beteiligten im Verfahren. Sie baut daher, je nach getätigter Art der Einsichtnahme, auf den Prozessschritten aus einem der Abschnitte 4.3.2, 4.3.3 bzw. 4.3.4 auf.

4.3.7 UC 09 – AR im Rahmen mündlicher Bauverhandlungen am Bauplatz

Die erste Möglichkeit der mündlichen Bauverhandlung stellt die Durchführung am Bauplatz dar. Zur Bauverhandlung wurden alle Beteiligten geladen. Nicht mehr an der Bauverhandlung teilnehmen müssen:

- jene, die bereits Einsicht genommen haben,
- dabei ihre subjektiv-öffentlichen Rechte nicht berührt sehen und
- dazu die Stellungnahme *Keine Einwendungen* über die AR-App oder mein.wien.gv.at abgegeben haben.

Alle anderen Beteiligte finden sich zu dem kommunizierten Zeitpunkt der Bauverhandlung am Bauplatz ein. Die folgenden Punkte beschreiben die Verfahrensschritte:

- 01:** Zu Beginn der Bauverhandlung erfolgt die Vorstellung des Projekts für jene, die noch keine Zeit hatten, sich mit dem Bauvorhaben genauer auseinanderzusetzen. Aktuell erfolgt eine Präsentation anhand von 2D-Plänen und Renderings. Dadurch wird die Erfassung von Wechselwirkungen des Projekts mit seiner Umgebung stark vom räumlichen Vorstellungsvermögen der Beteiligten abhängig gemacht. Nachbarn, die nicht in der Baubranche tätig sind, fällt die Vorstellung der Auswirkungen oftmals schwer. Aus diesem Grund fühlen sich Beteiligte in viele Fällen unsicher / nicht gut eingebunden. Damit steigt das Potenzial, dass sie Einwendungen erheben. Im Sinne einer effizienten Verfahrensdurchführung ist deshalb auf eine gute Kooperation aller Beteiligter zu achten. Mit AR ist eine deutliche, qualitative Steigerung im Bereich der Visualisierung möglich.

Künftig kann die Vorstellung des Projekts anhand einer AR-Brille und Tablets mit AR-App durchgeführt werden. In diesem Use-Case steht die Interaktion zwischen AR-Brille, Tablets und AR-Modell im Vordergrund. Während eine Person Einsicht mittels AR-Brille nimmt, wird das Sichtfeld dieser Person auf die Tablets der anderen übertragen. Als Basis könnte ein sogenanntes Remote-Expert-System dienen (siehe Abschnitt 4.3.9). Bevor die Betrachtung über die AR-Brille/Tablet erfolgen kann, ist die Auswahl und Verortung des AR-Modells erforderlich.

- 02:** Im ersten Schritt wird die AR-App gestartet. Es folgt die Aufforderung „Bitte QR-Code scannen“. Der Vertreter der Baubehörde stellt den projektbezogenen QR-Code zu Verfügung. Wurde der QR-Code erfolgreich erkannt, wird das dem Code zugeordnete AR-Modell abgefragt.

Alternativ könnte dieser Schritt über einen georeferenzierten AR-TAG (siehe S. 50) erfolgen. Damit im späteren Verlauf Stellungnahmen eindeutig, personenbezogen gespeichert werden können, ist eine zusätzlich zweite Authentifizierungsstufe vorgesehen. Diese erfolgt beispielsweise über den Nutzeraccount von mein.wien.gv.at oder mobiler Handy-Signatur.

Nach erfolgreicher Identifikation wird ein virtuelles 3D-Modell des geplanten Bauvorhabens mit Hilfe von AR geladen. Im nächsten Schritt erfolgt die Verortung des AR-Modells in der Umgebung. Hinsichtlich der Verortungstechnik können aktuell vier Ansätze unterschieden werden:

- **Markerless:** Darunter versteht man die Platzierung des AR-Modells frei, dh ohne Marker (markerless) in der Umgebung. Diese Form der Verortung eignet sich in diesem Use-Case nicht, da die Ungenauigkeit durch die freie Platzierung zu groß ist. Die ungenaue Darstellung kann zu Einwendungen führen, die nicht zutreffend sind (zB Einschränkungen der Sicht).
- **QR-Codes:** Diese eignen sich hervorragend für eine maßstäbliche Darstellung in Räumen, beispielsweise in UC 07. Im Falle der Betrachtung vor Ort müssten für eine stabile Verortung mehrere QR-Codes in Abständen von 1–5 m am Bauplatz vorgesehen und deren Positionen ebenfalls im AR-Modell eingetragen werden, damit ein Abgleich zwischen der virtuellen und der realen Position des Codes (Kalibrierungspunkten) erfolgen kann.
- **Auswahl dreier nicht-paralleler Flächen:** Mit diesem System werden zunächst drei nicht parallele Flächen im AR-Modell und anschließend in der Realität ausgewählt. Dadurch erfolgt ein Abgleich zwischen Virtualität und Realität. Im Unterschied zu Verortung über QR-Codes ist diese Form erst in der Bauphase möglich (sobald drei nicht parallele Flächen vorhanden sind, zB Bodenplatte und zwei Wände). Aus diesem Grund eignet sich dieses System ebenfalls für Bauverhandlungen vor Ort.

- **Vektoreingabe:** Als erstes wird eine Bezugskante im virtuellen Modell (AR-Modell) durch Anklicken ausgewählt. Anschließend wird diese Kante durch Eingabe von Start- und Endpunkt in der Realität definiert. Durch die Angabe der Länge zwischen den begrenzenden Punkten erfolgt die richtige Skalierung des Modells und anhand des Startpunkts und der Richtung des Vektors kann die räumliche Lage der AR-Modells in der Realität bestimmt werden. Als Bezugskante kann beispielsweise die Außenkante eines Nachbargebäudes (bei gekuppelter oder geschlossener Bauweise sowie bei Gruppenbauweise nach §76 BO für Wien) oder eine Grundgrenze (bei offener Bauweise nach §76 BO für Wien) dienen. Einzige Voraussetzung ist, dass diese auch im Bauantragsmodell eingepflegt wurde. Diese Verortungstechnik eignet sich gut sowohl während der Bauphase als auch für die AR-unterstützte Bauverhandlung vor Ort.

Sobald die Verortung erfolgreich abgeschlossen ist, kann mit der Vorstellung des Projektes begonnen werden. Eine mit dem Vorhaben gut vertraute Person (Planverfasser, Vertreter der MA 37, Bauherr) führt mit Hilfe der AR-Brille durch das Projekt. Alle anderen können die Ausführungen anhand der Synchronisierung des Sichtfelds der AR-Brille auf das jeweilige Tablet mitverfolgen.

- 03:** Die Darstellung des geplanten Bauvorhabens in realer Größe und Umgebung ermöglicht eine wesentlich leichtere Vorstellung der künftigen Situation. Nach der einführenden Vorstellung des Projekts können Nachbarn Fragen stellen und Einwendungen erheben, sofern sie ihre subjektiv-öffentlichen Rechte berührt sehen. Dafür kann die jeweils fragende Person die AR-Brille aufsetzen und das Blickfeld wird auf die Tablets übertragen. Die Beantwortung der Fragen können Planverfasser, Bauherr oder Vertreter der MA 37 durch Skizzen über ihr Tablet unterstützen. Diese Skizzen werden im AR-Modell räumlich referenziert und sind damit für alle Beteiligten sichtbar. Die Verwendung vieler Tablets würde darüber hinaus die Möglichkeit der unabhängigen, zeitgleichen Betrachtung eines jeden Einzelnen eröffnen (siehe Abb. 4.14). Der Nachteil an dieser Variante ist, dass Fragen einzeln beantwortet

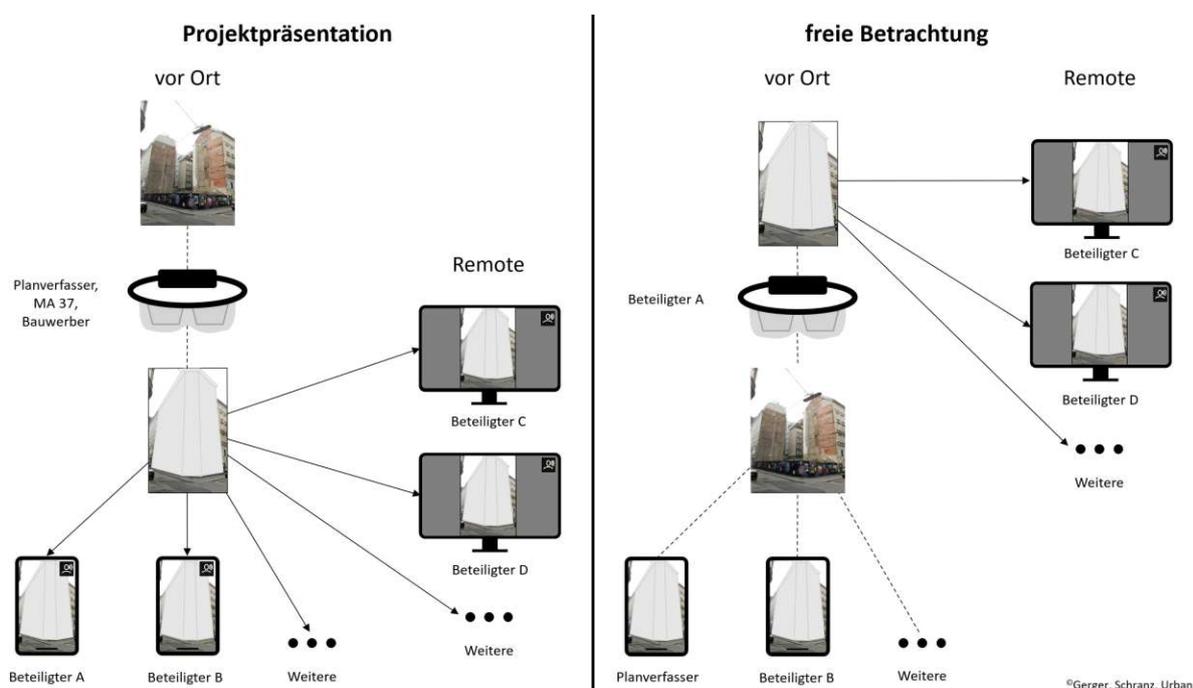


Abb. 4.14: Bauverhandlung unterstützt durch AR und Remote-Expert-System

würden und damit der Eindruck entstehen kann, etwas verpasst zu haben. Einwendungen nach §134a BO für Wien können über eines der Tablets mit AR-App verfasst werden. Durch die personenbezogene Identifikation zu Beginn werden Stellungnahmen eindeutig zuordenbar. Der Ablauf gestaltet sich dabei analog zu jenem im Rahmen der Einsichtnahme am Magistrat (siehe Abschnitt 4.3.2, Schritt 4.3.2 auf Seite 48).

- 04:** Sind alle Fragen beantwortet und Stellungnahmen getätigt, kann der letzte Schritt der Bauverhandlung erfolgen, das Verfassen der Verhandlungsschrift. Die Anwesenheit der Beteiligten mit Ausnahme des Bauwerbers ist dafür nicht mehr erforderlich. Die Verhandlungsschrift wird am Magistrat oder einem anderen geeigneten Ort von einem Sachverständigen der MA 37 verfasst und anschließend durch den Bauwerber unterfertigt. Damit gilt die Bauverhandlung als abgeschlossen.

Ab diesem Zeitpunkt ist die Einwendungsfrist für Beteiligte beendet. Es wird jedoch dem Bauwerber eine 14-tägiges Einspruchsrecht eingeräumt. Um schneller mit dem Bau beginnen zu können, gibt es seitens des Bauwerbers die Möglichkeit, auf diese Einspruchsfrist zu verzichten.

4.3.8 UC 10 – AR-unterstützte Bauverhandlungen am Magistrat

Eine andere Variante der mündlichen Bauverhandlung ergibt sich anhand der Durchführung am Magistrat. Diese Möglichkeit findet bereits heute oftmals Anwendung, da die abschließende Verhandlungsschrift gleich an Ort und Stelle im Magistrat verfasst werden kann. Mit diesem System ergeben sich einerseits Vorteile für die Behörde, da ein Ortswechsel im Rahmen der Bauverhandlung nicht erforderlich ist (Zeitersparnis). Andererseits hätten die Nachbarn bei einer Einsicht vor Ort durch die reale Umgebung eine bessere Unterstützung der Vorstellung als in einem Seminarraum in der Baubehörde. Durch eine Kombination mit der Einsichtnahme vor Ort könnte ein neuer Prozess mit Vorteilen für alle Beteiligten entstehen.

- 01:** Das im Abschnitt 4.3.3 beschriebene System der Einsichtnahme vor Ort (UC 06) ermöglicht Beteiligten die Einsichtnahme von geplanten Bauvorhaben direkt am Bauplatz, unabhängig der Parteienverkehrs- bzw. Öffnungszeiten des Magistrats. Die Möglichkeit der Darstellung des Projekts in realer Größe und Umgebung mit Hilfe von AR lässt viele Fragen, die bei Bauverhandlungen aufgrund von Verständnisproblemen der „Plansprache“ entstehen, der Vergangenheit angehören. Nachbarn können sich somit selbstständig ein Bild des Projekts machen, ohne dass ein Vertreter der MA 37 benötigt wird. Treten Fragen auf, können diese im Rahmen der Bauverhandlung im Zuge des Parteienverkehrs am Magistrat gestellt werden.
- 02:** Die Bauverhandlung findet zum kommunizierten Zeitpunkt in einem Seminarraum am Magistrat statt. Zu Beginn wird das Projekt für alle Beteiligten vorgestellt. Eine Vorabinformation ist gut, aber unverbindlich. Die Präsentation erfolgt im Rahmen der Bauverhandlung am Magistrat über Tablets und AR-Apps. Jedem anwesenden Beteiligten wird ein Tablet mit der entsprechenden App zur Verfügung gestellt.

Im ersten Schritt wird die AR-App am Tablet gestartet. Es folgt die Aufforderung „Bitte QR-Code scannen“. Am Tisch liegt der projektbezogene QR-Code auf. Wurde der QR-Code erfolgreich erkannt, wird das dem Code zugeordnete AR-Modell abgefragt. Damit im späteren Verlauf Stellungnahmen eindeutig, personenbezogen gespeichert werden können, ist eine zusätzlich zweite Authentifizierungsstufe vorgesehen. Diese erfolgt über den Nutzeraccount von mein.wien.gv.at oder mobiler Handy-Signatur.

Nach erfolgreicher Identifikation wird ein virtuelles 3D-Modell des geplanten Bauvorhabens mit Hilfe von AR verortet im Raum dargestellt. Das AR-Modell ist dabei eingebettet in einem Ausschnitt des 3D-Stadtplans. Die Verortung und Skalierung erfolgen zusätzlich zu der Identifikation ebenfalls über den QR-Code.

Zum Zweck der Präsentation kann das Sichtfeld der präsentierenden Person (Planverfasser, Bauherr, Vertreter der Behörde) auf die anderen Tablets gespiegelt werden. Als Basis könnte ein Remote-Expert-System dienen (siehe Abschnitt 4.3.9). Nach der Präsentation wird diese Übertragung der Darstellung beendet und jeder Beteiligter kann anschließend das Projekt frei betrachten.

- 03:** Mit dem Tablet kann das Projekt nun aus allen Perspektiven betrachtet und über eine Zoom-Funktion auch in variabler Größe dargestellt werden. In dieser Phase haben die Beteiligten die Möglichkeit, ihre Fragen zu stellen. Die Visualisierung als räumliches Modell hilft bei der Formulierung der Fragen und kann durch Skizzen unterstützt werden. Die Skizzen werden räumlich im AR-Modell referenziert und erlauben eine gleichzeitige Betrachtung durch alle Beteiligten aus ihrer jeweiligen Perspektive. Die Funktion „Informationen einblenden“ ermöglicht die Einblendung verschiedener relevanter Informationen über einzelne Layer (siehe Abschnitt 4.3.2, Schritt 16) und kann damit bei der Beantwortung verschiedener Fragen Planverfasser bzw. den Vertreter der Behörde unterstützen.
- 04:** Stellungnahmen sowie Einwendungen nach §134a BO für Wien können über die AR-App verfasst werden. Der Ablauf gestaltet sich dabei analog zu jenem im Rahmen der Einsichtnahme am Magistrat (siehe Abschnitt 4.3.2, Schritt 19 und 20 auf Seite 48).
- 05:** Den letzten Schritt der Bauverhandlung bildet das Verfassen der Verhandlungsschrift. Diese Aktion gestaltet sich analog zu UC 13 mit dem Unterschied, dass kein Standortwechsel mehr erforderlich ist.

Die Kombination der Einsichtnahme über Infotafeln mit dem Prozess der Bauverhandlung in Seminarräumen verbindet die Vorteile für beide Seiten: Einerseits bessere Vorstellungsmöglichkeiten für Beteiligte und andererseits geringeren Aufwand für die Behörde.

4.3.9 UC 11 – Virtuelle Bauverhandlung

Beide bisher beschriebenen Varianten der Bauverhandlung setzen eine physische Anwesenheit der beteiligten Personen voraus. In diesem Use-Case wird ein alternatives System zur ortsunabhängigen Teilnahme vorgestellt, das als Ergänzung zu UC 13 und UC 14 zu sehen ist. Im Forschungsprojekt AR-AQ-Bau [47] wurde ein sogenanntes *Remote-Expert-System* für AR-Brillen entwickelt. Das System besteht aus mindestens zwei Personen: einer Person vor Ort und mindestens einer, die sich von der Ferne zuschalten kann. Über eine AR-Brille oder ein Tablet überträgt die Person vor Ort das Sichtfeld auf das Gerät (zB Computer, Tablet) einer Person, die aus der Ferne zugeschaltet ist. Diese Variante erlaubt die Teilnahme an Bauverhandlungen auch für Personen, die sich zum Zeitpunkt der Bauverhandlung in einem anderen Land aufhalten (zB aufgrund einer Geschäftsreise). Damit kann beispielsweise die Vorstellung des Bauvorhabens aus Sicht des Planverfassers mit AR-Brille auf den Computer eines Nachbarn im Ausland gespiegelt werden. Über eine *Stopp-Taste* kann die zugeschaltete Person das Live-Bild anhalten, um Markierungen zu setzen. Diese Skizzen werden räumlich im AR-Modell referenziert und bei anschließendem Einschalten des Live-Bildes den Personen vor Ort eingeblendet. Dadurch kann eine zugeschaltete Person Fragen oder Stellungnahmen an den Vertreter der Baubehörde richten, ohne physisch anwesend sein zu müssen.

4.3.10 Gegenüberstellung der UC 09, UC 10 und UC 11

UC 09 AR im Rahmen mündlicher Bauverhandlungen am Bauplatz	UC 10 AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat	UC 11 Virtuelle Bauverhandlung
Nutzen		
Anrainer/Beteiligte		
AR unterstützt bei der Erfassung geplanter Bauvorhaben durch 3D-Visualisierungen. Kommt es zu einer mündlichen Verhandlung nach §70 (1) der BO für Wien, sind Nachbarn dabei nicht mehr von abstrakten 2D-Plänen und ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen abhängig, sondern können über Smartphone/Tablet oder AR-Brille das geplante Projekt als 3D-Modell in Wechselwirkung mit ...		
... den realen, angrenzenden Gebäuden sehen. Das geplante Projekt wird referenziert in der Baulücke eingeblendet. Dadurch steigert sich die Wahrnehmung geplanter Bauvorhaben.	... virtuellen Nachbargebäuden eingebettet im 3D-Stadtplan sehen. Fragen können durch die räumliche Visualisierung besser erklärt werden.	... virtuellen Nachbargebäuden eingebettet im 3D-Stadtplan sehen. Für die Darstellung wird das Sichtfeld einer anwesenden Person übertragen. Mithilfe einer Stopp-Funktion können referenzierte Skizzen gemacht und an die anwesenden Personen übertragen werden.
Die Einblendung relevanter Grenzen (Baulinie, Baufluchtlinie, Grenzlinien) helfen bei der Überprüfung subjektiv öffentlicher Rechte.		
Bei Einwänden besteht die Möglichkeit, die Dokumentation durch Screenshots des AR-Interfaces zu unterstützen.		
MA 37		
Die Darstellung durch AR erleichtert die Präsentation des Projektes am Beginn der BV massiv. Fragen können anhand des räumlichen Modells einfacher geklärt werden.	Die Durchführung der BV am Magistrat spart Zeit für die Mitarbeiter, da An- und Abreise wegfallen und die Verhandlungsschrift am Ende der BV gleich am Magistrat verfasst werden kann.	Durch den Wegfall der Notwendigkeit der physischen Anwesenheit ist es leichter, einen Termin für die BV zu finden.
Grundlagen (Software & Hardware)		
Vermessungsplan		
BAM, REM, AIM		
AR-Modell		
–	Stadtplan 3D	–
Tablet wird zur Verfügung gestellt		eigene Hardware
Herausforderungen		
–	Verknüpfung von Stadtplan 3D und AR-Modell	–
Möglichkeit der Bildschirmübertragung auf andere Geräte		
Möglichkeit, Anmerkungen auf dem eigenen Gerät im AR-Modell zu referenzieren und anderen in Echt-Zeit aus ihrer Perspektive zugänglich zu machen.		
Überlagerungsgenauigkeit zwischen AR-Modell und Realität	–	–
Zugriffsberechtigungen über Authentifizierung (Nutzerkonten, Handy-Signatur)		
Gesetzesänderungen		
Option personenbezogener Verständigung (inkl. QR-Code), anstatt der Verständigung über allgemeine Bereiche (Treppenhaus).		

4.4 Bauen

Die Ausstellung des Baubescheids markiert das Ende des Baubewilligungsverfahrens und den Start der Bauführung. Auch die Phase der Bauführung wird von der MA 37 in Wien begleitet. Als AR-Anwendungsfelder konnten Tätigkeiten der Baupolizei identifiziert werden. Ziel der Behörde ist es, für einen sicheren und ordnungsgemäßen Bauprozess zu sorgen [18]. Während bei Neubauprojekten vor allem der Baukonsens im Vordergrund steht, werden im Baubestand oft Fragen der Sicherheit geklärt. Die dafür zuständigen Personen der Baupolizei werden in Wien als Werkmeister bezeichnet. Für die Wahrnehmung der Aufgaben der Werkmeister sind Lokalausweise auf der Baustelle bzw. im Bestandsgebäude erforderlich. Aufgrund des erhöhten Gefährdungspotenzials auf Baustellen ist sicherzustellen, dass Ablenkungen so gering wie möglich gehalten werden und die Hände während der Nutzung frei bleiben. Aus diesen Gründen werden in den nachfolgenden AR-Use-Cases AR-Brillen als Hardware betrachtet.

