



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Fachbereich Geoinformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron Universität Salzburg

zum Thema

**„Die Entwicklung einer Augmented Reality App und deren Einfluss auf die
Bürgerbeteiligung bei stadtplanerischen Bauprojekten“**

– Am Beispiel der Stadtplanung in Karlsruhe

eingereicht von

Wadim Lautenschleger
u106856, UNIGIS MSc Jahrgang 2021

GutachterIn:

Prof. Dr. Mag. Michael Leitner

Zur Erlangung des Grades

„Master of Science“, abgekürzt „MSc“

Unterensingen, Februar 2024

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle sinngemäß und wörtlich übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Untersingen, 27.02.2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lautenschleger'.

Lautenschleger

Kurzfassung

Im Rahmen der Bürgerbeteiligung eröffnet Augmented Reality (AR) eine vielversprechende Perspektive für eine inklusive und leicht zugängliche Teilnahme an städtischen Planungsprozessen. Augmented Reality revolutioniert die Art und Weise, wie Bürger sich in Prozesse einbringen können. Mithilfe der Smartphone-Kamera können Geodaten in die reale Welt projiziert werden, was es ermöglicht, die 3D-Planung an ihrem tatsächlichen Standort unmittelbar zu visualisieren. Dadurch kann das Verständnis und die Vorstellungskraft der Bürger gefördert werden. Die erfolgreiche Kommunikation zwischen den Planungsexperten und den Bürgern hängt davon ab, ob die vermittelten Informationen, in ihrem ursprünglichen Kontext verstanden werden können. Daher ist es von Bedeutung, dass bei der Kommunikation zwischen diesen beiden Akteuren nicht nur die Übertragung von Informationen und der Ablauf des Prozesses berücksichtigt werden, sondern in erster Linie die Verständlichkeit der Informationen selbst.

Die Zielsetzung dieser Masterarbeit besteht darin, die Auswirkungen einer selbst entwickelten AR-App auf die Bürgerbeteiligung im Bereich der Stadtplanung zu erforschen. Es wird eine AR-App mithilfe des ArcGIS Maps SDK for Kotlin entwickelt, um die praktische Umsetzung und Evaluierung dieser Technologie durchzuführen. Die konkreten Forschungsziele umfassen die Prüfung, ob die AR-App die Bürgerbeteiligung steigern kann, die Untersuchung, wie Missverständnisse in der Planungsphase durch die AR-Visualisierung minimiert werden können, sowie die Analyse, wie die AR-Technologie das Bewusstsein der Stadtplanungsexperten für die Interessen und Bedenken der Bürger stärken kann.

Der Fokus dieser Forschungsarbeit liegt auf der Durchführung einer Bürgerbefragung, bei der die Eindrücke der Bürger zu Bauplänen und städtebaulichen Entwicklungen mithilfe der AR-App erfasst werden. Diese Befragung dient als Baustein, um zu ermitteln, welchen Einfluss die AR-App auf die Motivation der Bürger hat, verstärkt an städtischen Planungsprozessen teilzunehmen. Die Erkenntnisse aus dieser Forschung sollen dazu beitragen, die Bürger aktiv in die Gestaltung ihrer Städte einzubinden, den Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren in städtischen Planungsprozessen zu optimieren und eine transparentere und partizipativere Entscheidungsfindung zu fördern.

Abstract

In the context of citizen participation, augmented reality (AR) opens up a promising perspective for inclusive and easily accessible participation in urban planning processes. Augmented reality is revolutionizing the way citizens can engage in processes. Using the smartphone camera, geospatial data can be projected into the real world, making it possible to immediately visualize 3D planning in its actual location. This can enhance the understanding and imagination of citizens. Successful communication between planning experts and citizens depends on whether the information conveyed, can be understood in its original context. Therefore, it is important that communication between these two actors not only takes into account the transmission of information and the course of the process, but primarily the comprehensibility of the information itself.

The objective of this master thesis is to explore the impact of a self-developed AR app on citizen participation in the field of urban planning. An AR app is developed using the ArcGIS Maps SDK for Kotlin to conduct practical implementation and evaluation of this technology. The specific research objectives include testing whether the AR app can increase citizen participation, exploring how misunderstandings in the planning phase can be minimized through AR visualization, and analyzing how AR technology can increase urban planning professionals' awareness of citizen interests and concerns.