4.4.1 UC 12 – Unterstützung der Werkmeister durch AR

Mit der Erteilung der Baubewilligung endet das Bewilligungsverfahren und die Bauführung kann beginnen. Auch in der Phase, der Bauführung, ist die Stadt Wien durch die Werkmeister der MA 37 beteiligt. Augmented Reality kann Werkmeister in mehrerer Hinsicht als Unterstützung dienen. Dafür eignen sich im besonderen Maße AR-Brillen. Aufgrund der Ausrichtung der Anwendungsszenarien auf AR-Brillen, verbunden mit ihren aktuellen Nachteilen, liegt der Zeithorizont für eine mögliche Umsetzung noch einige Jahre voraus. In diesem Abschnitt werden die einzelnen Use-Cases zur Unterstützung der Baupolizei während der Bauführung und dem Betrieb beschrieben.

AR-unterstützte Routinekontrollen

Ein Aufgabengebiet der Werkmeister bilden Routinekontrollen. Diese dienen zur stichprobenartigen Feststellung der ordnungsgemäßen Umsetzung der Baubewilligung während der Bauausführung. Die folgenden Schritte beschreiben einen möglichen Arbeitsprozess mit Einsatz von Augmented Reality:

- 01:** Den ersten Schritt bildet die Entscheidung zur Durchführung einer Routinekontrolle. Diese werden nicht bei allen Bauvorhaben, sondern stichprobenartig durchgeführt. Eine flächendeckende Kontrolle durch Werkmeister ist auch nicht erforderlich, da einerseits die ÖBA bzw. der Baustellenkoordinator für die Einhaltung der Verordnungen und Vorschriften zuständig sind und andererseits die BO für Wien eine Überprüfung der Änderungen im Inneren erst ab der Fertigstellungsmeldung/Fertigstellungsanzeige vorsieht. Ausgelöst werden Routinekontrollen zB durch Schwerpunktaktionen, Beschwerden oder die Feststellung von Auffälligkeiten. Im Falle einer Überprüfung, tritt der Werkmeister als erstes den Weg zur Baustelle an.
- 02:** Angekommen an der betreffenden Baustelle, wird als erstes der Bauleiter aufgesucht. In einem kurzen Gespräch findet ein Informationsaustausch zum aktuellen Stand und besonderen Gegebenheiten des Projekts statt. Im Unterschied zur aktuellen Situation sind Werkmeister künftig nicht mehr auf Pläne in Papierform auf der Baustelle angewiesen. Während des Gesprächs wird das Bauantragsmodell vom zentralen Server der MA 37 auf die AR-Brille geladen. Der entsprechende Link könnte einem georeferenzierten AR-TAG hinterlegt sein – mit dem Vorteil auf physische Marker verzichten zu können. Über eine 5G-Datenverbindung können auch umfangreiche Bauantragsmodelle rasch geladen werden.

- 03:** Als nächstes folgt der Baustellenrundgang. Für die Überprüfung der Einhaltung des Baukonsens ist ein Vergleich der geplotteten Einreichpläne mit dem Bauzustand in analoger Form nicht mehr notwendig. Die Kontrolle findet nun über einen Vergleich des virtuellen Bauantragsmodells mit dem realen Baufortschritt statt. Dafür ist eine genaue Überlagerung des Bauantragsmodell mit der Baustelle erforderlich. Die notwendige Einarbeitungszeit in das Projekt kann durch den Einsatz von AR deutlich reduziert werden. Die Kontrolle beschränkt sich grundsätzlich auf die Außenhülle (zB Einhaltung der Gebäudehöhe) bzw. die Überprüfung von Auffälligkeiten – nicht aber auf das gesamte Objekt. Im Zuge der Bauführung kann es noch zu Änderungen bei der Gestaltung innerer Bauteile kommen (zB Wand wird um 1 m versetzt). Aus diesem Grund ist eine Prüfung innenliegender Konstruktionen vor Eingang der Fertigstellungsanzeige nicht zielführend. Die Verortung erfolgt vektorweise oder über die Bestimmung dreier nicht paralleler Flächen.

Zur Orientierung wird eine Art Landkarte des Projekts mit dem aktuellen Standort sowie den Raumwidmungen im Sichtfeld eingeblendet. Ein weiterer sicherheitsrelevanter Vorteil bei Verwendung von AR-Brillen im Vergleich zu Plänen ist die Tatsache, dass beide Hände während der Kontrolle frei bleiben können. Für die Prüfung des Baukonsens bei Routinekontrollen eignet sich vor allem die manuelle Kontrolle durch Überlagerung des realen Bauzustandes mit dem virtuellen AR-Modell in Form eines Maschennetzes (siehe Abb. 4.15 (re.)). Der Werkmeister muss in diesem Fall selbst feststellen, wo es zu Unterschieden in der Bauführung gekommen ist. In der Praxis könnte die Außenhülle (AR-Modell), die bereits im Rahmen der Baueinreichung aus dem Bauantragsmodell generiert wurde, in Form eines Maschennetzes mit dem realen Bauzustand überlagert und so die Einhaltung der Baumassen visuell geprüft werden.

Bei der Kontrolle der zulässigen Gebäudehöhe gibt es vergleichsweise liberale Toleranzen. Aufgrund der Überlagerungsungenauigkeiten durch AR im niedrigen Prozentbereich sind die Anforderungen an Abweichungen aus technischer Sicht in wenigen Jahren erreichbar. In einem Interview mit dem langjährigen Werkmeister Rainald Löscher stellt dieser fest, dass zu hohe Anforderungen an die Einhaltung der Gebäudehöhe bei einer Großzahl der Objekte in Wien zu Auffälligkeiten führen würde.

- 04:** Die Dokumentation festgestellter Probleme kann ebenfalls AR-unterstützt ablaufen. Als erstes wird das betreffende Bauteil im virtuellen Modell ausgewählt (zB eine Decke, deren Höhe die genehmigte übersteigt). Über die Kamera der AR-Brille kann ein Foto der Problemstelle aufgenommen werden. Das Anfügen einer Sprachnachricht ermöglicht eine zusätzliche Erklärung des Problems. Diese Notizen (Foto und Sprachnachricht) werden nun bauteilreferenziert als BCF-Datei in einen BCF-Manager (zB BIMcollab) hochgeladen. Von dort erfolgt die weitere Koordination.
- 05:** Nach den Baustellenrundgängen endet der Arbeitstag im Büro. Nun können die einzelnen festgestellten Probleme zu Berichten/Bescheiden/Stellungnahmen zusammengefügt werden. Dafür öffnet der Werkmeister die einzelnen Probleme in einem BCF-Manager (zB Solibri) und trägt als zuständige Person den Bauleiter ein. So wird sichergestellt, dass sich der Bauleiter mit den Fragestellungen beschäftigt. Anschließend fasst der Werkmeister die beim Rundgang auf der Baustelle festgestellten Probleme zu einer Präsentation (zB Baustellenbesichtigung MA 37 am 01.01.2025) zusammen und lädt diese hoch. Zusätzlich zu der Dokumentation im Bauantragsmodell kann ein Bericht/Bescheid/Stellungnahme per Mail an den Bauleiter versendet werden.

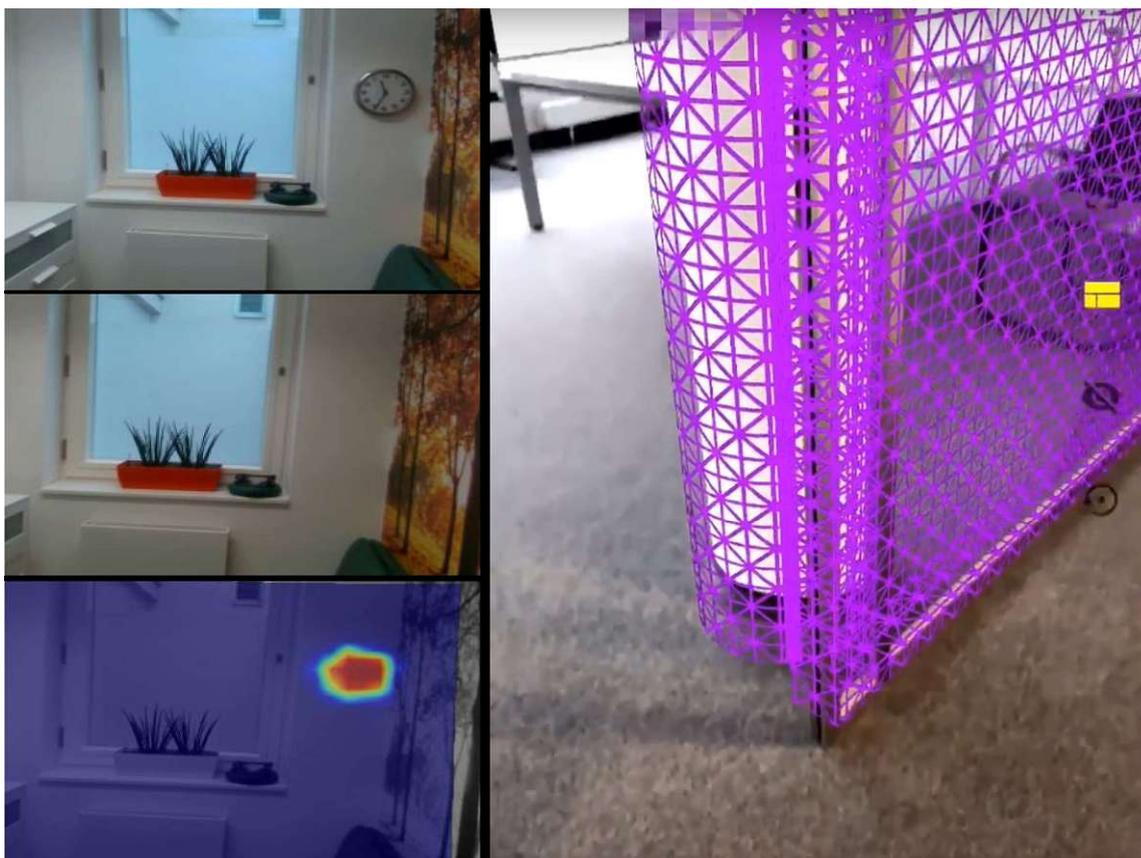


Abb. 4.15: Möglichkeiten der AR-unterstützten Baukonsensprüfung: Change-Detection-System von DAQRI (li.) und Maschennetzdarstellung in Gamma AR (re.)

AR als Unterstützung bei Prüfungen der Fertigstellungsmeldungen

Nach Abschluss der Bauführung ist in Abhängigkeit des Bauvorhabens und der Bewilligungsform eine Fertigstellungsanzeige bzw. Fertigstellungsmeldung an die MA 37 zu übermitteln [25]. Eine Fertigstellungsanzeige ist bei bewilligten Baumaßnahmen mit Bescheid, vereinfachten Baubewilligungsverfahren sowie bei Bauanzeigen für Baumaßnahmen im Inneren erforderlich, ausgenommen bei Sanitäranlagen und Bädern. Die Fertigstellungsmeldung ist hingegen bei Bauanzeigen zur Schaffung von Sanitäranlagen und Bädern sowie bei Kanalanlagen ausreichend. Darüber hinaus ist auch die Fertigstellung von Kleingarten(wohn)häusern, Aufzügen und Ölfeuerungsanlagen der Baupolizei zu melden.

Auch hier prüft die MA 37 Fertigstellungsmeldungen. Die Überprüfung vor Ort wird nur stichprobenartig durchgeführt, da im Rahmen der Fertigstellungsmeldung/Fertigstellungsanzeige ein Ziviltechniker die Einhaltung der Baubewilligung bestätigt. Die Kontrollen beziehen sich aktuell stärker auf Unterlagen. Durch Erleichterungen mit AR könnten zusätzlich auch vermehrt Prüfungen vor Ort stattfinden. Das Augenmerk wird dabei besonders auf Bauvorhaben gerichtet, die bereits während der Bauführung Auffälligkeiten gezeigt haben. Das Ziel in diesem Use-Case deckt sich mit jenem im vorigen Abschnitt – AR-unterstützte Routinekontrollen – mit dem Unterschied, dass nun auch Kontrollen der inneren Bauteile möglich sind. Aus diesen Grund gestaltet sich der Vorgang sehr ähnlich mit dem grundlegenden Unterschied, dass nun nicht während der Bauführung, sondern nach Fertigstellung aller Bauarbeiten geprüft wird. Das gegen das Gebaute geprüfte virtuelle Modell ist nun nicht jenes Bauantragsmodell, das im Rahmen des

Ansuchens um Baubewilligung eingereicht wurde, sondern der Letztstand des Bauantragsmodell, der im Rahmen der Fertigstellungsanzeige an die MA 37 übermittelt wurde.

- 01:** Den ersten Schritt bildet die Entscheidung über die Durchführung einer Kontrolle der Fertigstellungsanzeige. Im Fall einer Überprüfung, wird als nächstes eine Kontaktperson (der Eigentümer / die Hausverwaltung) kontaktiert.
- 02:** Zum Besichtigungszeitpunkt findet als erstes ein kurzes Gespräch zwischen dem Werkmeister und dem Eigentümer / der Hausverwaltung statt. Ziel ist ein Informationsaustausch zu besonderen Gegebenheiten des Projekts. Im Unterschied zur aktuellen Situation sind Werkmeister künftig nicht mehr auf Pläne in Papierform auf der Baustelle angewiesen. Während des Gesprächs wird das Bauantragsmodell vom zentralen Server der MA 37 auf die AR-Brille geladen. Der entsprechende Link könnte einem georeferenzierten AR-TAG hinterlegt sein – mit dem Vorteil, auf physische Marker verzichten zu können. Über eine 5G-Datenverbindung können auch umfangreiche Bauantragsmodell rasch geladen werden.
- 03:** Als nächstes folgt der Objektrundgang. Für die Überprüfung der Einhaltung des Baukonsens ist ein Vergleich der geplotteten Einreichpläne mit dem Bauzustand in analoger Form nicht mehr notwendig. Die Kontrolle findet nun über einen Vergleich des virtuellen Bauantragsmodells mit dem realen Baufortschritt statt. Dafür ist eine genaue Überlagerung des Bauantragsmodell mit der Baustelle erforderlich. Dadurch kann die notwendige Einarbeitungszeit in das Projekt wesentlich reduziert werden. Die Verortung erfolgt vektorweise oder über die Bestimmung dreier nicht paralleler Flächen.

Zur Orientierung wird eine Art Landkarte des Projekts mit dem aktuellen Standort sowie den Raunwidmungen im Sichtfeld eingeblendet. Ein weiterer sicherheitsrelevanter Vorteil bei der Verwendung von AR-Brillen im Vergleich zu Plänen ist die Tatsache, dass beide Hände während der Kontrolle frei bleiben können.

Für die Prüfung des Baukonsens bei Prüfungen nach der Fertigstellung eignet sich neben der bereits im vorigen Use-Case beschriebenen Variante der manuellen Kontrolle durch Überlagerung mit einem virtuellen Maschennetz auch das sogenannte Change-Detection-System. Das von der Firma DAQRI federführend entwickelte System ist in Hinblick auf die Baufortschrittsfeststellung entwickelt worden. Leider wurde das System nicht zur Marktreife gebracht, obwohl erste Versuche vielversprechend waren. Der Ansatz dieses Systems ermöglichte einen proaktiven Hinweis für den Werkmeister. Dabei wurde ein virtuelles Modell mit dem gebauten Zustand verglichen, Abweichungen automatisch erfasst und visuell hervorgehoben. Als Überprüfung auf Veränderungen könnte in diesem Use-Case der Vergleich zwischen eingereichtem Bauantragsmodell und dem realen Bauzustand herangezogen werden. Dafür wird mit Hilfe der Infrarotsensoren der AR-Brille die Umgebung (der Bauzustand) während der Begehung als virtuelles räumliches Modell aufgenommen und kontinuierlich mit dem virtuellen Bauantragsmodell verglichen. Treten Abweichungen auf, wird der Werkmeister durch eine Hervorhebung der betreffenden Stelle im Sichtfeld hingewiesen (siehe Abb. 4.15 (li.)). Damit könnte beispielsweise eine Wand, deren Position nicht mit der Einreichung übereinstimmt, automatisch farblich hervorgehoben werden. Werden grobe Abweichungen zwischen der Einreichung und dem Bauzustand festgestellt, können zusätzlich Kotierungen in der Landkarte eingeblendet werden. Die Maße können wiederum leicht mit einem Laserdistanzmessgerät überprüft werden. Die Verwendung eines solchen Messgerätes empfiehlt sich aufgrund der höheren Genauigkeit und den höheren Anforderungen an die Toleranz im Inneren.

- 04:** Die Dokumentation der Probleme kann ebenfalls AR-unterstützt ablaufen. Als erstes wird das betreffende Bauteil im virtuellen Modell ausgewählt (zB eine Wand, deren Position nicht der Bewilligung entspricht und versetzt werden muss). Über die Kamera der AR-Brille kann ein Foto der Problemstelle aufgenommen werden. Das Anfügen einer Sprachnachricht ermöglicht eine zusätzliche Erklärung des Problems. Diese Notizen (Foto und Sprachnachricht) sind nun bauteilreferenziert als BCF-Datei im Bauantragsmodell gespeichert.
- 05:** Nach den Baustellenrundgängen wird der Arbeitstag im Büro beendet. Nun können die einzelnen festgestellten Probleme zu Berichten/Bescheiden/Stellungnahmen zusammengefügt werden. Dafür werden die einzelnen Probleme in einem BCF-Manager (zB in der Software Solibri) geöffnet und die zuständige Person eingetragen. In Abhängigkeit der Schwere der Abweichung wird entschieden, ob eine Anpassung des Bauantragsmodell oder eine Änderung des realen Objektes durchzuführen ist.

4.5 Betreiben

Die Übermittlung der Fertigstellungsanzeige des Bauwerbers an die Behörde markiert das Ende der Bauführung und gleichzeitig den Beginn der Betriebsphase. Diese Phase des Lebenszyklus ist aus zwei Gründen von besonderer Bedeutung: Sie ist die zeitlich längste Phase und bildet auch aufgrund der Energieeffizienz des Gebäudebestands (neben Kosten für Wartung, Instandhaltung oder Reinigung) noch den größten Kostenfaktor. Die zunehmende Bedeutung von nachhaltigem Bauen sorgt für eine Verschiebung der Kostenanteile von den Betriebs- zu den Errichtungskosten – bedingt durch effizientere Baustoffe und Bauweisen [35]. Im Gebäudebestand entfallen bis zu 80 % der LCC (Lebenszykluskosten) auf die Betriebsphase [35]. Die Stadt Wien ist, vertreten durch die MA 34, ein maßgebender Stakeholder der Gebäudeverwaltung. Insgesamt verwaltet die Stadt 1613 Gebäude [41]. Der hohe Kostenanteil ist durch viele Faktoren begründet: ua Bauweisen mit niedriger Energieeffizienz, hohe Kosten für Energieträger und vermeidbare Zeitaufwände durch fehlende Informationen aufgrund einer schlechten Datenweitergabe an der Schnittstelle Bauausführung und Betrieb. Die Verbreitung von digitalen Gebäudemodellen bildet die Grundlage, um mit AR die Informationsweitergabe zu verbessern. Darüber hinaus identifizierte der Autor Potenziale von AR bei sicherheitsrelevanten Themen. Im folgenden werden AR-Use-Cases zur Unterstützung bei Feuerwehreinsätzen sowie zur Beurteilung des Gebäudebestands vorgestellt.

4.5.1 UC 13 – Digitales Bauwerksbuch und AR

In UC 08 wurde eine Möglichkeit zur AR-unterstützten Kontrolle des Baukonsens erläutert. Die Verwendung von AR in Kombination mit einem digitalem Bauwerksbuch ermöglicht, diesen stichprobenartigen Kontrollen eine zweite Nutzung hinzuzufügen – die Kontrolle der Gebäudesicherheit auf Basis des digitalen Bauwerksbuchs. Mit der Steigerung der Bedeutung der TGA hielt auch die Verwendung wartungsintensiver Bauteile Einzug. Zur Sicherstellung eines sicheren Gebäudezustands regelt die Bauordnung für Wien die Führung eines Bauwerksbuchs §128a BO für Wien. Dieses dient zur rechtzeitigen Erkennung von Mängeln und der Dokumentation fristgerecht durchgeführter Überprüfungen verschiedener Bauteile [17]. §128a BO für Wien verpflichtet den Eigentümer eines Gebäudes zur Erstellung eines Bauwerksbuchs und

„... die darin für Bauteile, von denen bei Verschlechterung ihres Zustandes eine Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit von Menschen ausgehen kann (insbesondere Tragwerke, Fassaden, Dächer, Geländer und Brüstungen, Haupteingänge und Fluchtwege sowie technische Brandschutzeinrichtungen, etc.) vorgesehenen Überprüfungen fristgerecht vornehmen zu lassen“.

Diese Regelung betrifft Neu-, Zu- und Umbauten. Eigentümer müssen darin folgende Informationen einpflegen §128a (3) BO für Wien:

- Die Bezeichnung der Bauteile, die einer regelmäßigen Überprüfung bedürfen,
- die Bezeichnung der Bauteile (Abs. 1), die einer regelmäßigen Überprüfung zu unterziehen sind,
- der Zeitpunkt der erstmaligen Überprüfung sowie künftige Intervalle,
- die Voraussetzungen, die die überprüfende Personen jeweils zu erfüllen haben und
- die Ergebnisse der durchgeführten Überprüfungen.

Neben der Bauordnung für Wien empfiehlt die ÖNORM B 1300 [26] die Führung von Checklisten zur Überprüfung wartungsrelevanter Bauteile mit entsprechender Überprüfungsintervalle (zB Kontrolle des Dachstuhls jährlich, monatliche Funktionsprüfung der Lüftbarkeit von Treppenhäusern). Die Dokumentation erfolgt aktuell softwarebasiert (meist Excel). Für Kontrollen muss jedoch eine Ausfertigung in gedruckter Form im Gebäude vorhanden sein. Die Umstellung der Datenverwaltung von papier-/planbasierter Form in Richtung digitaler Verwaltung mittels BIM-Modell ermöglicht auch die Digitalisierung des Bauwerksbuchs inklusive damit verbundener Prozesse.

Ausgangsbasis bildet das bewilligte BIM-Modell. Mit dem Zeitpunkt der Einreichung sind jedoch erst allgemeine Informationen vorhanden (bspw liegen noch keine Produktinformationen vor). Die Pflege des BIM-Modells über den gesamten Lebenszyklus würde die Datenbasis für weitere AR-Use-Cases schaffen. Im Zuge der folgenden Phasen – der Ausführungsplanung, der Vergabe und der Bauführung – steigt der Informationsgehalt des BIM-Modells stetig an. Das damit geschaffene As-built Modell bildet den errichteten Zustand digital ab und könnte der Behörde als Fertigstellungsmodell übermittelt werden. Dieses Modell kann zur Erstellung eines digitalen Bestandsmodells der Stadt herangezogen werden und bildet damit die Grundlage für Anwendungen ua im Bereich Sicherheit und Facility Management. Der Anwendungsfall UC 08 beschränkte sich auf die Kontrolle der Herstellung des Baukonsens mit den bewilligten Unterlagen (geometrische Überprüfung). In diesem Fall könnte der Rundgang mittels AR-Brille auch zur Kontrolle des Bauwerksbuchs genutzt werden. Zusätzlich zur geometrischen Überlagerung können Informationen zu durchgeführten Wartungen bzw. verfehlten Wartungsterminen im Sichtfeld eingeblendet werden. Damit solche Prozesse AR-unterstützt durchgeführt werden können, ist es notwendig, die erforderlichen Daten zuerst im BIM-Modell bzw. digitalen Bauwerksbuch zu hinterlegen und aktuell zu halten. An der Schnittstelle Bauausführung zu Betrieb setzt der folgende AR-Use-Case an.

4.5.2 UC 14 – AR im Facility Management

In der Einleitung des Kapitels wurde bereits auf die hohen Kosten der Betriebsphase und mögliche Gründe verwiesen. In Schranz et al. [33, S.101-107] wurden die Kostenfaktoren an der Informationsschnittstelle genauer betrachtet. Dabei wurde folgendes identifiziert:

- FM-Manager benötigen bis zu 20% ihrer Arbeitszeit für die Suche nach Informationen (bis zu 70% Einsparungspotenzial) und
- hoher Zeitaufwand für Massenermittlungen (bis zu 70% Einsparungspotenzial).

Kostentreiber sind damit auch fehlende oder falsch verwaltete Informationen. Von Bedeutung ist daher die Übergabe der digitalen Daten an der Schnittstelle Errichtung zu Betrieb (BIM2FIM). Damit Daten an das FM übergeben werden können, müssen diese zuvor in das BIM-Modell eingetragen werden. An dieser Stelle kann AR unterstützen. In [18] beschreibt der Autor das Potenzial wie folgt: „Im Zuge einer fortschreitenden BIM-basierten Planung nimmt der Informationsgehalt des digitalen Modells stetig zu. Vor der Ausschreibung werden im Bereich der TGA erste Dimensionierungen vorgenommen, Simulationen durchgeführt und die Komponenten optimiert. Am Ende der Planung werden schließlich produktunabhängige Leistungsanforderungen ausgeschrieben. In der Errichtungsphase wählen die beauftragten Unternehmen anhand der Ausschreibungsunterlagen geeignete Produkte aus und verbauen diese. Im Zuge der Anlagenbeschilderung erfolgt eine Kennzeichnung der Anlagen mittels QR-Code oder RFID. Das für viele FM-Aufgaben erforderliche LOI 500 bedingt die Übertragung produktspezifischer Informationen in das digitale Modell. Dieser Schritt könnte im Zuge der TGA-Abnahme erfolgen. Im Forschungsprojekt AR-AQ-Bau [47] wurde eine AR-unterstützte Abnahme von TGA-Komponenten mittels Microsoft HoloLens 2 entwickelt die ebenso für Wartungsarbeiten im Betrieb eingesetzt werden kann. Dabei wurde auch die Möglichkeit der Übertragung von Herstellerinformationen (zB Leistungs- und Gewährleistungsdaten) mittels QR-Codes und AR-Brille nach dem BIM2QR-Prinzip erforscht. Im Zuge der Mängelaufnahme könnten QR-Codes auf Anlagen mittels AR-Brille gescannt, Herstellerinformationen abgerufen und anschließend mittels Geste im BIM-Modell hinterlegt werden. Nun können die Informationen aus dem BIM-Modell mit einer CAFM-Software verknüpft werden. Darüber hinaus könnten Schritt-für-Schritt-Anleitungen aufgerufen oder ein Experte mittels Remote-System zugezogen werden.

4.5.3 UC 15 – AR-unterstützte Feuerwehreinsätze

In Wien ist die Feuerwehr in Form einer Berufsfeuerwehr durch die Stadt organisiert. Aus diesem Grund werden AR-Anwendungsmöglichkeiten auch zu Behördenprozessen gezählt. Personen im Feuerwehreinsatz sind vielen Gefahren ausgesetzt, ua: hohen Temperaturen, Flash-Over, Rauchgasvergiftungen oder herabstürzenden Teilen etc. Die größte Gefährdung stellt Rauch dar – nicht aufgrund von Rauchgasvergiftungen, sondern infolge der Sichteinschränkungen. Brände in der Nacht oder Brände mit extremer Rauchentwicklung stellen besonders große Herausforderungen dar. Mit der Entwicklung von AR-Brillen und deren Möglichkeit, 3D-Scans der Umgebung durch integrierte Infrarotsensoren zu erstellen, ergaben sich neue Möglichkeiten in diesem Bereich. Im Forschungsprojekt ProFiTex2 [20] wurde ein System zur Orientierung in schlechten Sichtverhältnissen entwickelt. Ein Nachteil von AR-Brillen wurde in diesem Fall zum Vorteil: die Infrarotsensoren aktueller AR-Brillen liefern akkurate Ergebnisse bei schwacher Lichtintensität, jedoch kommt es zu größeren Abweichungen bei hoher Lichtintensität (zB helles Tageslicht) [46]. Mit Hilfe der Infrarotsensoren wird ein 3D-Scan der Umgebung generiert und der Person über die AR-Brille angezeigt. Die Sichtbeeinträchtigung durch den Rauch wird damit umgangen. In dem Forschungsprojekt wurde zusätzlich die Möglichkeit zur Abbildung von Temperaturgradienten genutzt. Mit Hilfe des AR-Brillen werden die Oberflächentemperaturen gemessen und zusätzlich mit dem Scan überlagert. Dies bietet weitere Vorteile:

- Die Oberflächentemperaturen von Türen geben Aufschluss über die vorherrschende Temperatur dahinter liegender Räume. Damit kann die Einsatzkraft besser abschätzen, ob ein Flash-Over bereits stattgefunden hat oder noch bevorsteht.
- Damit können Informationen gewonnen werden, welche Bauteile in Brand stehen.
- Oberflächentemperaturen helfen bei der Erkennung von bereits bewusstlosen Personen.

Zur Sicherstellung der Aufrechterhaltung der Kommunikation wurde eine sogenannte *Smart Lifeline* eingesetzt, die als Datenkabel den bidirektionalen Datenaustausch sicherstellt. In den USA hat das Unternehmen Qwake Technologies den Forschungsstand bereits abgeschlossen [29]. Das entwickelte AR-Brille-System wird mit Partner in Pilotprojekten eingesetzt. Das Konzept ähnelt jenem von ProFiTex. Infrarotsensoren nehmen die Umgebung auf und ein 3D-Scan wird erstellt. Im Unterschied zum System von ProFiTex wird jedoch nicht der gesamte Scan im Sichtfeld dargestellt, sondern nur die Kanten von Körpern hervorgehoben.

4.5.4 UC 16 – Beurteilung des Bauwerksbestandes mittels AR

Eine weitere Aufgabe der Werkmeister ist die Beurteilung von Schäden bei Bestandsgebäuden. Beispielsweise verständigt die Feuerwehr nach einem Brand die MA 37 zur bautechnischen Bewertung der Situation – ob Einsturzgefahr besteht. Für diese Einschätzung ist es wichtig, das statische Konzept zur Lastabtragung zu verstehen. Auch in diesem Fall kann der Einsatz von AR unterstützen. Dafür wird der reale Bauzustand mit dem virtuellen Bauantragsmodell überlagert. Über eine Auswahl einzelner Layer ist es möglich, nur tragende Bauteile anzuzeigen. In diesem Fall wird die reale Umgebung über die AR-Brille mit dem statisch wirksamen räumlichen Modell überlagert. Das geschulte Auge eines Werkmeisters erkennt die Tragstruktur ohnedies sehr schnell. AR könnte beispielsweise helfen bei der Identifizierung, welche Verkleidungsebenen entfernt werden müssen, um das statisch relevante Bauteil beurteilen zu können, oder bei Spezialfällen mit komplexen, nicht alltäglichen Tragsystemen. Durch diesen Workflow ist ein Aufsuchen der Bestandspläne vor Ort nicht mehr erforderlich. Auch ein weitreichender Blick in die Zukunft verspricht Vorteile durch AR. Der Stand der Technik kann sich im Bauwesen durch neue Technologien und Materialien mitunter rasant verändern. Wenn in 100 Jahren eine Begutachtung des Baubestands durchgeführt wird, welcher nicht mehr dem dann aktuellen Stand der Technik entspricht, kann die Überlagerung der Tragstruktur durch AR unterstützen, die Überlegungen zur Lastabtragung zum Zeitpunkt der Errichtung nachzuvollziehen.

4.6 Bewertung der Potenziale der AR-Use-Cases

Die vorangegangenen Abschnitte zeigen die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von AR in Behördenprozessen auf. Die nächsten Phasen II (Konzeption) und Phase III (Evaluierung) befassen sich mit der konkreten Umsetzung von AR Use-Cases. Im Rahmen des Forschungsprojekts BRISE-Vienna standen begrenzte Ressourcen zur Umsetzung dieser Anwendungsmöglichkeiten zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde eine Bewertung der AR-Use-Cases durchgeführt. Die Beurteilung fand im Zuge der Stakeholderinterviews in Zusammenarbeit mit dem Autor statt. Die Ergebnisse sind in Abb. 4.16 dargestellt. Die Einschätzung markierte die Basis für die Auswahl der umzusetzenden AR-Use-Cases. Die Bewertung setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Für das Beurteilungsschema wurden vier-teilige Skalen herangezogen:

- zur Bewertung des Nutzens für die jeweilige Zielgruppe: von 1 *sehr hilfreich* bis 4 *störend* und
- zur Einschätzung der zeitlichen Umsetzbarkeit: von 1 *direkt umsetzbar* bis 4 *umsetzbar in 10+ Jahren*.

Der Informationsgrad der geometrischen und alphanumerischen Daten steigt über die Phasen des Gebäudelebenszyklus stetig an [12]. Entsprechend nimmt auch die Tiefe der Darstellungsinhalte mit fortschreitenden Phasen zu.

Use Case	Nutzen für die Zielgruppe				Umsetzbarkeit			
Widmen								
UC 01 Kooperative Planungsworkshops	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 02 AR im Rahmen von Informationsausstellungen	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 03 AR als visuelle Unterstützung von Entscheidungsträgern	1	2	3	4	1	2	3	4
Planen								
UC 04 AR-unterstützte Vermessung	1	2	3	4	1	2	3	4
Bewilligen								
UC 05 Digitalisierung der Einschnahme mittels AR	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 06 AR-unterstützte Einsichtnahme vor Ort	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 07 Stadtbildrelevante Begutachtung mittels AR	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 08 AR im Rahmen mündlicher Bauverhandlungen am Bauplatz	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 09 AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 10 Virtuelle Bauverhandlung	1	2	3	4	1	2	3	4
Bauen								
UC 11 Unterstützung der Werkmeister durch AR	1	2	3	4	1	2	3	4
Betrieben								
UC 12 Digitales Bauwerksbuch und AR	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 13 AR im Facility Management	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 14 AR-unterstützte Feuerwehreinsätze	1	2	3	4	1	2	3	4
UC 15 Beurteilung des Bauwerksbestandes mittels AR	1	2	3	4	1	2	3	4
	1... sehr hilfreich				1... direkt umsetzbar			
	2... hilfreich				2... umsetzbar in 1-5 Jahren			
	3... kein Einfluss				3... umsetzbar in 5-10 Jahren			
	4... störend				4... umsetzbar in 10+ Jahren			

Abb. 4.16: Beurteilung der Potenziale der AR Use-Cases

In der ersten Phase, Widmen, sind weder projektspezifische Planungen noch errichtete Gebäude vorhanden. Diese Phase hat die Festlegung von Baumassen zum Ziel. In UC 01 stellt AR eine Alternative zu haptischen Formen der Baumassenfestlegung dar. Anstelle von realen Quadern aus Karton können virtuelle Quader durch AR zur Stadtteilentwicklung platziert werden. Die Vorteile einer zusätzlichen Verknüpfung von Informationen durch Parametrisierung, wie die Anzahl geschaffener Arbeitsplätze oder der Wohnungsanzahl, steht der Nachteil einer unintuitiveren Bedienung gegenüber.

Im UC 02 und UC 03 stehen bereits Entwürfe zur Visualisierung bereit. In diesem Fall ermöglicht eine virtuelle Darstellung eine einfache Vergleichbarkeit verschiedener Konzepte. Unterschiedliche Ansätze, zB zur Widmung der Bauklasse, können ohne aufwendige Modelle aus Karton leicht verständlich dargestellt werden. Die Visualisierung mit AR ermöglicht eine Betrachtung aus allen Perspektiven durch Bewegen um das Modell und damit einen Mehrwert gegenüber Renderings. Alle Use-Cases in der Phase *Widmen* erfordern weder eine komplexe vektor-basierte Verortung noch die Verwendung von AR-Brillen und sind damit direkt umsetzbar.

In der Planungsphase könnte AR durch AR-Brillen als Qualitätssicherungstool eingesetzt werden. Der Verwendung von AR-Brillen verschiebt die Einsatzmöglichkeit jedoch in den Bereich

von 10+ Jahren und durch die Tatsache seltener Vermessungsfehler ist auch das Bedürfnis nach diesem System nicht deutlich ausgeprägt.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Unterstützung von AR im Bewilligungsprozess. Den höchsten Nutzen bei gleichzeitig einfacher Umsetzbarkeit bietet die AR-unterstützte Einsichtnahme am Magistrat. In diesem Fall wird der bestehende Prozess digitalisiert und angepasst, jedoch nicht grundlegend verändert. Eine grundlegende Veränderung stellt hingegen die Einsichtnahme vor Ort da. Dem Potenzial, Mitarbeiter zu entlasten und die Einsicht für Beteiligte komfortabler zu gestalten, stehen Fragen des Datenschutzes gegenüber. Die Umsetzung erfordert weiters eine vektor-basierte Verortung, weshalb die Umsetzbarkeit mit 1–5 Jahren angegeben wurde. Beim UC 07 verhält es sich ähnlich wie bei UC 01 – AR stellt zwar eine alternative Form zur Begutachtung vor Ort bzw. der digitalen Begutachtung (online) dar, jedoch ohne erheblichen Verbesserungen durch den Einsatz von AR. Für die Bauverhandlung wurden drei Formen betrachtet. Bei Bauverhandlungen vor Ort ermöglicht der Einsatz von AR deutliche Verbesserungen in der Erfassung des Bauvorhabens für fachkundige und nicht-fachkundige Personen. Diese Form der Bauverhandlung wird allerdings nicht von der Baupolizei forciert, da der Hin- und Rückweg zum Bauplatz Kostenfaktoren darstellen. Die angestrebte Form stellt die AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat dar. Als Grundlage kann die AR-App der Einsichtnahme dienen und ist damit direkt umsetzbar. Eine weitere Möglichkeit, die vor allem während der COVID-19-Pandemie angedacht wurde, ist die virtuelle Bauverhandlung. Mit Fortdauern der Pandemie wurde diese von der Baupolizei bereits eingesetzt.

Große Potenziale werden auch bei der Unterstützung der Werkmeister durch AR gesehen. Die Anwendungsfälle erfordern jedoch den Einsatz von AR-Brillen und sind daher nicht kurzfristig umsetzbar. Sobald Fortschritte in der Hardware erzielt werden, könnten Routine- und Fertigstellungskontrollen AR-unterstützt durchgeführt werden.

In der Betriebsphase wird das größte Potenzial im Sicherheitsbereich gesehen. In den USA werden AR-unterstützte Feuerwehreinsätze bereits getestet. Das dort getestete System beschränkt sich auf die Unterstützung in schweren Sichtverhältnissen. Die Umgebung wird durch Infrarotsensoren der AR-Brille gescannt und Kanten zur Orientierung hervorgehoben im Sichtfeld der Einsatzkräfte eingeblendet. Die Verknüpfung mit BIM-Modellen bietet hier noch weiteres Forschungs- und Testpotenzial.

Kapitel 5

Phase II – Umsetzung einer AR-App zur Einsichtnahme und Bauverhandlung

Nach der Analyse und Entwicklung von AR Use-Cases in Phase I baut die zweite Phase auf diesen Erkenntnissen auf und hat die Entwicklung einer AR-App zum Ziel. Basierend auf der Bewertung der Use-Case fiel die Entscheidung zur Umsetzung auf die AR-unterstützte Einsichtnahme am Magistrat sowie auf die AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat. Im Zuge dieses Projektabschnitts wurde mit Software-Ingenieuren zusammengearbeitet und die Grundlagen für die App-Entwicklung erarbeitet (Datenmanagement und Navigationsschema).

5.1 Datenmanagement

Die Einsichtnahme mit AR ermöglicht die virtuelle Betrachtung des eingereichten Bauvorhabens im Kontext mit der Nachbarbebauung. Dieses AR-Modell besteht aus drei Einzelmodellen – einem Ausschnitt des Gebäudebestands der Umgebung, dem BAM, dem REM und – die zu einem AR-Modell zusammengeführt werden. Das Management der erforderlichen Informationen wurde vom Autor bereits in [34] beschrieben.

Das erste Modell ist der Gebäudebestand der Umgebung. Die Einreichpläne zeigen aktuell nur das geplante Bauvorhaben und nicht die Wechselwirkungen mit dem benachbarten Gebäudebestand. Die Visualisierung mit AR ermöglicht genau das und soll damit die Beteiligten bei der räumlichen Vorstellung unterstützen. Die Basis bildet der sogenannte Stadtplan3D der Stadt Wien [44]. Dieser Plan beinhaltet Oberflächeninformationen zur Topografie, Baukörpern und Dächern und basiert auf dem Baukörpermodell der Stadt [43]. Die Vermessungsdaten werden in Intervallen von ca. 2 Jahren durch eine Kombination aus terrestrischen Messungen sowie luftgestützter Vermessung (ALS – Airborne Laserscanning) erhoben. Diese Daten werden anschließend geglättet und liefern ein abstrahiertes digitales Bestandsmodell der Stadt. Der Stadtplan3D stellt somit eine gute Datengrundlage dar, allerdings ist die Datenaktualität für Einsichtnahmen ein Problem. Es dürfen im Zuge der Einsichtnahme keine Darstellungen von Nachbargebäuden erfolgen, die es in dieser Form möglicherweise nicht mehr gibt. Aus diesem Grund muss eine Aktualitätsprüfung stattfinden. Der zu Beginn eines Projekts erstellte Vermessungsplan wird zuerst an die Stadtvermessung der Stadt Wien weitergeleitet. Im Vermessungsplan werden nicht nur die topologischen Verhältnisse des Baugrundes, sondern auch die ersten Meter der Bestandsgebäude benachbarter Grundstücke aufgenommen, da diese das REM beeinflussen. Durch Vergleich der Daten aus dem Vermessungsplan und dem Stadtplan3D können Veränderungen seit der letzten Erhebung leicht identifiziert werden.

Als zweites Modell dient das BAM. Parallel zur Prüfung des Stadtplan3D erfolgt die openBIM-basierte Prüfung des BAM auf Einhaltung der Rechtsmaterien durch die Baupolizei. Der Vorgang der software-unterstützten Prüfung wurde bereits in Kapitel 3 vorgestellt. Das Ergebnis dieser modellbasierten Prüfungen sind Prüfberichte im BCF-Format. Prüfergebnisse, die die subjektiv-öffentliche Nachbarrechte betreffen, könnten damit auch im Zuge der Einsichtnahme zur Verfügung

gestellt werden. Darüber hinaus dient das BAM als Grundlage für das AR-Modell. Das BAM enthält eine Vielzahl an Informationen, die zwar für die Bewilligungsprüfung erforderlich sind, jedoch nicht für die Einsichtnahme. Das aktuelle Verfahren der Plan-unterstützten Einsichtnahme gewährt den Beteiligten mehr Informationszugang, als die Bauordnung für Wien vorsieht (zB Grundrisse aller Wohn-/Betriebseinheiten). Dieser Informationsüberfluss kann zusätzlich verwirren und vom eigentlichen Thema der Einsichtnahme ablenken. Die AR-unterstützte Einsichtnahme wurde stärker an der Rechtslage in Wien konzipiert. Die für die Beteiligten relevanten subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte werden bis auf die Punkte e,f (Emissionen, Immissionen) in §134a BO für Wien nur durch die Gebäudehülle beeinflusst. Aus diesem Grund sind im AR-Modell lediglich die Gebäudehülle und nicht die einzelnen Räume dargestellt. Bisher konnten keine rechtlich relevanten Einwendungen gegen Raumaufteilungen erhoben werden. Dieser, an die Rechte der Beteiligten angepasste, Zugang zu Informationen schützt die Privatsphäre des Bauherren sowie das geistige Eigentum des Planers in Form des Entwurfs stärker als bisher. Die Reduktion des Informationsgehaltes des BAM erfolgt mittels MVD (Model View Definition). Eine MVD kann als eine Art Filter interpretiert werden, bei der einzelne Informationen (IFC-Klassen und Merkmal-Sets) aus dem Gesamtmodell entnommen werden. Für die Einsichtnahme benötigt werden alle Bauteile der Gebäudehülle sowie alle Außenbauteile.