The focus of this research work is on conducting a citizen survey in which citizens' impressions of construction plans and urban developments are recorded with the help of the AR app. This survey serves as a building block to determine the influence of the AR app on citizens' motivation to participate more in urban planning processes. The findings from this research will help to actively involve citizens in the design of their cities, optimize the exchange of information between the various actors in urban planning processes, and promote more transparent and participatory decision-making.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung	2
1.2	Methodik und Vorgehensweise	2
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	Bürgerbeteiligung in der Stadtplanung mit GIS	3
2.2	Augmented Reality für die Bürgerbeteiligung	5
2.3	ESRI	6
2.3.1	ArcGIS Maps SDK for Kotlin	7
2.3.2	ArcGIS Survey123	8
2.4	Android Studio	8
2.5	R Studio	9
3	Methodik	9
3.1	Bauprojekt vorstellen	9
3.2	Entwicklung der App	11
3.3	Beschreibung des Fragebogens	20
3.4	In R Studio und statistische Berechnungen	21
4	Ablauf der Befragung	22
5	Auswertung der Bürgerbefragung	25
5.1	Mit höherem Alter ist die Bedienung der AR-App schwieriger	26
5.2	Mit höherem Alter ist die Akzeptanz der AR-App gering	28
5.3	Die Nutzung der AR-App beeinflusste die Meinung der Gebäudehöhen, der geplante Bäume, der geplanten Verkehrsflächen	31
5.4	AR-App Nutzer konnten die Planung besser Vorstellen als die nicht AR-App Nutzer	40
5.5	AR-App Nutzer hatten eine größere Akzeptanz für die Planung als die nicht AR-App Nutzer	41
5.6	AR-Erfahrung und häufige Nutzung des mobilen Gerätes zeigen eine bessere Bedienbarkeit mit der AR-App	42
5.7	Teilnehmer mit viel Computerspielerfahrung zeigen eine bessere Bedienbarkeit von der AR-App	45
5.8	Häufige Nutzung des mobilen Gerätes zeigen eine größere Akzeptanz für eine AR-App Bürgerbeteiligung	46
5.9	Um die 3D Planung zu verstehen, braucht man keine Erfahrung in der 3D Visualisierung, Architektur oder Stadtplanung.	48
5.10	Bürger, die sich nicht mit Bauprojekten der Stadt beschäftigen, würden dies durch die Nutzung einer AR-App ändern	51
6	Diskussion	52
7	Fazit	56
8	Literaturverzeichnis	59

Anhang	61
Anhang 1: Fragebogen.....	61
Zur Person:	61
Fragen zum Bauprojekt:	61
Falls beides	61
Falls AR-App	63
Falls 2D/3D Planung	64
Technische Fragen:	65
Öffentlichkeitsbeteiligung (Bürgerbeteiligung):	67
Bauprojekt:.....	68
Anhang 2:	69
Anhang 3:	70
Anhang 4:	71

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Ausschnitt des genutzten Fragebogens	8
Abbildung 2: Berechtigungsparameter.....	11
Abbildung 3: Authentifizierungssettings im Activity Tag	12
Abbildung 4: Authentifizierungsparameter	13
Abbildung 5: Code für die Authentifizierung	13
Abbildung 6: ArcGIS for Portal anmelde Fenster	14
Abbildung 7: AR-Szene nach der Anmeldung	14
Abbildung 8: Code für die Berechtigungsabfrage	15
Abbildung 9: Activity Tag für die AR-Funktionalitäten.....	16
Abbildung 10: das mArView Objekt.....	16
Abbildung 11: Code für die Layer Integration	17
Abbildung 12: Kamera Positionen für die AR-App	17
Abbildung 13: Code für die Schaltflächen Funktion	18
Abbildung 14: Code für die switchBestand Schaltfläche	18
Abbildung 15: Code für die X+/- Schaltfläche.....	18
Abbildung 16: AR-Layout	19
Abbildung 17: R Studio Code Funktion für die statistische Berechnung	21
Abbildung 18: Satellitenbild des Bebauungsplans	22
Abbildung 19: 3D-Darstellung des Bebauungsplans	24
Abbildung 20: Punkthochhaus am Quartiersplatz	24
Abbildung 21: Darstellung der Verkehrsflächen in AR im ausgeblendeten Zustand (links) und eingeblandeten Zustand (rechts).....	25
Abbildung 22: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die erste Hypothese	27
Abbildung 23: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der ersten Hypothese	28
Abbildung 24: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die zweite Hypothese	30
Abbildung 25: Vorstellbarkeit des hohen Gebäudes neben der Schule	31
Abbildung 26: Meinung der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Nutzung der AR-App	32
Abbildung 27: Empfindung der Höhe des Gebäudes neben der Schule	33
Abbildung 28: Meinungsänderung der Empfindung der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Nutzung der AR-App.....	33
Abbildung 29: Empfindung Anzahl Bäume vor der AR-App Nutzung	35
Abbildung 30: Empfindung Anzahl Bäume nach der AR-App Nutzung.....	35
Abbildung 31: Meinungsänderung, Verteilung der Verkehrsfläche nach der AR-App Nutzung	36
Abbildung 32: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die dritte Hypothese (Darstellung Gebäude Höhe).....	37
Abbildung 33: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der dritten Hypothese (Darstellung Gebäude Höhe)	37
Abbildung 34: Ergebnis Chi-Quadrat-Test für die dritte Hypothese (Empfindung Gebäude Höhe)	38
Abbildung 35: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die dritte Hypothese (Anzahl Bäume)	39
Abbildung 36: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die vierte Hypothese.....	40
Abbildung 37: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der vierten Hypothese	41
Abbildung 38: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die fünften Hypothese	42
Abbildung 39: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die sechste Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und AR-Erfahrung)	43
Abbildung 40: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die sechste Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und Handynutzung)	44
Abbildung 41: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der sechsten Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und Handynutzung)	44