Das dritte benötigte Modell ist das REM. In Kapitel 3 wurde bereits näher auf die automatisierte Erstellung des REM eingegangen. Die subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte umfassen in Punkt d) §134a BO für Wien Bestimmungen des Bebauungsplans hinsichtlich der Fluchtlinien. Aktuell können anhand der Einreichpläne mit eingezeichneten Fluchtlinien rasch die Einhaltung von zB Balkonausmaßen überprüft werden. Damit Beteiligten künftig nicht diese Möglichkeit genommen wird, muss die Überprüfung auch anhand des AR-Modells sichergestellt werden. Aus diesem Grund werden einzelne Volumenkörper des REM für die Darstellung im AR-Modell herangezogen. Das REM besteht aus vielen Volumenkörpern, die zur automatisierten Prüfung der Einhaltung der Bebauungsbestimmungen (Kollisionsprüfungen) benötigt werden. Balkone dürfen bspw höchstens 2,50m über die Baulinie ragen §83 (2) g BO für Wien. Die Überprüfung der Begrenzung der Balkone erfolgt nun mittels Kollisionsprüfung. Dafür wird entlang der Häuserfront ein Volumenkörper über die Gebäudelänge und Höhe erzeugt in einem Abstand von 2,50m erzeugt. Ragen Bauteile in diesem Bereich, die als Balkon klassifiziert sind, kommt es zur Fehlermeldung (vereinfachend, in die im Forschungsprojekt BRISE-Vienna umgesetzten Prüfregele fließen viele weitere Parameter mit ein). Dieser Volumenkörper wird auch im AR-Modell übernommen, um diese Prüfung auch Beteiligten zu ermöglichen.

Die AR-App soll nicht nur als Visualisierungswerkzeug dienen, sondern den gesamten Prozess der Einsichtnahme digital transformieren. Der digitale Prozess erfordert eine neue Betrachtung der Informationsflüsse. In Abb. 5.1 ist die Informationsweitergabe zwischen der Stadtvermessung, der Baupolizei, einem File-Storage und der Software in den Phasen „AR-Modell Generierung“, „Benachrichtigung“, „Einreichprozess“ und „Bauverhandlung“ dargestellt.

Im ersten Abschnitt der Generierung des AR-Modells werden die drei Teil-Modelle zu einem AR-Modell zusammengeführt. Dieser Prozess gliedert sich in vier Schritte:

1. Die Filterung relevanter Daten aus den unterschiedlichen Modellen mittels MVDs (zB der Gebäudehülle aus dem BAM),
2. Die Überführung der Daten vom IFC-Format in ein Format zur Darstellung mittels Augmented Reality und Unity (JSON, OBJ),
3. Die Zusammenführung aller Modelle zu einem AR-Modell und
4. Die Generierung eines projekt- und personenbezogenen QR-Codes zum Aufruf und zur Authentifizierung über die AR-App.

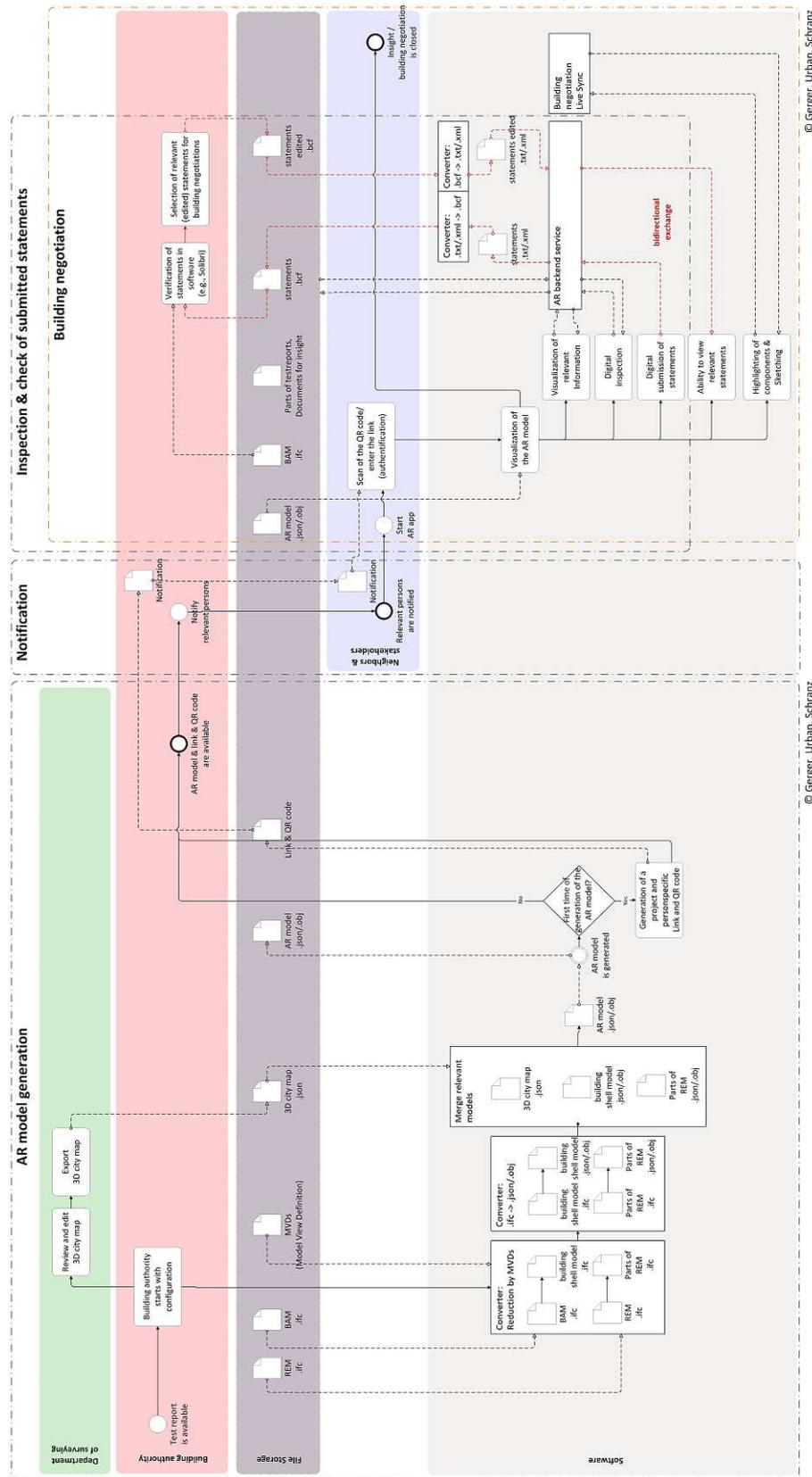


Abb. 5.1: Datenflussschema der AR-App

Nachdem der Prüfbericht des BAM zur Verfügung steht, kann die Baubehörde über die Frist der Einsichtnahme entscheiden. Voraussetzung für den Start des Prozesses zur Einsichtnahme ist ein bewilligungswürdiges Bauvorhaben. Wurden etwaige Probleme im BAM von der Behörde rückgemeldet und vom Planer verbessert, kann mit der Konfiguration begonnen werden (siehe Abb. 5.1). Anschließend starten im ersten Schritt zwei Prozesse simultan. Im ersten Prozess erhält die Abteilung der Stadtvermessung die Information über das eingereichte Bauvorhaben. Entsprechend der Grundstücksnummer generiert diese einen Ausschnitt des Stadtplan3D. Der Ausschnitt wird so gewählt, dass zumindest alle Nachbarn laut Definition der §134 BO für Wien enthalten sind. Diese Datei wird anschließend im JSON-Format in den File Storage geladen. Im zweiten Prozess werden relevante Daten aus dem REM und dem BAM gefiltert. Dafür reduziert ein Converter die Modelle mittels MVD. Im zweiten Schritt erfolgt anschließend die Konvertierung der Modelle vom IFC-Format in das JSON-Format. Nun stehen alle Komponenten für das AR-Modell zur Verfügung. Im nächsten Schritt werden die Teilmodelle zum gesamten AR-Modell zusammengeführt. Dies erfolgt mittels PIP und auf Basis des Gauss-Krüger-Koordinaten-Systems. Das generierte AR-Modell wird anschließend im File-Storage hochgeladen und ersetzt etwaige frühere Versionen. Im letzten Schritt wird ein projekt- und personenbezogener QR-Code erzeugt. Dieser dient als Basis für den nächsten Abschnitt – die Benachrichtigung. In diesem Schritt werden alle beteiligten Personen über die Möglichkeit der Einsichtnahme per „Ladung“ verständigt. Die Ladung informiert über das betreffende Bauvorhaben, die subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte, die Frist und den Ort der Einsichtnahme und enthält den zuvor generierten QR-Code. Beteiligte können nun während dieser Frist aufs Magistrat gehen und per QR-Code das Bauvorhaben einsehen. Der QR-Code dient dazu, einerseits das AR-Modell des betreffenden Bauvorhabens aufzurufen und um andererseits Einwendungen personenbezogen zuordnen zu können. Mit der Benachrichtigung der Beteiligten endet die Vorbereitungsphase.

5.2 AR-App-Konzeption

In Phase I erhob der Autor Bedürfnisse und Anforderungen und entwickelte darauf aufbauend grobe Konzepte für AR-Anwendungen. In dieser Phase werden diese Überlegungen nun vertieft. Dieser Abschnitt beschreibt die Konzeption einer AR-App zur Einsichtnahme und Bauverhandlung am Magistrat mittels Navigationsschema und zeigt das Ergebnis in Form von Screenshots der umgesetzte BRISE-AR-App.

5.2.1 Navigationsschema

Einer der wichtigsten Faktoren einer erfolgreichen digitalen Anwendung ist eine gute User-Experience (UX). Bei der UX steht der funktionale Umfang sowie die Interaktion mit dem Nutzer im Zentrum. Der Entwicklungsprozess einer guten UX kann in fünf Level untergliedert werden [15]. Beginnend mit vom der abstrakten Basis *Strategie* bestehend aus Bedürfnisanalyse und Produktzieldefinition, über den *Anwendungsbereich* mit Funktionalitäts- und Inhaltsbeschreibung, die *Struktur*, das *Skelett* bestehend aus Schnittstellen- und Navigationsdesign und schließlich die konkrete *Benutzeroberfläche*. Die ersten drei Level wurden bereits in der Beschreibung der Use-Cases in der ersten Phase behandelt. Der vierte Schritt ist die Entwicklung eines Navigationsschemas. In dieser grafischen Darstellung werden die Aktionen dargestellt, die der Nutzer setzen muss, um eine Funktionalität aufrufen zu können. In Abb. 5.2 und Abb. 5.3 ist der strukturelle Aufbau der AR-App zur Einsichtnahme bzw. Bauverhandlung dargestellt. Die App-Bedienung wurde in drei Schritte unterteilt: Startmaske und Hauptmenu bestehend aus einer Erklärungsszene und der Einsichtnahme (magenta). Diese Schritte (Masken) nehmen jeweils die gesamte App-Oberfläche ein und bauen aufeinander auf. Innerhalb dieser Masken gibt es Buttons zur Auswahl einer

Funktion (violett) und Erläuterungen bzw. Tätigkeiten, die gesetzt werden müssen (weiß). Im Zuge des Voranschreitens des Forschungsprojekts kam es zu Änderungen der Prioritätensetzung, die sich in der Entwicklung der AR-App widerspiegeln. Das Forschungsprojekt endete mit einer Pilotphase. In dieser Phase sollte durch funktionsfähige Prototypen das Prozessdesign geprüft werden. Der Fokus lag damit nicht auf User-Interface (UI)-Design und Bedienbarkeit, sondern auf der grundsätzlichen Demonstration der Funktionsfähigkeit. Die finale AR-App-Gestaltung wird in diesem Abschnitt besprochen. Der gezeigte Entwicklungsstand entspricht jenem, der für die Evaluierung im folgenden Kapitel herangezogen wurde. Nicht umgesetzte Elemente sind in hellgrau dargestellt und bieten Potenzial für künftige Entwicklungen.

5.2.2 App-Funktionalität

Startmaske

Nach dem Starten der AR-App erscheint die Startmaske. Im ersten Schritt gilt es das betreffende Bauvorhaben bzw. sich als Person zu authentifizieren. Die Ladung mit dem persönlichen QR-Code wird hierfür auf den Tisch gelegt und der Button QR-Code ausgewählt.

Potenzial: Die alternative Authentifizierung über einen persönliche Link. Im Zuge der Erprobung in der Pilotphase wird auf eine alternative Form der Identifikation verzichtet.

Authentifizierung

Dieser Schritt erfolgt im Hintergrund und erfordert keine Interaktion durch den Benutzer.

Potenzial: Für die Beteiligung von Bürger:innen wird eine zweite Authentifizierungsstufe benötigt. Diese könnte mittels Handy-Signatur realisiert werden. Im Zuge der Pilotphase werden Tests mit ausgewählten Probanden durchgeführt. Die Möglichkeit des Identitätsdiebstahls besteht in diesem Rahmen nicht. Aus diesem Grund wird auf eine zusätzliche Authentifizierung mittels Handy-Signatur verzichtet.

Hauptmenu

Das Hauptmenu enthält zwei Bereiche: die *Erklärungsszene* und das AR-Modell des Bauvorhabens zur *Einsichtnahme*. Nachdem einer der Bereiche gewählt wurde, beginnt die Verortung des jeweiligen Modells. Der Prozess der Verortung wird nachfolgend beschrieben.

Erklärungsszene

Die Erklärungsszene enthält Beschreibungen in textlicher und grafischer Form zur Beschreibung von Bauklassen, Fluchtlinien und den Formen der Bauweisen. Nach der Durchsicht der Begriffe, erscheint wieder das Hauptmenu, um nun *Einsichtnahme starten* auswählen zu können.

Einsichtnahme

Bevor das AR-Modell zur Einsichtnahme verortet wird, werden die Dokumente des Akts in digitaler Form zur Durchsicht bereitgestellt. Mittels des Buttons *3D Ansicht starten*, wird zuerst die Verortung gestartet und anschließend das AR-Modell des Bauvorhabens dargestellt. Der Umfang der dargestellten Informationen entspricht noch nicht jenem eingereichter Pläne. Aktuell besteht die Möglichkeit, das Bauvorhaben exklusiv, das Bauvorhaben inklusive der Nachbarbebauung sowie das Bauvorhaben inklusive semitransparenter Körper zur Visualisierung der Fluchtlinien und des zulässigen bebaubaren Gebäudeumrisses zu betrachten. In 2D-Plänen können Überschreitungen der Fluchtlinien einfach durch ein Überlagern der entsprechend gekennzeichneten Linien erkannt werden. Im räumlichen AR-Modell werden semitransparente Quader mit Tiefen von 1,5 m bzw. 2,5 m aus dem REM dargestellt, um ein Überschreiten der Fluchtlinien durch Balkone oder Erker zu visualisieren. Weiters wird der zulässige bebaubare Gebäudeumriss zu einem Gebäudevolumen. Basierend auf der Bauklasse und textuellen Bebauungsbestimmungen wird ein Volumenkörper erzeugt. Ein Überschreiten ist auch in diesem Fall leicht erkennbar.

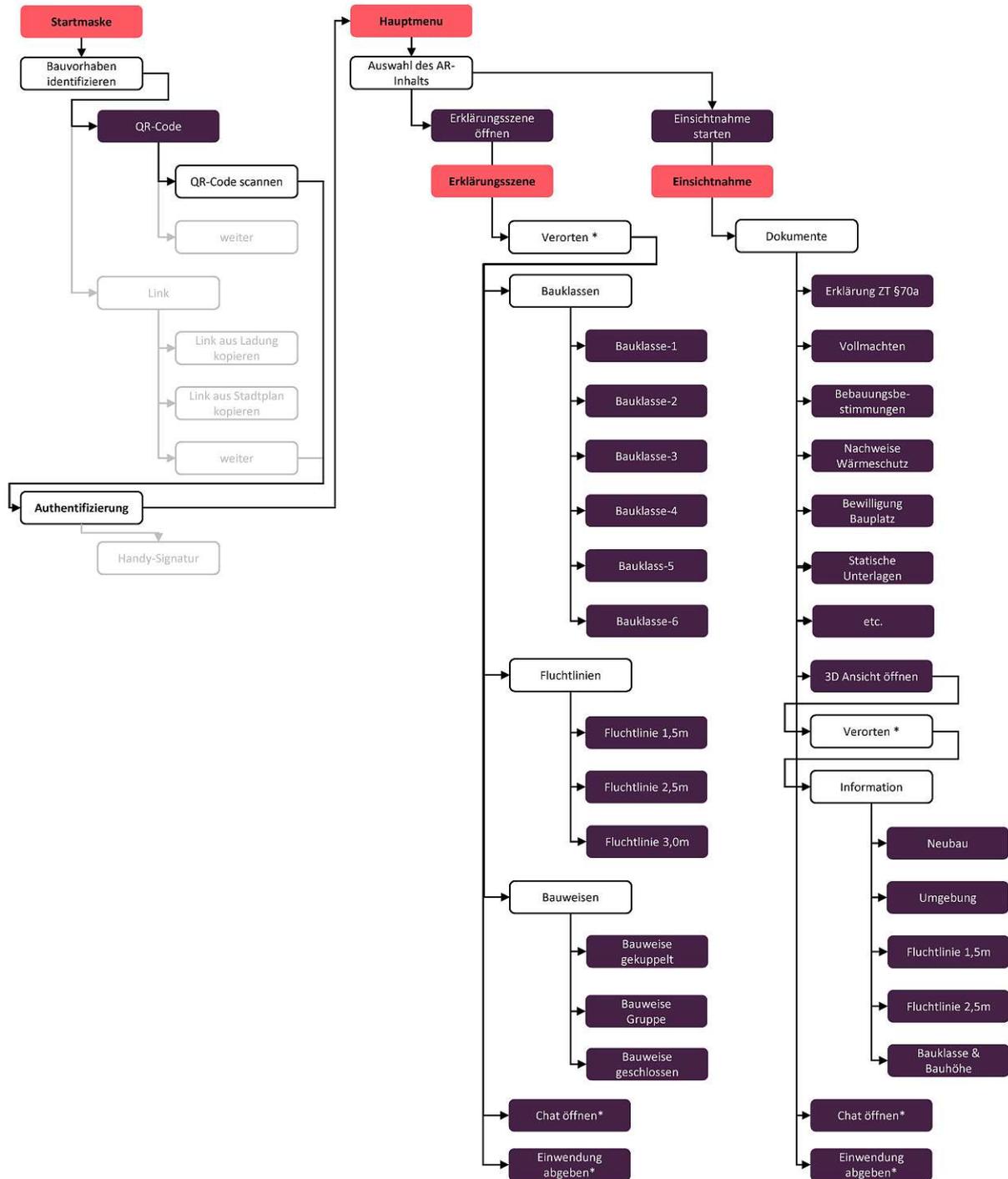


Abb. 5.2: Navigationsschema der AR-App

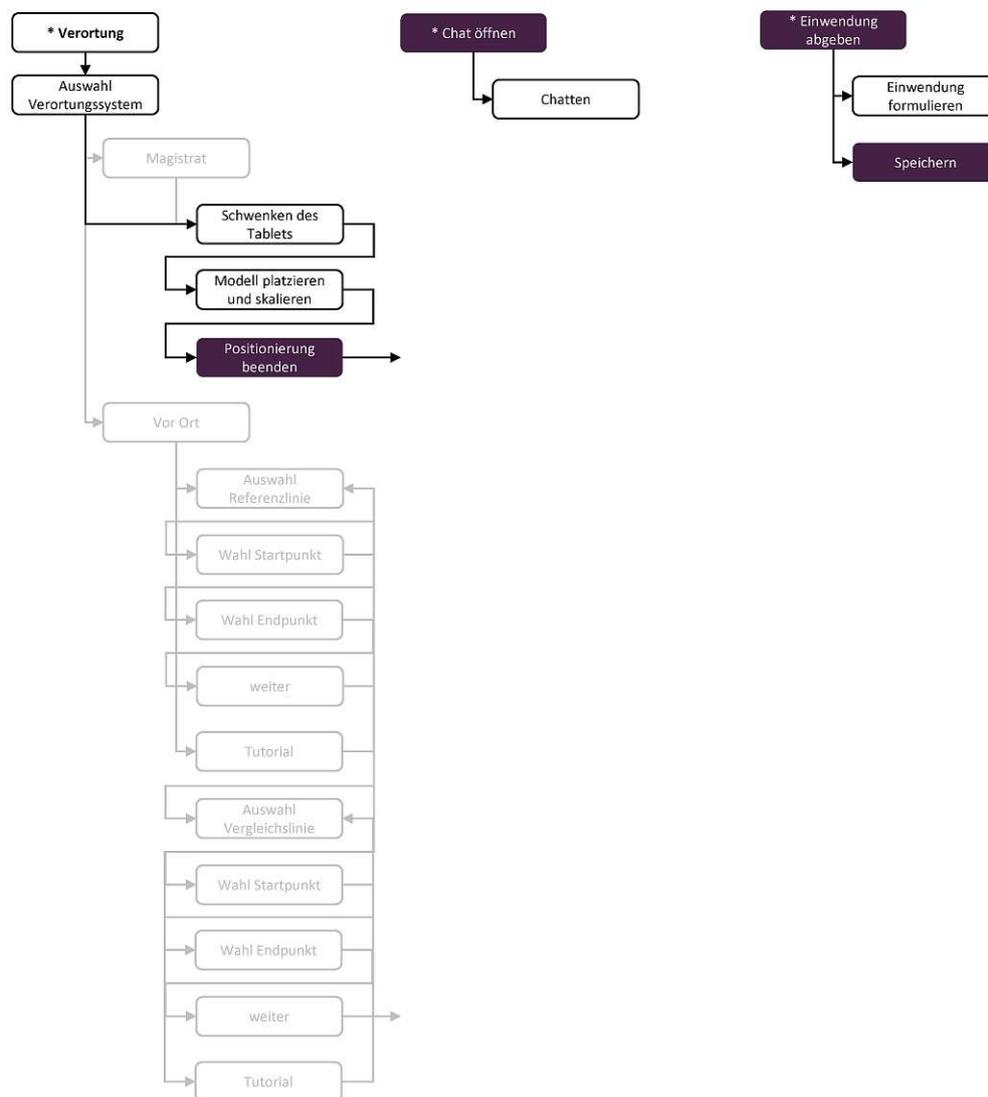


Abb. 5.3: Navigationsschema der AR-App

Bauverhandlung

Bauverhandlungen können über den Menüpunkt „Chat öffnen“ gestartet werden. Die letzte Funktionalität stellt die Möglichkeit zur Abgabe von Einwendungen dar.

Einwendung

Über den Button „Einwendung abgeben“ können Stellungnahmen verfasst werden. Die Möglichkeit der Einsicht bereits getätigter Einwände besteht nicht.

Verortung

Das Tablet wird zur Feature-Erkennung horizontal schwenkend bewegt. Anschließend erfolgt die Platzierung und Skalierung des Modells mittels zwei-Finger-Eingabe. Die Verortung wird durch Klick auf den Button *Platzierung beenden* abgeschlossen.

Potenzial: Die vektor-basierte Verortung. Die Möglichkeit der Einsichtnahme vor Ort wird zwar als großes Potenzial betrachtet, jedoch gilt es in diesem Fall auf Fragen des Datenschutzes und

des geistigen Eigentums besonders bedacht zu nehmen. Diese Form der Einsichtnahme erfordert eine frei zugängliche App, Mobilgeräte, die nicht von der Stadt Wien zur Verfügung gestellt werden, sowie die Freigabe des AR-Modells an diese privaten Mobilgeräte. Die Umsetzung der Einsichtnahme vor Ort wurde auf einen Zeitpunkt nach dem Proof of concept in der Pilotphase verschoben.

5.2.3 Oberfläche der BRISE-AR-App

Die Prozessbeschreibungen, das Datenmanagement sowie das Navigationsschema bildeten die Basis zur Umsetzung der BRISE-AR-App. Das Ergebnis wird anhand der nachfolgenden Abbildungen beschrieben. Abb. 5.4 zeigt die Umsetzung der Erklärungsszene. Zu Beginn erfolgt Authentifizierung mittels QR-Code. Dafür kann bspw die *Ladung zur Einsichtnahme* am Smartphone aufgerufen werden. Anschließend erscheint die Maske des Hauptmenüs. Die einsichtnehmende

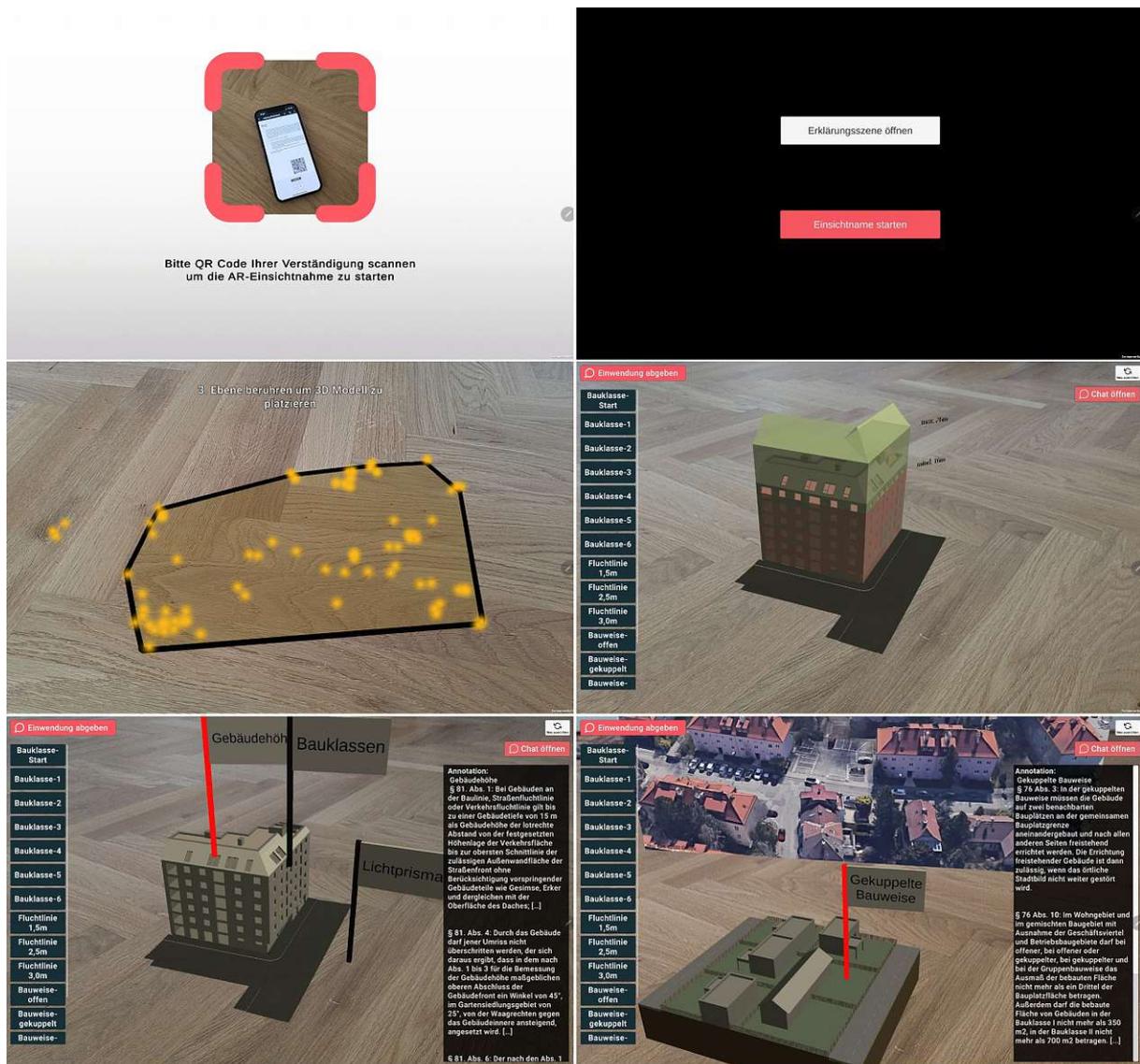


Abb. 5.4: Startmaske – Auswahlmenü – Verortungsmaske – Erklärungsszene: Bauklassen – Erklärungsszene: Gebäudehöhe – Erklärungsszene: Bauweisen (v.o.l.n.u.r.)

Person kann zwischen *Erklärungsszene öffnen* und *Einsichtnahme starten* wählen. Die Betrachtung der Erklärungsszene wird vor der Einsichtnahme des Bauvorhabens empfohlen. Im nächsten Schritt wird das AR-Modell für die Erklärungsszene aufgerufen. Die Platzierung im Raum erfolgt mittels Feature-tracking. Dafür ist das Tablet zu schwenken und anschließend das Modell zu skalieren und platzieren, mittels 2-Finger-Gesten. Nach dem Klick auf den Button *Positionierung beenden* ist das AR-Modell referenziert verortet. Nun erscheint die Maske des Hauptmenüs zur Erklärungsszene. Am linken Rand werden relevante Fachbegriffe in Form von Buttons dargestellt. Bei Klick auf einen Button erscheinen Erläuterungen in Form von 3D-Visualisierungen, textlichen Erläuterungen bzw. grafischen Hilfestellungen.

Abb. 5.5 zeigen die Umsetzung Einsichtnahme. Nach Abschluss der Erklärungsszene gelangt man zurück zum Hauptmenü zur Auswahl *Einsichtnahme starten*. Vor der Darstellung des Bauvorhabens, erscheint eine Übersicht aller einsehbarer Dokumente des Akts. Digital eingereichte

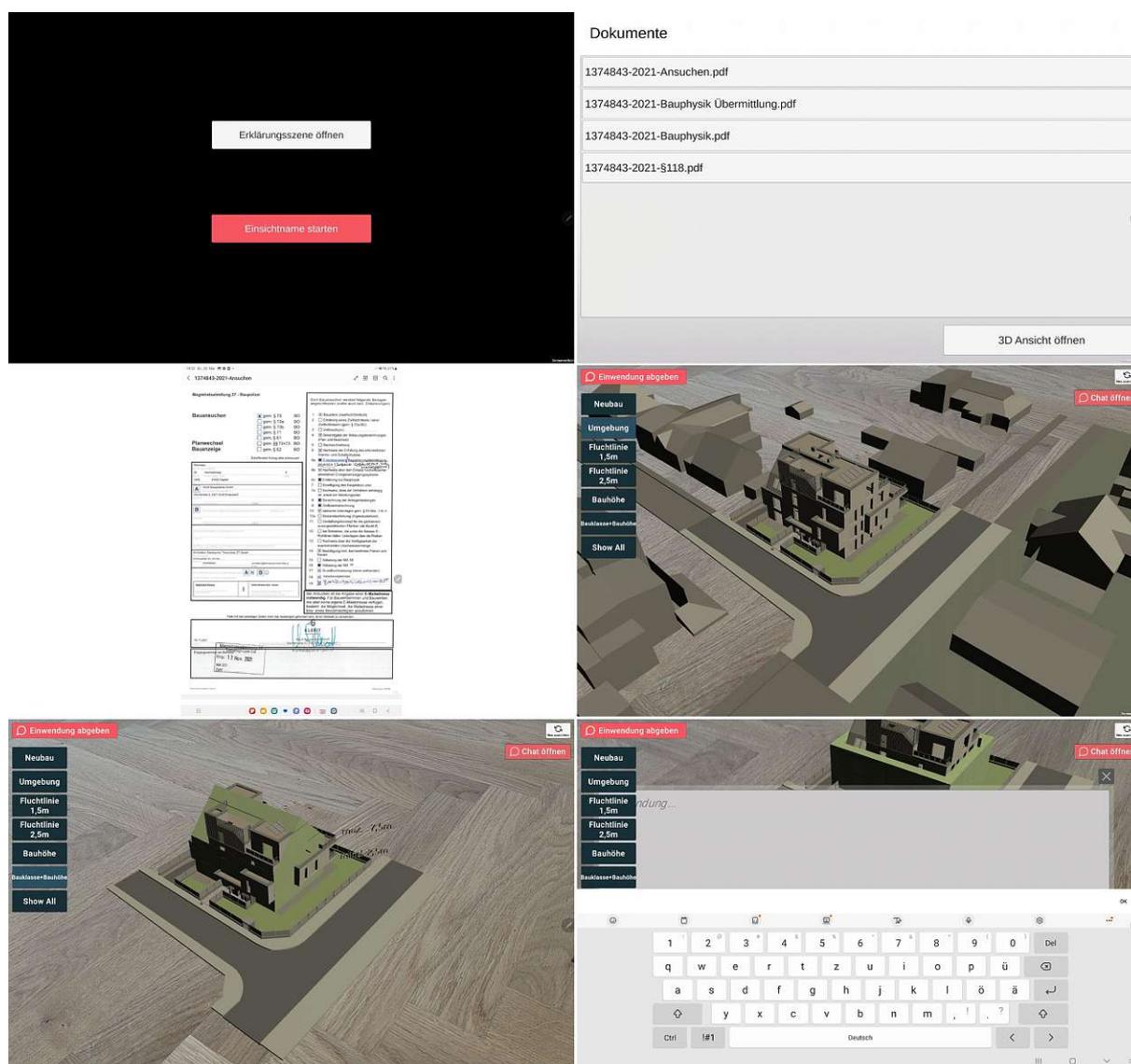


Abb. 5.5: Auswahlmenü o.li, Dokumentenübersicht o.re., Bauansuchen mi.li, AR-Modell inklusive Nachbarbebauung mi.re., Darstellung des zulässigen Bauvolumens u.li., Maske für Stellungnahmen u.r.e

Dokumente müssen somit nicht ausgedruckt werden und ermöglichen bspw die Einsicht in das Bauansuchen. Abschließend erfolgt die Verortung des AR-Modells analog zum Vorgang der Erklärungsszene. Die Maske des Hauptmenüs zur Einsichtnahme entspricht der Funktionalität nach, jener der Erklärungsszene. Im linken Bereich sind Buttons für Erklärungen platziert, während im rechten Bereich etwaige textliche Erläuterungen eingeblendet werden. Durch Klick auf den Button *Einwendung abgeben* können Einwände nach §134a BO für Wien digital eingegeben werden.

Kapitel 6

Phase III – Evaluierung der Einsichtnahme

Der Prozess der AR-unterstützten Einsichtnahme am Magistrat wurde durch praxisnahe Versuche evaluiert. Anhand der Ergebnisse der Erhebung sollen die Forschungsfragen

2. „Führt der Einsatz von AR zu schnelleren Bewilligungsprozessen?“
3. „Unterstützt AR die Kommunikation zwischen Beteiligten und Behörde positiv?“

beantwortet werden. Die Beantwortung dieser Forschungsfragen, erfordert die Gegenüberstellung der traditionellen Papier-basierten Einsichtnahme und der AR-unterstützten Einsichtnahme. Die Qualität der Einsichtnahme für Beteiligte und die Behörde lässt sich durch zwei Kernpunkte definieren:

- Zeit, die der Prozess beansprucht und
- Mehrwert, den Beteiligte aus der Einsichtnahme ziehen.

Aus diesem Grund wurden sowohl quantitative Parameter (Zeit) als auch qualitative Parameter (Mehrwert) definiert und im Zuge der Versuche erhoben.

6.1 Versuchsaufbau

Im Zuge der Versuche wurden Einsichtnahmen von Beteiligten mit Probanden durchgeführt. Die Rolle der Behörde wurde vom Autor übernommen, während Testpersonen die Rolle der Beteiligten übernahmen. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse wurden Daten sowohl für die AR-unterstützte Einsichtnahme als auch für die Plan-unterstützte Einsichtnahme erhoben. Als Hardware kamen Tablets des Typs Samsung SM-X900 und Samsung SM-T830 zum Einsatz. Besonderes Augenmerk galt dabei der Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Daten hinsichtlich des Prozesses, der Auswahl der Probanden und der Bauvorhaben.

Probanden

Zur Einsichtnahme berechtigt sind Nachbarn entsprechend der Definition der Bauordnung für Wien. Als Nachbar können somit volljährige Personen unabhängig vom Geschlecht auftreten. Bei der Auswahl der Probanden wurde auf eine Zusammensetzung geachtet, die die Gesamtbevölkerung möglichst gut repräsentiert. Dafür wurden 12 Probanden mit unterschiedlichen Geschlecht, Alter, Vorbildung sowie Vorkenntnissen zum Prozess der Einsichtnahme herangezogen. Die Zusammensetzung der Probanden ist in Tab. 6.1 dargestellt.

Prozess

Die Versuche wurden größtenteils in Räumlichkeiten der TU Wien durchgeführt. Die Probanden nahmen hintereinander an den zwei Arten der Einsichtnahme teil. Der Versuchsablauf gliedert sich in drei unabhängige Stufen: der quantitativen Erhebung bestehend aus der AR-unterstützten Einsichtnahme, der traditionellen Einsichtnahme (Plan-unterstützt) sowie der Beantwortung der

Tab. 6.1: Zusammensetzung der 12 Probanden

Altersgruppe	bis 20	21–30	31–40	41–50	51–60
	2	7	0	1	2
Geschlecht			männlich	weiblich	
			8	4	
Bautechnische Vorbildung			Ja	Nein	
			6	6	
Erfahrungen zu Einsichtnahmen			Ja	Nein	
			0	12	

Fragebögen (qualitative Erhebung). Zur Steigerung der Datenvalidität wurde die Reihenfolge der Einsichtnahmen variiert. Im Zuge der Plan-unterstützten Einsichtnahme führte der Autor, in Funktion eines Magistratsmitarbeiters, durch die Einsichtnahme. Als Unterlagen wurden das Bauansuchen, die eingereichten Planunterlagen sowie der bauphysikalische Nachweis in ausgedruckter Form zur Verfügung gestellt.

Die AR-unterstützte Einsichtnahme soll von Beteiligten möglichst selbstständig durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde ein Plakat mit Schritt-für-Schritt-Anleitung erstellt (siehe Abb. 6.1). Auch in diesem Fall trat der Autor als Magistratsmitarbeiter auf, griff jedoch nur im Bedarfsfall ein. Die Unterlagen wurden bei dieser Form der Einsichtnahme digital über die AR-App zur Verfügung gestellt.

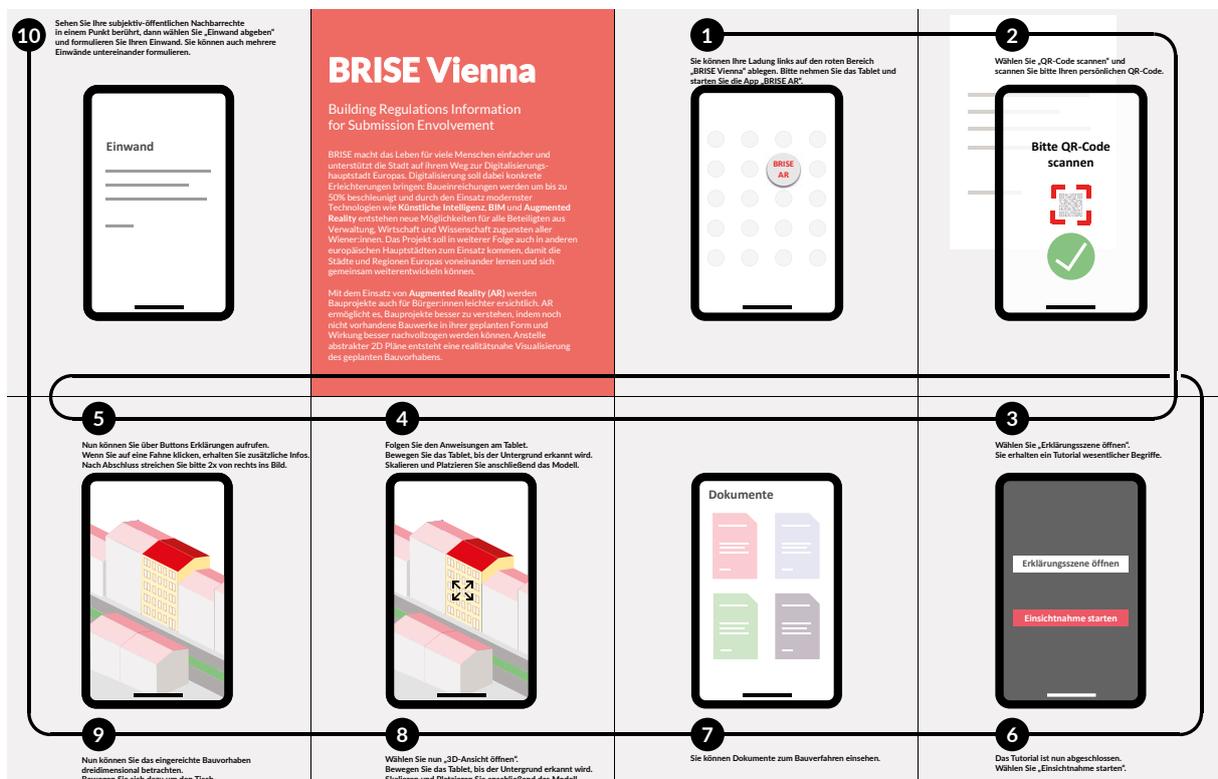


Abb. 6.1: Plakat mit einzelnen Prozessschritten als Anleitung der AR-Einsichtnahme

Zusätzlich zur Variation der Reihenfolge der Einsichtnahmen wurden die Versuche anhand zweier unterschiedlicher Bewilligungsobjekte durchgeführt. Damit sollten die erhobenen Daten des zweiten Durchgangs nicht durch Vorkenntnisse zum Projekt aus dem ersten Durchgang verfälscht werden. Die Verwendung des gleichen Objekts in Plan-Darstellung und in AR-Darstellung hätte zwar einen noch genaueren Vergleich des Visualisierungspotenzials ermöglicht, allerdings mit dem Nachteil der deutlichen Beeinflussung hinsichtlich der Prozessdauern und der Beantwortung der gestellten Fragen.

Bauvorhaben

Als Bewilligungsobjekte dienten reale Bauvorhaben, die bereits von der Baubehörde der Stadt Wien geprüft wurden. Einige Kennwerte der zugrunde gelegten Bauvorhaben sind in Tab. 6.2 gegenübergestellt.

Tab. 6.2: Kennzahlen der Testmodelle

Bauvorhaben	Typ	Baukörper	Geschoße	Wohnungsanzahl
Hochwaldweg	Wohnhausanlage	1	5	7
Arndtstraße	Wohnhausanlage	1	7	26

6.2 Quantitative Evaluierung

Im Zuge der quantitativen Erhebung wurden Einsichtnahmen traditionell (Plan-unterstützt) und AR-unterstützt durchgeführt und die Dauern der einzelnen Prozessschritte gemessen. Die Prozesse der traditionellen sowie AR-unterstützten Einsichtnahme unterscheiden sich grundlegend. Abb. 6.2 stellt die jeweiligen Prozesse gegenüber. Die Grafik bildet jene Schritte ab, die für die einsichtnehmende Person von Relevanz sind. In den Versuchen wurden nur die normalerweise am Magistrat stattfindenden Prozesse erhoben, vor- bzw. gelagerte Schritte wurden nicht betrachtet. Die strichlierte Box kennzeichnet alle evaluierten Schritte.

Traditionelle Einsichtnahme (Plan-unterstützt)

Erste Daten zur Plan-unterstützten Einsichtnahme werden bereits in einer Bachelorarbeit aufgenommen. Die im Zuge dieser Untersuchung erhobenen Prozessdauern stützen sich allerdings auf Schätzungen im Zuge von Expertenbefragungen. Diese Daten dienen der Validierung der erhobenen Prozessdauern. Als Grundlage für die Prozessgestaltung der plan-basierten Einsichtnahme diente die Erhebung in der oben genannten Bachelorarbeit:

- Der Prozess beginnt mit der Verständigung zur Einsichtnahme berechtigter Personen. Der zuständige Referent der MA 37 überprüft dazu den Beteiligten Status nach §134 (3) BO für Wien. Die Kontaktdaten werden anschließend mittels Grundbuch und zentralen Meldekataster erhoben. Nach der Festlegung der Fristen zur Einsichtnahme erfolgt die Benachrichtigung der Beteiligten Personen persönlich. Aktuell erfolgt die Information meist per Brief oder e-Brief. Bei vereinfachten Bewilligungsverfahren (§70a) oder Bewilligungsverfahren für Bauwerke kleinen Umfangs (§70b) ist eine nicht-persönliche, allgemein sichtbare Information ausreichend, bspw über das „Schwarze Brett“ oder Infoscreens im Gebäude.
- Im nächsten Schritt können die berechtigten Personen innerhalb der vorgegebenen Frist am Magistrat erscheinen. Nach einer Identitätsfeststellung beginnt die Einsichtnahme.
- Im Zuge der Akteneinsicht können berechnigte Personen alle Dokumente des Akts einsehen (Einreichpläne, Statische Nachweise, Bauphysik, Stellungnahmen etc.).