Abbildung 42: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die siebten Hypothese.....	45
Abbildung 43: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der siebten Hypothese	46
Abbildung 44: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die achte Hypothese.....	47
Abbildung 45: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der achten Hypothese	47
Abbildung 46: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die neunte Hypothese (3D- Visualisierung)	49
Abbildung 47: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die neunte Hypothese (Architektur).....	49
Abbildung 48: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die neunte Hypothese (Stadtplanung)	50
Abbildung 49: Anzahl Teilnehmer die mit einer AR-App sich mit Bauprojekten beschäftigen würden	51

Tabelle 1: Kreuztabelle mit dem Alter der Teilnehmer und der Frage Wie war die Bedienung der AR-App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung)	26
Tabelle 2: Teilnehmer, die Sich mit Bauprojekten beschäftigen und ob Sie AR auch nutzen würden.	29
Tabelle 3: Teilnehmer, für die eine AR-App ein Anreiz wäre	29
Tabelle 4: Teilnehmer, für die eine AR-App ein Anreiz wäre (erwartete Warte).....	30
Tabelle 5: Kreuztabelle, ob das Gebäude für die Teilnehmer zu hoch ist oder nicht	34
Tabelle 6: Vorstellung des hohen Gebäudes neben der Schule.....	36
Tabelle 7: Empfindung der Teilnehmer, ob das Gebäude neben der Schule zu hoch ist oder nicht	38
Tabelle 8: Meinung über die Anzahl der Bäume	38
Tabelle 9: Meinung der Verteilung der Verkehrsflächen	39
Tabelle 10: Vorstellung der Planung	40
Tabelle 11: Akzeptanz der Planung	41
Tabelle 12: Bedienbarkeit der AR-App mit AR-Erfahrung	42
Tabelle 13: Bedienbarkeit der AR-App und der Handynutzung	43
Tabelle 14: Bedienbarkeit der AR-App mit Computer Spiel Erfahrungen	45
Tabelle 15: Akzeptanz für eine AR-App bei einer Bürgerbefragung und Nutzung des Mobilen Gerätes.....	46
Tabelle 16: Verständlichkeit der 3D Planung und 3D Visualisierung	48
Tabelle 17: Verständlichkeit der 3D Planung und Architektur.....	48
Tabelle 18: Verständlichkeit der 3D Planung und Stadtplanung.....	48

1 Einleitung

Die Verwendung von Geoinformationssystemen (GIS) nimmt immer mehr zu, um verschiedene Szenarien zu visualisieren. Visualisierungsformen wie 2D- und 3D-Karten können heutzutage den Anforderungen vieler Benutzer an eine komplexe und dynamische Darstellung nicht mehr gerecht werden (Dai et al., 2018). Es besteht eine steigende Nachfrage nach realistischen GIS-Visualisierungen, die anspruchsvoller sind. Eine mögliche Lösung für dieses Problem ist die Integration von GIS in Augmented Reality (AR) (Dai et al., 2018). Projekte, dieser Art werden als AR-GIS bezeichnet und stellen räumliche Informationen in der realen Welt dar (Dai et al., 2018).