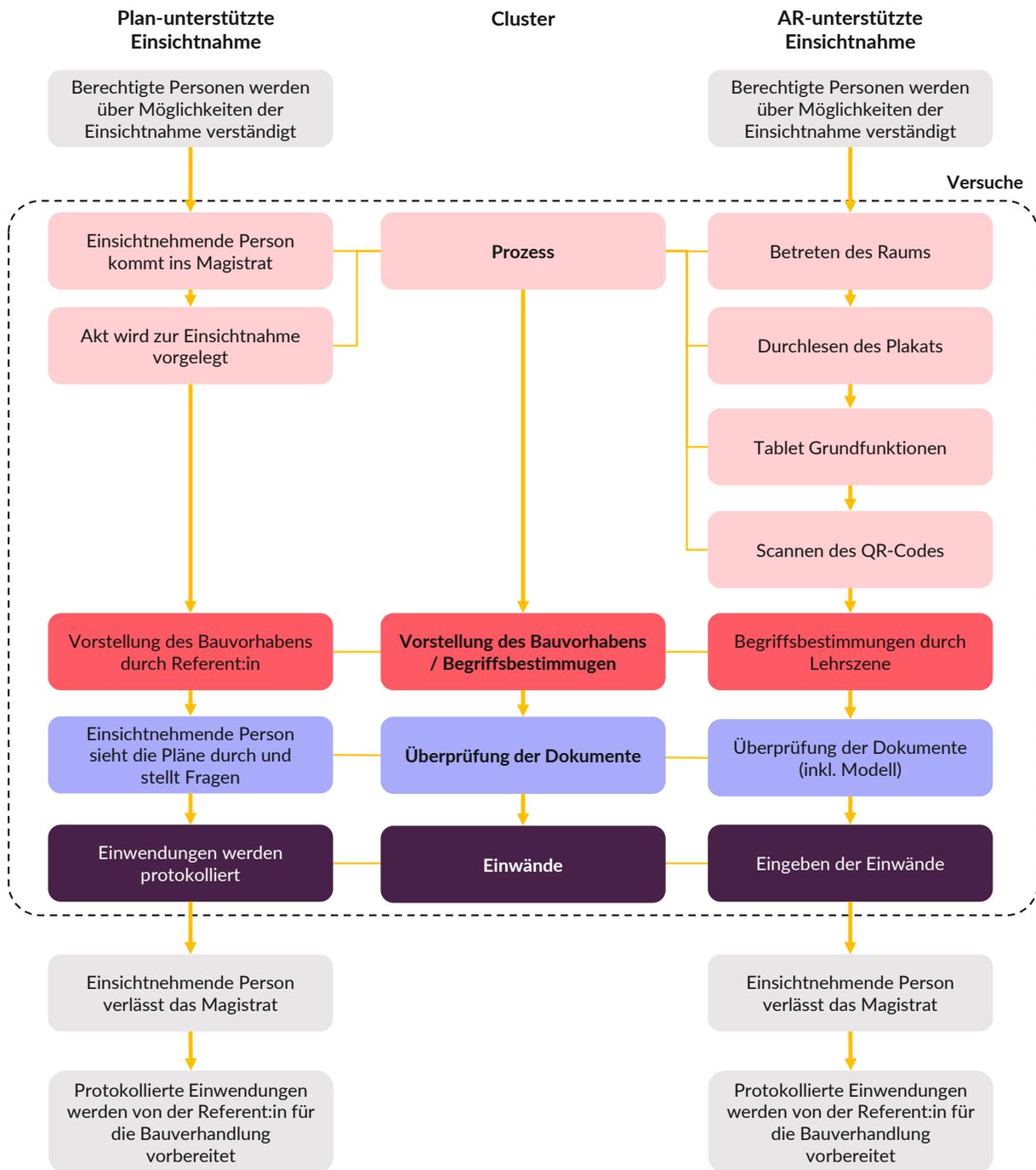


Abb. 6.2: Prozessvergleich der evaluierten Formen der Einsichtnahme inklusive Clustering

- Der zuständige Referent beginnt mit einer allgemeinen Vorstellung des Bauvorhabens. Dabei werden anhand der zur Bewilligung eingereichten Dokumente relevante Informationen besprochen. Als Grundlage dienen meist die Einreichpläne. Der Umfang der vorgestellten Informationen ist nicht allgemein geregelt und wird von den Referenten individuell angepasst. Im Gespräch werden zB Informationen aus dem Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (Bauklasse, Bauweise, Fluchtlinien, besondere Bebauungsbestimmungen etc.), Auskünfte

über die geplante Wohnungsanzahl oder Nutzungsart sowie allgemeine Erklärungen für bautechnische Begriffe geklärt.

- Nach der allgemeinen Vorstellung des Bauvorhabens durch den Referenten kann die einsichtnehmende Person Fragen zu den Dokumenten/Plänen stellen.
- Vor der Frist der Einsichtnahme prüft die Behörde die Wahrung der subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte und fordert bei Verstoß den Bauwerber zu einer Überarbeitung auf. Unabhängig davon haben Beteiligte das Recht, im Zuge der Einsichtnahme die Wahrung ihrer subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte zu überprüfen. Dies stellt eine Art 4-Augen-Prinzip dar. Werden in diesem Schritt Verletzung des §134a BO für Wien durch die einsichtnehmende Person beanstandet, kann diese einen Einwand stellen.
- Der zuständige Referent dokumentiert die vorgetragenen Einwände. Erfordern die vorgebrachten Einwände eine genaue Prüfung, erfolgt diese anschließend. Rechtlich relevante Einwände werden gesammelt und für die Bauverhandlung vorbereitet.
- Nach dem Vorbringen der Einwände ist die Einsichtnahme beendet und die Person kann das Magistrat wieder verlassen. Die Möglichkeit zur Erhebung eines Einwands besteht auch noch nach Verlassen des Magistrats innerhalb der Frist zur Einsichtnahme.

AR-unterstützte Einsichtnahme

Abb. 4.9 und Abb. 4.10 in Abschnitt 4.3 stellen den Prozess der AR-unterstützten Einsichtnahme vor. Um eine quantitative Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden die Beschreibung der Prozessschritte hinsichtlich ihres Detaillierungsgrads angepasst (siehe Abb. 6.2, rechts):

- Der Prozess beginnt, analog zur Plan-unterstützten Einsichtnahme, mit der Verständigung berechtigter Personen. Nach der Festlegung der Fristen zur Einsichtnahme erfolgt die Benachrichtigung der beteiligten Personen persönlich. Die Ladung zur AR-unterstützten Einsichtnahme enthält zusätzlich zu den allgemeinen Informationen (Fristen, Rechte etc.) einen projekt- und personenbezogenen QR-Code.
- Im nächsten Schritt können die berechtigten Personen innerhalb der vorgegebenen Frist am Magistrat erscheinen. Die AR-unterstützte Einsichtnahme wird im Unterschied zur Plan-unterstützten Einsichtnahme nicht von einem Referenten moderiert. Aus diesem Grund findet auch keine Identitätsfeststellung statt. Bevor die Einsichtnahme beginnt, sind jedoch noch weitere kleine Schritte erforderlich.
- Die weitgehend selbstständige Durchführung nimmt den Zeitdruck von den Beteiligten. Zur Orientierung im Prozess dient ein Plakat mit den Ablaufschritten. Einsichtnehmende Personen starten mit der abgebildeten Schritt-für-Schritt-Anleitung.
- Je nach Altersklasse bzw. der technischen Affinität erfordert die Durchführung der Einsichtnahme mittels Tablet eine Eingewöhnungszeit. Jene Zeit, die zur Handhabung des Tablets ohne Bezug zur Einsichtnahme benötigt wurde, ist im Schritt *Tablet Grundfunktionen* zusammengefasst.
- Die einsichtnehmende Person erscheint mit der persönlichen Ladung am Magistrat. Der darauf enthaltene QR-Code dient nun der Identitätsfeststellung als auch der Projektzuordnung. Nach dem Aufrufen der AR-App und dem Scannen des QR-Codes beginnt die Einsichtnahme.

- Eine häufige Hürde bei Einsichtnahmen und Bauverhandlungen stellen Fachbegriffe dar. Referenten benötigen viel Zeit, um Begriffe der Bauordnung bzw. des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans zu erläutern. Aus diesem Grund beginnt die AR-unterstützte Einsichtnahme mit einer sogenannten Lehrszene. Anhand eines fiktiven Bauvorhabens werden relevante Fachbegriffe (Fluchtlinien, Bauklassen, Widmungsarten etc.) durch Text und Bilder erklärt. Damit soll eine Basis geschaffen werden, um später effizient Fragen mit dem zuständigen Referenten besprechen zu können.
- Anschließend wird das betreffende Bauvorhaben aufgerufen. Im Zuge der Akteneinsicht können berechtigte Personen alle Dokumente des Akts (Einreichpläne, Statische Nachweise, Bauphysik, Stellungnahmen etc.) digital einsehen. Das Bauvorhaben wird anschließend auf einem Tisch verortet. Die Darstellung mittels AR ermöglicht nun eine freie räumliche Betrachtung des Projekts ohne die Erfordernis einer Plansprache.
- Treten während der Einsicht Fragen auf, kann der zuständige Referent hinzugeholt werden. Analog zur Plan-unterstützten Einsichtnahme prüft die Behörde die Wahrung der subjektiv-öffentliche Nachbarrechte vor der Frist der Einsicht und fordert bei Verstoß den Bauwerber zu einer Überarbeitung auf. Werden in diesem Schritt Verletzung des §134a BO für Wien durch die einsichtnehmende Person beanstandet, kann diese einen Einwand digital am Tablet eintragen.
- Erfordern die vorgebrachten Einwände eine genaue Prüfung, erfolgt diese anschließend. Rechtlich relevante Einwände werden gesammelt und für die Bauverhandlung vorbereitet.
- Nach dem Vorbringen der Einwände ist die Einsichtnahme beendet und die Person kann das Magistrat wieder verlassen. Die Möglichkeit zur Erhebung eines Einwands besteht auch noch nach Verlassen des Magistrats innerhalb der Frist zur Einsichtnahme.

Zur quantitativen Auswertung wurden die Prozessschritte entsprechend der inhaltlichen Übereinstimmung in Obergruppen geclustert. Die in den Versuchen vorgenommenen Clusterung ist in Abb. 6.2 mittig dargestellt. Die einzelnen Prozessschritte wurden in vier Cluster: Prozess, Vorstellung des Bauvorhabens / Begriffsbestimmungen, Überprüfung der Dokumente sowie Einwände gegliedert. Die Zugehörigkeit ist farblich hervorgehoben.

6.2.1 Ergebnisse

Bei beiden Formen der Einsichtnahme wurden die Zeiten der einzelnen Prozessschritte gemessen. Die erhobenen Dauern unterscheiden sich teilweise deutlich.

Plan-unterstützte Einsichtnahme

In Abb. 6.3 sind die erhobenen Prozessdauern dargestellt: Links sind die Dauern in Minuten grafisch abgebildet, rechts sind arithmetisches Mittel (aM), Median (Md) sowie Standardabweichung (SD) angeführt. Die Verteilung der benötigten Zeiten entspricht qualitativ den Erwartungen. Für die Überprüfung der Pläne und Dokumente benötigten die Probanden mit durchschnittlich 11,70 min am längsten. Die Prozesse „Einleitung durch Referent:in“ bzw. „Einwendungen werden protokolliert“ folgen darauf mit 2,73 min bzw. 2,58 min. Die Identitätsfeststellung sowie die Ausgabe der Dokumente des Akts benötigten mit jeweils rund 1,00 min am wenigsten Zeit. Arithmetisches Mittel und Median weisen Abweichungen von bis zu 17% auf. Ebenso weisen die durchwegs hohen Werte der Standardabweichungen auf große Streuungen in den Messdaten hin. Diese Streuung lässt sich durch das sehr individuelle Testsetup erklären. Aufgrund des unterschiedlichen Verständnisses für zB die Plansprache oder bautechnischer Vorkenntnisse entfallen

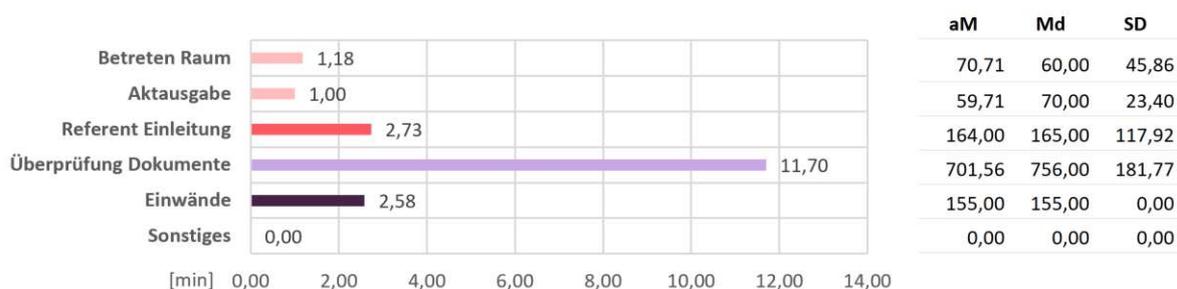


Abb. 6.3: Prozessdauern der Plan-unterstützten Einsichtnahme

die erforderlichen Erklärungen individuell, das letztlich auch in den gemessenen Prozessdauern Niederschlag findet.

AR-unterstützte Einsichtnahme

Abb. 6.4 stellt die gemessenen Prozessdauern dar. Die Verteilung der einzelnen Dauern weist eine deutlich abweichende Charakteristik auf. Es gibt keine großen Ausreißer, sondern eine viel homogenere Verteilung. Die meiste Zeit benötigen die Schritte „Überprüfung des Modells sowie weitere Dokumente“ und die „Begriffsbestimmungen durch Lehrszene“ mit 6,20 min bzw. 4,22 min. Die Zeit zur Eingabe der Einwände beträgt 2,48 min und weicht damit nur um 3 % gegenüber der Plan-unterstützten Einsichtnahme ab. Jene Dauer, die dem Cluster „Prozess“ zugeordnet wird, teilt sich in mehrere Einzelschritte auf die jeweils zwischen 0,95 min und 1,48 min benötigen. Arithmetisches Mittel und Median weisen deutliche Abweichungen von bis zu 50 % auf. Bei Einwänden liegt die Standardabweichung in der Größenordnung des Medians. Dieses Indiz einer stark streuenden Datenmenge lässt sich durch den Prozess erklären. Einwände sind eine subjektive Entscheidung und können damit bei einem kleinen Stichprobenumfang (12 Personen) zu starken Streuungen führen.



Abb. 6.4: Prozessdauern der AR-unterstützten Einsichtnahme

6.2.2 Diskussion

Stellt man die Prozessdauern gemäß Clusterung für Plan- und AR-unterstützte Einsichtnahme gegenüber (siehe Abb. 6.5), können folgende Schlüsse gezogen werden:

- **Prozess:** Die Dauer für projektunabhängige Prozessschritte hat bei der AR-unterstützten Einsichtnahme (4,42 min) gegenüber der Plan-unterstützten Einsichtnahme (2,17 min) um 104 % zugenommen. Diese Veränderung ist dadurch zu erklären, dass bei der AR-unterstützten Einsichtnahme kein Referent durch den Ablauf führt, sondern die Beteiligten weitgehend selbstständig die Einsichtnahme anhand der Ablaufanleitung (Plakat) absolvieren. Weiters erfordert die Handhabung des Tablets und der AR-App zu Beginn eine Eingewöhnungszeit.
- **Vorstellung des Bauvorhabens / Begriffsbestimmungen:** In diesem Schritt wurde eine Zunahme der Dauer bei der AR-unterstützten Einsichtnahme gegenüber der Plan-unterstützten Einsichtnahme von rund 55 % gemessen. Während bei der traditionellen Einsicht projektbezogen einzelne relevante Begriffe besprochen werden, deren Umfang in Abhängigkeit des Projektes deutlich variieren kann, werden bei der AR-unterstützten Einsichtnahme allgemein definierte Begriffe erläutert. Diese allgemeine Ausrichtung führt dazu, dass ua auch Begriffe erläutert werden, die für das spezielle Bauvorhaben nicht relevant sind. Dies führt damit zu einer längeren Dauer. Weiters wird es als Vorteil angesehen, dass Beteiligte nun die Begriffe nach eigens gewählter Geschwindigkeit betrachten können – ohne Zeitdruck durch Mitarbeiter.
- **Überprüfung der Dokumente:** Die Dauern in diesem Schritt sind aktuell noch nicht gänzlich vergleichbar. Derzeit wurde eine Reduktion der Prozessdauer um 53 % festgestellt. Die Überprüfung der Einreichunterlagen dient der Feststellung der Wahrung der subjektiv öffentlichen Nachbarrechte. Diese können anhand der Einreichpläne leicht durch die Kennzeichnung der Fluchtlinien und Kotierungen überprüft werden. Im AR-Modell wurde noch nicht der gleiche Informationsgrad erreicht. Die Überprüfung der Einhaltung der Abstandregeln von Vorbauten, die über die Baufluchtlinie (Balkone und Loggien) ragen, wurde durch

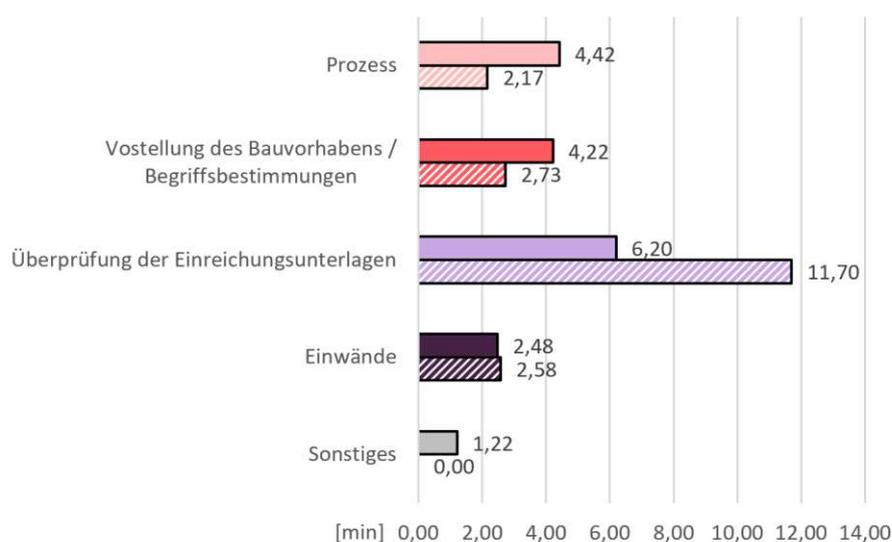


Abb. 6.5: Gegenüberstellung der Prozessdauern: AR-unterstützte Einsichtnahme (obere Balken), Plan-unterstützte Einsichtnahme (untere Balken)

die Darstellung zulässiger Volumina umgesetzt. Ebenso wurde der zulässige bebaubare Umriss durch Volumenkörper visualisiert. Aktuell war jedoch noch keine Kotierungen in die AR-App implementiert, wodurch nicht alle Überprüfungen möglich waren. Aus diesem Grund weist die AR-unterstützte Einsichtnahme im Zuge der Evaluierungen eine deutlich kürzere Prozessdauer auf.

- **Einwände:** Die gemessenen Prozessdauern der Formen der Einsichtnahmen weichen unwesentlich voneinander ab (3%). Es konnten somit keine Unterschiede auf die Dauer durch die Art der Eingabe festgestellt werden – durch den Referenten oder per Eingabe am Tablet und der AR-App.

Ein zentrales Ziel des Forschungsprojekts BRISE-Vienna besteht in der Verkürzung der Genehmigungsprozessdauer. In Zuge eines Pilotbetriebs wurde der BIM-basierte Prüfprozess bereits evaluiert. Dabei konnten die automatisations-unterstützten Prüfungen die Prozessdauern reduzieren. Im Bereich der Einsichtnahme sollen Referenten entlastet und ihnen mehr Zeit für die Tätigkeiten im Bewilligungsprozess zur Verfügung gestellt werden. Die AR-unterstützte Einsichtnahme erlaubt eine geteilte Betrachtung in jene Dauer mit Referenten und jene Dauer, die die Beteiligten alleine verbringen. Abb. 6.6 stellt diese Informationen gegenüber. Die Gesamtprozessdauer der Einsichtnahme konnte mit AR-Unterstützung unwesentlich reduziert werden. Jedoch inkludierte die getestete AR-Einsichtnahme noch nicht alle subjektiv-öffentliche Nachbarrechte vollumfänglich (zB fehlende Kotierungen). Bei vollständiger Prüfmöglichkeit ist eine Zunahme der Prozessdauer *Überprüfung der Einreichungsunterlagen* zu erwarten. Diese wirkt sich auch auf die Gesamtprozessdauer aus, sodass diese jene der Plan-unterstützten Einsichtnahme übersteigen könnte.

Durch die geteilte Betrachtung konnte das Ziel, der Reduktion der Einsatzzeit von Referenten bei der Einsichtnahme, erreicht werden. Während bei der Plan-unterstützten Einsichtnahme Referenten von Beginn an den Ablauf begleiten müssen, wurde der Prozess bei der AR-unterstützten Einsichtnahme in zwei Abschnitte geteilt. Die Schritte zu Beginn können durch die Beteiligten selbstständig ausgeführt werden und reduzieren damit die effektive Dauer für Referenten deutlich.

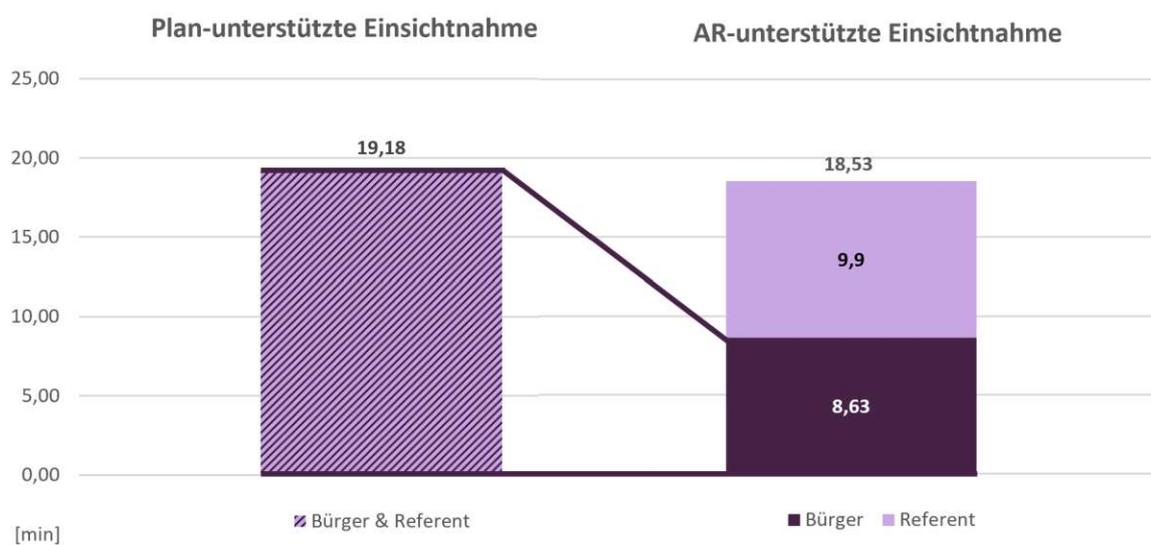


Abb. 6.6: Vergleich der Gesamtprozessdauer der evaluierten Formen der Einsichtnahme inklusive Unterteilung in Dauern für Beteiligte (hell violett) und Referenten (dunkel violett)

Im Zuge der Versuche konnte eine Reduktion der effektiven Dauer für Referenten von 55 % erreicht werden. Auch bei einer vollständigen Prüfmöglichkeit des AR-Modells sind hier keine großen Verschiebungen zu erwarten, da diese Zeit hauptsächlich von den Beteiligten beansprucht wird.

Grundvoraussetzung für dieses Einsparpotenzial ist jedoch ein guter Umgang mit Tablets. Die Tests mit Probanden aus unterschiedlichen Altersgruppen haben gezeigt, dass jüngere technikaffine Personen dieses Potenzial nutzen können, während bei älteren Personengruppen der gegenteilige Effekt zu beobachten ist. Für Personen ab 40 Jahren kann dies sogar dazu führen, dass diese von Beginn an Unterstützung benötigen.

6.3 Qualitative Evaluierung

Die qualitative Erhebung erfolgte durch Befragung der Probanden. Dafür wurden im Anschluss an jede Einsichtnahme Fragebögen ausgefüllt. Die Auswertung der Ergebnisse dient als Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfrage: „Unterstützt AR die Kommunikation zwischen Beteiligten und Behörde positiv?“.

Fragebögen

Im Zuge dieser Erhebung soll festgestellt werden, wie die AR-unterstützte Einsichtnahme im Vergleich zur Plan-unterstützten Einsichtnahme beurteilt wird. Dazu dienten zwei Fragebögen. Der Versuchsablauf besteht aus zwei Durchgängen: der Plan-unterstützten Einsichtnahme und der AR-unterstützten Einsichtnahme. Der erste Fragebogen wird nach dem ersten Durchgang einer Einsichtnahme ausgefüllt und dient zur Festlegung von Ausgangswerten. Die Form der Einsichtnahme für den ersten Durchgang wurde zwischen den einzelnen Probanden variiert, um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten zu schaffen. Der zweite Durchgang der Einsichtnahme ermöglicht anschließend einen direkten Vergleich der Formen. Abschließend wird der zweite Fragebogen bearbeitet. Probanden, die im ersten Durchgang an einer Plan-unterstützten Einsichtnahme teilgenommen haben, bewerten im zweiten Fragebogen die AR-unterstützte Einsichtnahme. Für Tester, die im ersten Durchgang die AR-unterstützte Einsichtnahme getestet haben, funktioniert die Beantwortung der Fragebögen vice-versa.

Die Fragebögen bestehen aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden soziodemografische Fragen beantwortet. Diese umfassen das Geschlecht, das Alter, die Vorbildung, sowie Vorkenntnisse zum Ablauf einer Einsichtnahme. Insgesamt wurden Versuche mit 12 Probanden durchgeführt. Das Feld der Tester setzte sich dabei wie folgt zusammen (siehe Tab. 6.1): Der zweite Teil der Fragebögen behandelt Fragen zur Verfahren der Einsichtnahme. In diesem Abschnitt werden zuerst Single-Choice Fragen anhand einer Likert-Skala (5-stufig, 1 „trifft völlig zu“ bis 5 „trifft nicht zu“) beantwortet. Diese Fragen bilden die Grundlage der Auswertung. Anschließend ergänzen offene Fragen und geben weitere Informationen zu den Single-Choice-Bewertungen. Die konkreten Fragen und Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

6.3.1 Ergebnisse und Diskussion

Dieser Abschnitt erläutert die Auswertungsergebnisse der Fragebögen. Für die einzelnen Fragen wurden dafür arithmetisches Mittel (aM), Median (Md) und Standardabweichung (SD) berechnet. Die Auswertung umfasst beide Durchgänge. Nachfolgend werden die Ergebnisse der zweiten Durchgänge vorgestellt, da diese erst den Vergleich zwischen den beiden Formen der Einsichtnahme ermöglichen. Abb. 6.7 zeigt die Ergebnisse der AR-unterstützten Einsichtnahme im Vergleich zur Plan-unterstützten Einsichtnahme. Die Ergebnisse jener Probanden, die die AR-unterstützte Einsichtnahme im zweiten Durchgang getestet haben, wurden direkt übernommen. Die Ergebnisse

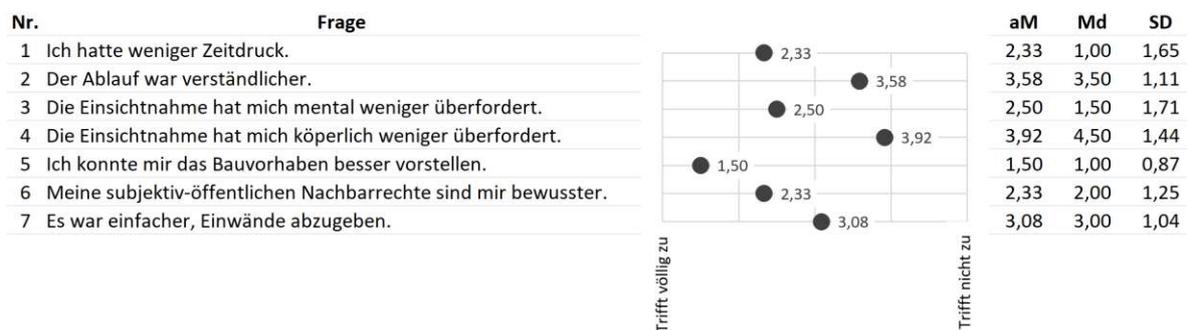


Abb. 6.7: Ergebnisse der AR-unterstützten Einsichtnahme im Vergleich zur Plan-unterstützten Einsichtnahme

jener Tester, die im zweiten Durchgang an der Plan-unterstützten Einsichtnahme teilgenommen haben, wurden invertiert in die Gesamtauswertung übernommen, dh „trifft völlig zu“ wird als „trifft nicht zu“ etc.

Der Prozess der AR-unterstützten Einsichtnahme soll durch eine weitgehend eigenständige Möglichkeit der Einsicht den Zeitdruck von Beteiligten nehmen. Dieses Ziel konnte erreicht werden (aM 2,33). Im direkten Zusammenhang damit steht die Klarheit des Ablaufs. Konventionell führt ein Referent durch den Prozess und lässt somit keine Fragen zum Ablauf aufkommen. Die Erklärung der einzelnen Schritte durch ein Plakat scheint als Erklärung nicht auszureichen (aM 3,58). Die Form der Visualisierung mittels AR und Tablet bietet Vor- und Nachteile. Während die mentale Beanspruchung durch die einfach verständliche Darstellung verbessert wurde (aM 2,50), führte die Handhabung des Tablets zu stärkerer körperlicher Beanspruchung (aM 3,92). Das ständige Halten des Tablets für einen längeren Zeitraum wurde insbesondere von Frauen negativ rückgemeldet.

Das Kernziel – das Schaffen eines höheren Verständnisses über geplante Bauvorhaben – konnte erreicht werden. Die Probanden gaben an, sich das Bauvorhaben insgesamt besser vorstellen zu können (aM 1,50). Die Auswertung zeigt keine deutlichen Unterschiede in Bezug auf die Klarheit der subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte bzw die Abgabe von Einwänden zwischen den Formen der Einsichtnahme. Die Vermittlung der Nachbarrechte wurde mit AR knapp besser bewertet (aM 2,33), während die Eingabe von Einwänden etwas schlechter bewertet wurde (aM 3,08).

In den offenen Fragen wurde die verständliche Darstellung inklusive der Nachbarbebauung positiv hervorgehoben, die insbesondere Menschen ohne bautechnisches Vorwissen unterstützt. Personen bis 30 Jahren merkten ebenfalls die leichte Bedienung mittels Tablet an und den umweltfreundlichen Gedanken einer papierlosen Einsicht. Negative Rückmeldungen betrafen vor allem die noch nicht vollständige Darstellung von Informationen (Fluchtlinien, Koten) zur Überprüfung der Nachbarrechte sowie noch vorhandene Bugs in der AR-App. In der aktuellen Form wurde die AR-App vor allem als Unterstützungsmöglichkeit für die Plan-unterstützte Einsichtnahme gesehen. Die Aufwertung der AR-App durch die Darstellung zusätzlicher Informationen könnte in Zukunft dazu führen, die Plan-unterstützte Einsichtnahme komplett zu ersetzen.

Betrachtet man die Ergebnisse näher und unterscheidet zwischen Personen mit und ohne bautechnischer Vorbildung, sind Unterschiede zu erkennen (siehe Abb. 6.8). Die größten Abweichungen gibt es bei der Einschätzung der mentalen bzw körperlichen Beanspruchung. Personen mit bautechnischer Vorbildung sind die Plansprache gewohnt und dadurch weniger überfordert. Diese gaben nur eine minimale Verbesserung durch AR in Bezug auf die mentale Beanspruchung an (aM 2,83). Im Gegensatz dazu fühlten sich Personen ohne bautechnische Vorbildung durch AR

Nr.	Frage	MIT bautechnischer Vorbildung			OHNE bautechnischer Vorbildung		
		aM	Md	SD	aM	Md	SD
1	Ich hatte weniger Zeitdruck.	2,17	1,00	1,67	2,50	2,00	1,61
2	Der Ablauf war verständlicher.	4,00	4,00	0,82	3,17	3,00	1,21
3	Die Einsichtnahme hat mich mental weniger überfordert.	2,83	2,50	1,86	2,17	1,50	1,46
4	Die Einsichtnahme hat mich körperlich weniger überfordert.	4,50	5,00	0,76	3,33	4,00	1,70
5	Ich konnte mir das Bauvorhaben besser vorstellen.	1,67	1,00	0,94	1,33	1,00	0,75
6	Meine subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte sind mir bewusster.	2,33	2,50	1,11	2,33	2,00	1,37
7	Es war einfacher, Einwände abzugeben.	3,17	3,00	0,69	3,00	3,00	1,29

Abb. 6.8: Ergebnisse der AR-unterstützten Einsichtnahme – Gegenüberstellung in Abhängigkeit der bautechnischen Vorbildung

wesentlich weniger mental beansprucht (aM 2,17). Im Hinblick auf die körperliche Beanspruchung wichen die Einschätzungen noch deutlicher voneinander ab. Während Personen mit bautechnischer Vorbildung die Handhabung mittels Tablet als besonders anstrengend wahrgenommen haben (aM 4,50), fühlten sich Personen ohne bautechnischer Vorbildung weniger beansprucht (aM 3,33). Die Verbesserung der räumlichen Vorstellung wurde von beiden Gruppen ähnlich bewertet (aM 1,67 bzw 1,33). Personen ohne bautechnische Vorbildung nehmen somit den visuellen Mehrwert der AR-Einsichtnahme deutlich wahr. Die durchwegs besseren Bewertungen dieser Gruppe wird in dieser Wahrnehmung vermutet und könnte sich damit auch auf die Bewertung allgemein Auswirkungen gehabt haben. Die wohl wichtigste Frage für das Forschungsprojekt lautete:

„In Ihrer Nachbarschaft wird ein neues Bauobjekt geplant. Sie werden zur Einsichtnahme eingeladen und haben die Wahl zwischen der konventionellen Methode mit zweidimensionalen Plänen oder der AR-unterstützten Variante. Für welche würden Sie sich entscheiden?“

In dieser Frage zeigen sich die Unterschiede in Abhängigkeit der Vorbildung ebenfalls sehr deutlich (siehe Abb. 6.9). Insgesamt bevorzugen 58% der Probanden die Plan-unterstützte Einsichtnahme. Diese knappe Mehrheit für die konventionelle Form der Einsichtnahme ist durch die überrepräsentierte Gruppe an Personen mit bautechnischer Vorbildung zu erklären. Insgesamt wurden doppelt so viele Versuche von Personen mit bautechnischer Vorbildung absolviert. Außerhalb dieser Versuchsumgebung stellen Personen mit bautechnischer Erfahrung jedoch nur einen geringen Anteil dar. Innerhalb dieser Gruppe gibt es eine Präferenz für die Plan-unterstützte Einsichtnahme von 2/3 (33% zu 17% in der Grafik). In der Gruppe der Personen ohne bautechnische Vorbildung verhält sich die Situation genau anders. Hier gibt es keine klare Präferenz weder für die AR-unterstützte Einsichtnahme noch für die Plan-unterstützten Einsichtnahme (25% zu 25% in der Grafik).

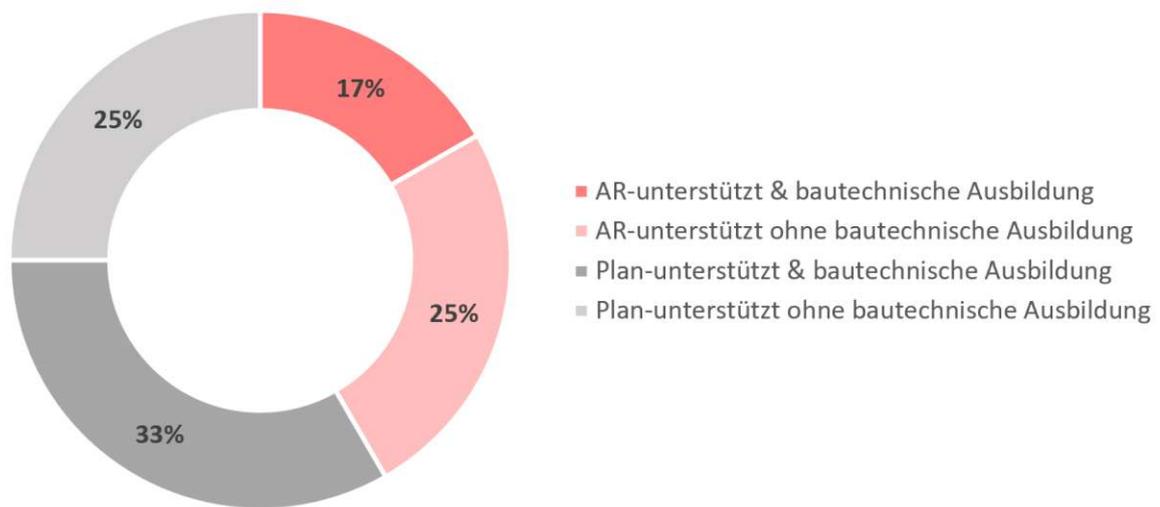


Abb. 6.9: Bevorzugte Form der Einsichtnahme in Abhängigkeit der bautechnischen Vorbildung



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.

Kapitel 7

Forschungsergebnisse

Dieses Kapitel fasst die Fragestellungen und Erkenntnisse der vorangegangenen Abschnitte abschließend zusammen. Die daraus gewonnenen Aussagen bilden die Grundlagen zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen. Aufbauend auf den in dieser Arbeit bearbeiteten Fragestellungen erfolgt eine Abgrenzung zu anderen Forschungen sowie ein kurzer Umriss weiterer Forschungsschwerpunkte. Diese sollen als Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsprojekte dienen.

7.1 Zusammenfassung

Das Bauwesen ist eine der am wenigsten digitalisierten Branchen in Österreich. Dieses Versäumnis der digitalen Transformation ist einer der Gründe für die stagnierende Produktivitätsentwicklung beim Bauen. Erhebungen in Österreich und dem vergleichbar aufgestellten Deutschland zeigen keine Zunahme der Produktivität in den letzten Jahrzehnten, sondern sogar einen leichten Rückgang. In Österreich hat die Arbeitsproduktivität im Zeitraum von 1995–2018 um 9,3 % abgenommen [22], in Deutschland zwischen 1991 und 2021 um 4,2 % [9]. Die Umstellung auf die neue Arbeitsmethodik BIM schreitet langsam voran. Der Einsatz von BIM bietet das Potenzial, Prozesse im Bauwesen effizienter zu gestalten. Mit BIM soll ein zentrales Datenmodell über den gesamten Gebäudelebenszyklus gepflegt werden. Die Nutzung von Informationen eines BIM-Modells stellt einen idealen Anknüpfungspunkt für weitere Construction 4.0-Technologien dar, zB Augmented Reality. In diversen Forschungen konnte bereits der positive Effekt von AR in der Errichtungsphase aufgezeigt werden [10, 45, 51] Mit AR soll das BIM-Modell auf der Baustelle nutzbar gemacht werden [48].

Ein Stakeholder, der in der Lebenszyklusbetrachtung bisher weitgehend unberücksichtigt blieb, ist die (Bau-)Behörde. Die Baubehörde ist ua für die Bewilligung des Bauvorhabens verantwortlich und damit ein entscheidender Faktor für erfolgreiche und effiziente Bauvorhaben. Der traditionelle, nicht-digitalisierte Ablauf der Baubewilligung in Wien führt aktuell zu Bewilligungsdauern von bis zu 18 Monaten und ist damit ein Sinnbild für die Entwicklung der Produktivität im Bauen. Die Stadt Wien erkannte dieses Problem und startete das Forschungsprojekt BRISE-Vienna. Ziel dieses Forschungsprojekts ist die Steigerung der Effizienz von Abläufen durch den Einsatz neuer Technologien (BIM, AR und KI) um bis zu 50 %. Diese Arbeit befasste sich im Rahmen des Forschungsprojekts BRISE-Vienna mit der Fragestellung, wie AR (Bau-)Behörden unterstützen kann.

Während die Digitalisierung nur die Überführung von analogen Prozessen in digitaler Form darstellt, umfasst die digitale Transformation auch die Neugestaltung von Prozessen, um diese bestmöglich neuen Technologien anzupassen. 2020 fand bereits die Digitalisierung der Bau-einreichung in Wien durch die Möglichkeit der PDF-Einreichung statt. Nun soll die Digitale Transformation durch BIM, AR und KI erfolgen. Der Fokus der Arbeit lag daher auf der Bewilligungsphase. Bei der Gestaltung von Anwendungsmöglichkeiten von AR wurden einerseits bestehende Prozesse und andererseits der künftige openBIM-basierte Bewilligungsprozess

analysiert (Kapitel 3). Zur Analyse und Entwicklung der AR-Use-Cases führte der Autor eine Literaturrecherche, Stakeholder-Interviews sowie Prozessanalysen durch (Kapitel 2). Die Literaturrecherche diente der Feststellung des internationalen Standes von AR im Bauwesen. Anknüpfungspunkte in Prozessen können nur erkannt werden, wenn auch die Potenziale der Technologie bekannt sind. Im nächsten Schritt erfolgte die Definition erster AR-Use-Cases, welche anschließend laufend in Stakeholder-Interviews verifiziert sowie deren potenzieller Nutzen und die Umsetzbarkeit bewertet wurden. Insgesamt identifizierte der Autor 16 AR-Use-Cases für Baubehörden und beschrieb deren Prozess grob (Kapitel 4). Die Auswertung der Anwendungsmöglichkeiten am Ende des Kapitels ermöglichte eine Reihung der Use-Cases. Die besten Bewertungen erhielten die Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat und die AR-unterstützte Bauverhandlung am Magistrat. Anschließend fiel die Entscheidung zur Umsetzung dieser beiden Anwendungsmöglichkeiten. Kapitel 5 beschreibt die Grundlagen zur Umsetzung einer AR-App für die genannten Use-Cases. Im Zuge der Arbeit entstanden Konzepte zum Datenmanagement, dem Navigationsschema sowie Mock-ups zum UI. Das Ende der Arbeit bildet die Evaluierung der AR-unterstützten Einsichtnahme am Magistrat. Die Erhebung erfolgte dabei auf quantitativen und qualitativen Niveau. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse wurden die in Bezug zur traditionellen Plan-unterstützten Einsichtnahme gesetzt. Die AR-unterstützte Einsichtnahme reduziert die Zeit für den Referenten signifikant. Ebenso verkürzte sich die Gesamtprozessdauer. Diese begründet sich jedoch auf dem noch nicht völlig vergleichbaren Funktionsumfang im Vergleich zur Plan-unterstützten Einsichtnahme. In der qualitativen Auswertung konnte eine visuelle Unterstützung bei der Erfassung des Bauvorhabens festgestellt werden. Das Potenzial von AR in diesem Use-case wurde in Abhängigkeit der Zielgruppe unterschiedlich bewertet. Nicht-fachkundige Personen bevorzugten die AR-unterstützte Einsichtnahme zweimal häufiger im Vergleich zur Plan-unterstützten Einsichtnahme. Der genau gegenteilige Effekt konnte in der Gruppe der fachkundigen Personen festgestellt werden.