Ein Bereich, in dem realistische Darstellungen gefragt sind, um Entscheidungsprozesse zu vereinfachen, ist die Stadtplanung (Angelini et al., 2020). Augmented Reality (AR) Technologie ermöglicht es, räumliche Informationen in Form von 3D-Bauprojekten in die reale Umgebung einzubetten. Diese Visualisierung erfolgt in Echtzeit. Mit AR kann das Bauprojekt aus beliebigen Blickwinkeln betrachtet werden (Woodward, 2015). Auf diese Weise kann die Stadtplanung durch AR auf intuitive Weise gestaltet werden (Angelini et al., 2020).

Das Ziel von AR in der Stadtplanung besteht darin, durch interaktive Erfahrungen eine bessere Vorstellung von 3D-Bauprojekten in einer realen Umgebung zu erhalten und Informationen zu gewinnen (Suchita/Sujata, 2019; Ayer et al., 2019). Diese gewonnenen Informationen können genutzt werden, um die Bürgerbeteiligung in der Stadt attraktiver und effektiver zu gestalten. Ein unzureichendes oder mangelhaftes Einbeziehen der Bürger in stadtplanerische Prozesse sowie mangelnde Kommunikation können zu Vertrauensverlust und Konflikten führen. Aus diesem Grund ist es wichtig, Bürger zur aktiven Mitbestimmung zu ermutigen und sie rechtzeitig über stadtplanerische Entscheidungen zu informieren, um sie in den Gestaltungsprozess einzubeziehen (Fegert et al., 2021).

Nach dem Beteiligungsportal BaWü wird eine verstärkte Bürgerbeteiligung auch von engagierten Bürgern gefordert, was auf eine mangelnde Kommunikation zwischen Stadtplanern und Bürgern hinweisen kann (Beteiligungsportal BaWü). Interessierte Bürger möchten sich stärker in die stadtplanerische Politik einbringen und möchten diese aktiv mitgestalten, da sie mit der aktuellen Planung unzufrieden sind (Beteiligungsportal BaWü). Es wird auch betont, dass "Expertinnen und Experten nicht zwangsläufig über die 'richtigen' Erkenntnisse verfügen" (Beteiligungsportal BaWü). Daher kann der Einsatz von Augmented Reality (AR) Technologie hier eine entscheidende Rolle spielen (Suchita/Sujata, 2019). Indem ein Bauprojekt mit AR betrachtet wird, soll das Bewusstsein für die Situation und die Baupläne erhöht werden, was zu einer verbesserten Kommunikation zwischen der Stadt und den Bürgern führen soll (Woodward, 2015). Baupläne sind ein geeignetes Kommunikationsmittel zwischen sachkundigen Personen. Allerdings sind Pläne als universelles Kommunikationsmittel nicht ideal, wenn es um die Kommunikation zwischen Experten und der Öffentlichkeit geht (Gerger/Urban/Schranz 2023).

1.1 Zielsetzung

Der Fokus dieser Masterarbeit liegt in auf der Untersuchung der Auswirkungen einer Augmented Reality (AR) App auf die Bürgerbeteiligung im Kontext der Stadtplanung. Im Zentrum steht die Entwicklung besagter AR-App mithilfe des ArcGIS Maps SDK for Kotlin. Ziel ist es, den Bürgern zu ermöglichen, geplante Bauprojekte, sowie städtebauliche Veränderungen in ihrer realen Umgebung zu visualisieren und mit diesen Darstellungen zu interagieren.

Die konkreten Zielsetzungen dieser Forschungsarbeit lauten wie folgt:

- Ist eine Steigerung der Bürgerbeteiligung durch eine AR-App möglich?
- Können Missverständnisse durch eine AR-visualisierte Planung verhindert werden?
- Kann das Bewusstsein für die Interessen der Bürger auf Seiten der Experten der Stadtplanung bei zukünftigen Projekten durch AR-Technologie gestärkt werden?