7.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Wie kann der Einsatz von AR (Bau-)Behörden insbesondere im Bewilligungsprozess unterstützen?

Den Fokus von Baubehörden stellt die Bewilligung von Bauvorhaben dar. Immer komplexer werdende Projekte, eine umfangreiche Rechtsmaterie sowie eine hohe Anzahl an Bauansuchen führen in Wien zu Verfahrensdauern von bis zu 18 Monaten. Diese Arbeit stellt Möglichkeiten zur Reduktion der Prozessdauern durch den Einsatz von AR dar. Aufbauend auf Prozessanalysen und Interviews konnten 7 AR-Anwendungsmöglichkeiten im Bereich *Bewilligen* und 9 weitere in den Lebenszyklusphasen davor (*Widmen, Planen*) und danach (*Bauen, Betreiben*) entwickelt werden. In den unterschiedlichen Phasen kann AR auf unterschiedliche Art und Weise unterstützen. In der Phase der Flächenwidmung steht nicht die Beschleunigung von Prozessen, sondern die Verbesserung der Zusammenarbeit mit der Bevölkerung und anderen Stakeholdern im Vordergrund. Augmented Reality unterstützt hier vor allem nicht-fachkundige Personen bei der Erfassung von räumlichen Baustrukturen. Die Unterstützung nicht-fachkundiger Personen ist ebenso das Ziel der Bewilligungsphase. In diesem Abschnitt stellt die Reduktion der Prozessdauer für Referenten der Baubehörde ein weiteres Ziel dar. Diese Arbeit betrachtet in der Bewilligungsphase die Prozesse: Einsichtnahme, stadtbildrelevante Begutachtung sowie Bauverhandlung. Zur Erfüllung der definierten Ziele werden im Bereich der Einsichtnahme 3 AR-Use-Cases, für die stadtbildrelevante Begutachtung 1 AR-Use-Case sowie 2 Möglichkeiten zu AR-unterstützten Bauverhandlungen beschrieben. Augmented Reality bietet jedoch nicht nur Potenzial für nicht-fachkundige Personen, sondern ebenso für Personen mit bautechnischen Kenntnissen. Für die Phasen *Bauen* und

Betreiben werden Anwendungsmöglichkeiten zur Unterstützung der Werkmeister der Baupolizei, Personen im Facility Management und der Feuerwehr vorgestellt. Augmented Reality bietet somit über alle Phasen von (Bau-)Behörden Anwendungsmöglichkeiten. Alle Use-Cases einen zwei Ziele: *die Unterstützung in der Wahrnehmung der Bauprojekte* und *die Entlastung der Referent:innen*. Die Visualisierung mit AR soll insbesondere weniger-fachkundige Personen bei der Erfassung räumlicher Problemstellungen unterstützen. Die konventionelle Darstellung mittels Plansprache stellt oftmals eine Herausforderung dar, die zeitintensive Erläuterungen durch Referenten erfordert. Die digitale Transformation von Prozessen, zB der Einsichtnahme mittels AR ermöglicht eine neue Konzeption des Ablaufs. Ein stärkerer Fokus auf Prozesse, die ohne Unterstützung durch Referenten von den Beteiligten selbst durchgeführt werden können, entlastet Referenten und reduziert damit die Prozessdauer. Diese im Zuge der Konzeption definierten Annahmen der Unterstützung der Vorstellung räumlicher Situationen sowie die Reduktion der Prozessdauern für spezielle Zielgruppen konnten im letzten Kapitel evaluiert werden. Die Ergebnisse werden in den weiteren Beantwortungen der Forschungsfragen beschrieben.

Entlastet der Einsatz von AR Referenten durch schnellere Bewilligungsprozesse?

Im Bewilligungsprozess wurden drei Anknüpfungspunkte für AR identifiziert: die Einsichtnahme, die stadtbildrelevante Begutachtung sowie die Bauverhandlung. Dieser Arbeit betrachtet Möglichkeit für die Einsichtnahme näher. Mit dem Einsatz von AR wurden Prozesse nicht nur digitalisiert, sondern von Grund auf überarbeitet. Besondere Beachtung bei der Konzeption der Einsichtnahme am Magistrat fand die Aufteilung des Prozesses in einen durch Referenten betreuten und einen nicht-betreuten Abschnitt. Beteiligte können künftig ohne Zeitdruck Einsicht nehmen und erst im Bedarfsfall Fragen an den zuständigen Referenten stellen. Die Evaluierung dieses AR-Use-Cases ergab eine Verkürzung der Gesamtprozessdauer um ca. 20 % und eine Reduktion jener Dauer, die Referenten benötigt werden, um 60 %. Jedoch inkludierte die getestete AR-Einsichtnahme noch nicht alle subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte vollumfänglich (zB fehlende Kotierungen). Bei näherer Betrachtung der vier Teilprozesse ist ein Trend in Richtung Prozessverlängerung erkennbar. Anstelle maßgeschneiderter projektbezogener Informationen durch Referenten erfolgt zu Beginn eine allgemeine, breitere Information der Beteiligten (unabhängig von Referenten). Diese führt zu geringfügig längeren Teilprozessen jedoch nur für Beteiligte. Bei vollständiger Prüfmöglichkeit ist eine Zunahme der Prozessdauer *Überprüfung der Einreichungsunterlagen* zu erwarten. Diese wirkt sich auch auf die Gesamtprozessdauer aus, sodass diese jene der Plan-unterstützten Einsichtnahme übersteigen könnte.

Zusätzlich zur AR-unterstützten Einsichtnahme am Magistrat bietet vor allem die Einsichtnahme vor Ort mittels AR Potenzial für die Zukunft. In diesem Use-Case können Beteiligte über ihr eigenes Mobilgerät direkt am Bauplatz Einsicht nehmen, unabhängig von Parteizeiten am Magistrat. Damit wird einerseits größerer Komfort für Beteiligte geschaffen, andererseits die Tätigkeit der Einsichtnahme vollständig an die Beteiligten übertragen und damit die Zeit der Referenten maximal geschont.

Unterstützt AR die Kommunikation zwischen Beteiligten und Behörde positiv?

Eine Erhebung im Zuge des Forschungsprojekts BRISE-Vienna ergab, dass eine *fehlende Kooperation durch Anrainer* zu den fünf Hauptgründen für lange Bewilligungsdauern zählt. Eingeschränkte Möglichkeiten der Einsichtnahme (Zeit), Zeitdruck während der Einsichtnahme sowie oftmals schwer nachvollziehbare Pläne prägen aktuell die Einsichtnahme am Magistrat. Die weitgehend selbstständige Einsichtnahme mittels AR sowie die leichter nachvollziehbare Visualisierung mit AR sollen die Zusammenarbeit zwischen Behörde und Beteiligten fördern. Im Zuge der Versuchsdurchführung wurden Fragebögen zur qualitativen Analyse ausgewertet. Der AR-unterstützte Prozess erzielt Verbesserungen in den Bereichen: gefühlter Zeitdruck, mentale Beanspruchung, Vorstellung des Bauvorhabens sowie der Nachvollziehbarkeit der subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte.

Insbesondere in der Vermittlung der räumlichen Situation konnten die größten Verbesserungen und damit das Ziel der Arbeit erreicht werden. Nachbesserungsbedarf besteht noch bei den Themen: Vermittlung des Ablaufs, körperliche Beanspruchung sowie Abgabe von Einwänden. Könnten Personen künftig zwischen der Plan-unterstützten und der AR-unterstützten Einsichtnahme wählen, würden 2/3 der Zielgruppe (nicht-fachkundige Personen) die AR-unterstützte Einsichtnahme bevorzugen. Bei fachkundigen Personen stellt der aktuelle Funktionsumfang den Hauptkritikpunkt dar. Mit zunehmender Erweiterung des Funktionsumfangs könnte auch hier eine höhere Zustimmung geschaffen werden.

7.3 Abgrenzung und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen von Potenzialen von AR in (Bau-)Behördenprozessen. Es findet keine detaillierte Prozessbeschreibung aller 16 Use-Cases statt. Die Digitalisierung der Einsichtnahme am Magistrat mittels AR wird als Hauptanwendungsfall näher betrachtet und wurde von der Konzeption, über die Entwicklung bis zur Evaluierung der Potenziale beschrieben.

Neben der Weiterentwicklung der AR-unterstützten Einsichtnahme am Magistrat besteht vor allem in der Umsetzung der AR-Einsichtnahme vor Ort weiteres Forschungspotenzial. Im Zuge der Versuchsdurchführung wurden große Unterschiede bei der Handhabung der AR-App in Abhängigkeit der Altersklasse der Zielgruppe festgestellt. Nähere Untersuchungen zur Eignung für weniger-technikaffine bzw. ältere Personen scheinen erforderlich.

Allgemein besteht im Bereich AR noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Verortungsgenauigkeit und im Bereich AR-Brillen [18]. Einige AR-Use-Cases in dieser Arbeit erfordern den Einsatz von AR-Brillen. Die Ungenauigkeit der Überlagerung virtueller Elemente mit der Realität bei großen Entfernungen vom Verortungsursprung (Drift), das eingeschränkte Sichtfeld, die Auflösung der Darstellung virtueller Elemente, der Tragekomfort sowie die Preisgestaltung stellen derzeit Hürden für einen Einsatz von AR-Brillen außerhalb von Forschungsprojekten dar.

Zwei Wochen vor Abgabe dieser Arbeit erfolgte der, bereits lange vermutete, Einstieg von Apple in den Bereich Mixed Realities. Erste Ankündigungen lassen deutliche Verbesserungen in den Bereichen Sichtfeld (sowohl Größe als auch Auflösung) und Tragekomfort erwarten. Die Positionierung des Produkts als Freizeitprodukt bzw. Werkzeug für Bürotätigkeiten lässt die Tauglichkeit für Industrieanwendungen sowie den Einsatz im Bauwesen zum Produktstart noch offen. Die Zeit zwischen Vorstellung und Verkaufsstart soll Entwicklern die Möglichkeit geben, weitere produktive Apps für verschiedene Bereiche zu schaffen. Generell lenkt der Einstieg von einem der größten Technologieunternehmen der Welt den Fokus auf den Bereich Mixed Realities. Damit könnte der Wettkampf um Fortschritte in der Technologie (auch Verortungsgenauigkeit) an Fahrt aufnehmen und den Bereich insgesamt voranbringen.

Literatur

- [1] S. Agrawal, A. Simon, S. Bech, K. Bærentsen und S. Forchhammer. „Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Audiovisual Experiences“. In: *Journal of the Audio Engineering Society* 68(6) (2020), S. 404–417. DOI: 10.17743/jaes.2020.0039.
- [2] R. T. Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6(4) (1997), S. 355–385. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
- [3] J.-F. Bastin, E. Clark, T. Elliott, S. Hart, J. van den Hoogen, I. Hordijk, H. Ma, S. Majumder, G. Manoli, J. Maschler, L. Mo, D. Routh, K. Yu, C. M. Zohner und T. W. Crowther. „Understanding Climate Change from a Global Analysis of City Analogues“. In: *PLOS ONE* 14(7) (2019), e0217592. DOI: 10.1371/journal.pone.0217592.
- [4] Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. *Bauanträge zukünftig auch digital*. 2021. URL: <https://www.stmb.bayern.de/med/aktuell/archiv/2021/210207baunantragdigital/> (Zugriff am 01.06.2023).
- [5] L.-E. Boenisch, A.-K. Brede und I. Fasching. „Applied Games“. (unpublished) Presentation WSP Finland (Helsinki). 13. Nov. 2017.
- [6] Corenet. *Building Information Modeling (BIM) e-Submission*. 2016. URL: <https://www.corenet.gov.sg/general/e-info.aspx> (Zugriff am 10.06.2023).
- [7] J. M. Davila Delgado, L. Oyedele, P. Demian und T. Beach. „A Research Agenda for Augmented and Virtual Reality in Architecture, Engineering and Construction“. In: *Advanced Engineering Informatics* 45 (Aug. 2020), S. 101122. DOI: 10.1016/j.aei.2020.101122.
- [8] P. Dax, G. Hopf und E. Maier. *Abkürzungs- und Zitierregeln AZR*. Wien, 2019. 284 S. ISBN: 978-3-214-06397-9.
- [9] H. der Deutschen Bauindustrie e.V. *Auf den Punkt gebracht – Produktivität im Bau(haupt-)gewerbe – ein statistischer Befund*. URL: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/auf-den-punkt-gebracht/produktivitaet-im-bauhauptgewerbe/> (Zugriff am 04.06.2023).
- [10] P. S. Dunston und D. H. Shin. „Technology Development Needs for Advancing Augmented Reality-Based Inspection“. In: *Automation in Construction* 19.2 (März 2010), S. 169–182. DOI: 10.3390/buildings13061462.
- [11] C. Eastman und Andere. *An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50*. Sep. 1974. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833> (Zugriff am 18.05.2023).
- [12] C. C. Eichler, C. Schranz, T. Krischmann und H. Urban. *BIMcert Handbuch: Grundlagenwissen openBIM. Ausgabe 2023*. Niederfrohna: Mironde-Verlag, 2023. ISBN: 978-3-96063-052-4. URL: <https://www.buildingsmart.co.at/downloads/> (Zugriff am 10.06.2023).
- [13] M. Eremia, L. Toma und M. Sanduleac. „The Smart City Concept in the 21st Century“. In: *Procedia Engineering*. 10th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2016, 6-7 October 2016, Tirgu Mures, Romania 181 (1. Jan. 2017), S. 12–19. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.02.357. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817309402> (Zugriff am 20.12.2021).

- [14] GAMMA AR. *BIM auf Ihrer Baustelle mit Augmented Reality*. URL: <https://gamma-ar.com/?lang=de> (Zugriff am 12.06.2023).
- [15] J. J. Garrett. *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. 2nd ed. Berkeley, CA: New Riders, 2011. ISBN: 978-0-321-68368-7.
- [16] A. Gerger, C. Schranz und H. Urban. *Augmented-Reality-Use-Cases im Bauwesen: Potentiale und Anforderungen*. Forschungsber. TU Wien, 2019. 52 S.
- [17] A. Gerger, C. Schranz und H. Urban. *Neue Möglichkeiten durch den Einsatz von Augmented Reality im Kontext digitaler Bauvorhaben*. Forschungsber. TU Wien, 2020. 82 S.
- [18] A. Gerger, H. Urban und C. Schranz. „Augmented Reality for Building Authorities: A Use Case Study in Austria“. In: *Buildings* 13(6) (Juni 2023), S. 1462. DOI: 10.3390/buildings13061462.
- [19] T. Kaneta, S. Furusaka, A. Tamura und N. Deng. „Overview of BIM Implementation in Singapore and Japan“. In: *Journal of Civil Engineering and Architecture* 10(12) (28. Dez. 2016). DOI: 10.17265/1934-7359/2016.12.001.
- [20] H. Kaufmann. *ProFiTex – Providing Fire Fighters with Technology for Excellent Work Safety*. URL: <https://www.ims.tuwien.ac.at/projects/profitex> (Zugriff am 14.02.2022).
- [21] T. Krischmann, H. Urban und C. Schranz. „Entwicklung eines openBIM-Bewilligungsverfahrens“. In: *Bauingenieur* 95(9) (2020), S. 335–344. DOI: 10.37544/0005-6650-2020-09-61.
- [22] C. Kukacka. *Bauwirtschaft in der Produktivitätsfalle?* URL: <https://www.swietelsky.at/bau-geschichten/bauwirtschaft-in-der-produktivitaetsfalle/> (Zugriff am 04.06.2023).
- [23] A. M. Levenda, N. Keough, M. Rock und B. Miller. „Rethinking Public Participation in the Smart City“. In: *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien* 64(3) (Sep. 2020), S. 344–358. DOI: 10.1111/cag.12601.
- [24] X. Li, W. Yi, H.-L. Chi, X. Wang und A. P. Chan. „A Critical Review of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) Applications in Construction Safety“. In: *Automation in Construction* 86 (Feb. 2018), S. 150–162. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.11.003.
- [25] MA 37 – Baupolizei. *Fertigstellung eines Bauvorhabens*. URL: <https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/bauen/fertigstellung/> (Zugriff am 14.04.2020).
- [26] *ÖNORM B 1300:2018 02 01: Objektsicherheitsprüfungen für Wohngebäude – Regelmäßige Prüfprotokolle im Rahmen von Sichtkontrollen und zerstörungsfreien Begutachtungen – Grundlagen und Checklisten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards Institute, Feb. 2018.
- [27] Österreichisches Institut für Bautechnik. *OIB-Richtlinien*. URL: <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien> (Zugriff am 07.06.2023).
- [28] J. Parker. „The Leeds Urban Heat Island and Its Implications for Energy Use and Thermal Comfort“. In: *Energy and Buildings* 235 (März 2021), S. 110636. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.110636.
- [29] Quake Technologies LLC. *Navigation – Communication – Coordination*. URL: <https://www.qwake.tech> (Zugriff am 14.02.2022).
- [30] S. Rankohi und L. Waugh. „Review and Analysis of Augmented Reality Literature for Construction Industry“. In: *Visualization in Engineering* 1, 9 (2013). DOI: 10.1186/2213-7459-1-9.

- [31] K. Reaver. „Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway“. In: *Front. Virtual Real.* Volume 4 – 2023 (Feb. 2023). DOI: 10.3389/frvir.2023.1055930. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1055930/full> (Zugriff am 12.06.2023).
- [32] M. Sailer, J. U. Hense, S. K. Mayr und H. Mandl. „How Gamification Motivates: An Experimental Study of the Effects of Specific Game Design Elements on Psychological Need Satisfaction“. In: *Computers in Human Behavior* 69 (Apr. 2017), S. 371–380. DOI: 10.1016/j.chb.2016.12.033.
- [33] C. Schranz, A. Gerger, S. Fischer und H. Urban, Hrsg. *Digitalisierung und Standardisierung der Immobilienwirtschaft unter Anwendung von BIM am Beispiel eines Neubaus: Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein*. TU-Verlag, 2021. 148 S. ISBN: 978-3-903311-28-2.
- [34] C. Schranz, H. Urban und A. Gerger. „Potentials of Augmented Reality in a BIM Based Building Submission Process“. In: *Journal of Information Technology in Construction* 26 (26. Juli 2021), S. 441–457. DOI: 10.36680/j.itcon.2021.024. URL: <https://www.itcon.org/paper/2021/24> (Zugriff am 27.07.2021).
- [35] D. Schwarz. „Nachhaltiges Bauen“. In: *DETAIL* Vol 6 – 2007 (Juni 2007). URL: https://www.detail.de/de/de_de/detail-6-2007 (Zugriff am 12.06.2023).
- [36] D. H. Shin und P. S. Dunston. „Evaluation of Augmented Reality in Steel Column Inspection“. In: *Automation in Construction* 18 (2 März 2009), S. 118–129. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.05.007.
- [37] A. Sidani, F. M. Dinis, L. Sanhudo, J. Duarte, J. Santos Baptista, J. Poças Martins und A. Soeiro. „Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A Systematic Review“. In: *Archives of Computational Methods in Engineering* 28 (2021), S. 449–462. DOI: 10.1007/s11831-019-09386-0.
- [38] Stadt Wien. *Smart City Wien Rahmenstrategie 2019–2050*. Wien, 2019. 172 S. ISBN: 978-3-903003-52-1.
- [39] Stadt Wien. *Werkstattbericht 172 – Masterplan Partizipative Stadtentwicklung*. Wien, 2017. ISBN: 978-3-903003-35-4.
- [40] Stadt Wien, MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. *STEP 2025 Stadtentwicklungsplan*. Wien, 2014. 145 S. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/publikationen.html> (Zugriff am 10.06.2023).
- [41] Stadt Wien, MA 34 – Bau- und Gebäudemanagement. *Wir schaffen Raum – Folder der MA 34*. 2014. URL: <https://www.wien.gv.at/wirtschaft/auftraggeber-stadt/gebauedemanagement/pdf/folder-ma-34.pdf> (Zugriff am 12.06.2023).
- [42] Stadt Wien, MA 37 – Baupolizei. *Bauverfahren digital einreichen*. 2021. URL: <https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/planen/digitale-baueinreichung.html> (Zugriff am 01.06.2023).
- [43] Stadt Wien, MA 41 – Stadtvermessung. *Baukörpermodell*. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/bkm/> (Zugriff am 12.06.2023).
- [44] Stadt Wien, MA 41 – Stadtvermessung Wien. *Stadtplan 3D*. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/viewer/stadtplan3d/> (Zugriff am 12.06.2023).

- [45] H. Urban, N. Breitschopf und C. Schranz. „Entwicklung und Validierung eines AR-Abnahmetools für die Örtliche Bauaufsicht am Beispiel der technischen Gebäudeausrüstung“. In: *Bauingenieur* 97(11) (2022), S. 353–361. DOI: 10.37544/0005-6650-2022-11-35.
- [46] H. Urban, T. Irschik, C. Schranz und C. Schönauer. „Augmented Reality im Bauwesen: Teil 2 – Baustellentaugliches Trackingsystem“. In: *Bauingenieur* 95(12) (2020), S. 501–508. DOI: 10.37544/0005-6650-2020-12-67.
- [47] H. Urban und C. Schranz. *AR-AQ-BAU – Einsatz von Augmented Reality zur Abnahme und Qualitätssicherung auf Baustellen*. 1. Okt. 2018. URL: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/ar-aq-bau.php> (Zugriff am 01.06.2021).
- [48] H. Urban, C. Schranz und A. Gerger. „BIM auf Baustellen mit Augmented Reality“. In: *BBauaktuell* 10(5) (Sep. 2019), S. 192–196. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12708/143144> (Zugriff am 12.06.2023).
- [49] Wiener Landtag. *Flächenwidmungs- und Bebauungsplan*. URL: <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/> (Zugriff am 07.06.2023).
- [50] Wiener Landtag. *Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien)*. 12. Apr. 2023.
- [51] M. Zaher, D. Greenwood und M. Marzouk. „Mobile Augmented Reality Applications for Construction Projects“. In: *Construction Innovation* 18(2) (23. März 2018), S. 152–166. DOI: 10.1108/CI-02-2017-0013.