1.2 Methodik und Vorgehensweise

Im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit erfolgt die Entwicklung einer innovativen mobilen Applikation. Diese Applikation nutzt die Augmented Reality (AR) Technologie, um eine immersive Erfahrung zu generieren. Ihr Fokus liegt auf der anschaulichen Darstellung komplexer 3D-Baupläne auf handelsüblichen Smartphones. Die nahtlose Integration von raumbezogenen Daten in die AR-App wird durch die Verwendung von ArcGIS for Kotlin realisiert. Dieser Ansatz legt das Fundament für eine akkurate Darstellung der Baupläne in ihrer räumlichen Umgebung.

Die AR-App soll vielfältige Perspektiven auf das Bauprojekt liefern und den Nutzern ermöglichen, aus unterschiedlichen Blickwinkeln darauf zuzugreifen. Hierbei können Echtzeitinformationen zu geplanten Gebäuden und Veränderungen abgerufen werden. Zudem bietet die Anwendung die Möglichkeit, virtuelle Rundgänge durch die geplante Umgebung zu unternehmen.

Parallel zur technischen Entwicklungsarbeit sieht das Forschungsdesign die Durchführung einer Bürgerbefragung vor. Diese Befragung zielt darauf ab, Einblicke in die Wahrnehmung eines Bebauungsplans mithilfe der AR-App zu gewinnen. Hierzu zählt insbesondere die Frage, ob sich die Präferenzen der Bürger verändern, wenn sie eine Bauplanung mittels der AR-App im Vergleich zu konventionellen 2D- oder 3D-Karten betrachten.

Die Untersuchung soll Erkenntnisse hervorbringen, die verdeutlichen, inwiefern moderne Technologien wie AR dazu beitragen kann, die Transparenz und den Informationsfluss im Kontext städtischer Planungsprozesse zu intensivieren. Zudem eröffnen sich Möglichkeiten, die Bürgerschaft verstärkt in die Entscheidungsfindung einzubinden.

2 Theoretische Grundlagen

Die Stadtplanung beinhaltet eine zukunftsorientierte Planung und Steuerung der räumlichen Entwicklung auf kommunaler Ebene. Sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten. Geoinformationssysteme (GIS) sind dabei eine wirksame Methode, um die Komplexität städtischer Umgebungen zu erfassen, räumliche Muster zu analysieren und Beziehungen zu visualisieren (Pahl-Weber/Schwartze 2018). Geografische Informationssysteme (GIS) ermöglichen eine effiziente und klare Präsentation von geografischen Daten, was dazu beiträgt, den Bürgerbeteiligungsprozess zu unterstützen (Batty 2017).

In Bezug auf die Bürgerbeteiligung bietet AR eine inklusive und leicht zugängliche Teilnahme an Planungsprozessen. AR fördert die Beteiligung an stadtplanerischen Projekten und unterstützt das Vorstellungsvermögen der Bürger, indem es virtuelle Informationen nahtlos in die reale Umgebung einbettet. AR kann als Instrument in der Stadtplanung verwendet werden, um die Verständlichkeit, die Nachvollziehbarkeit und die Zusammenarbeit zu fördern und komplexe Planungsprozesse anschaulicher zu gestalten (Feger et al. 2021).

Das Unternehmen ESRI stellt Software zur Verfügung, die in diesem Kontext für die Durchführung des AR-Projekts eingesetzt wird. Esri bietet eine breite Auswahl an GIS-Softwarelösungen, die Organisationen und Einzelpersonen dabei helfen, geografische Daten effizient zu nutzen (ESRI(d) 2023).

Darüber hinaus findet die Software R Studio Anwendung, um Analyse der Ergebnisse einer durchgeführten Umfrage durchzuführen. In diesem Kontext dient R Studio als Werkzeug, um die gesammelten Daten zu untersuchen und Zusammenhänge in den Umfragedaten zu identifizieren.

2.1 Bürgerbeteiligung in der Stadtplanung mit GIS

Im Allgemeinen bezieht sich die Stadtplanung auf die Planung und Steuerung der räumlichen Entwicklung auf kommunaler Ebene. Dabei ist das zukunftsorientierte Denken ausschlaggebend. Die Stadtplanung umfasst alle Aktivitäten in städtischen als auch in ländlichen Gebieten, die mit der Entwicklung der bebauten Umwelt in einer zukunftsorientierten Weise zusammenhängen (Pahl-Weber/Schwartze 2018). Es werden ökonomische, ökologische und soziale Ziele im Rahmen des politischen Entscheidungsprozesses räumlich umgesetzt (Pahl-Weber/Schwartze 2018). Charakteristisch für die Stadtplanung ist, dass sie jeder vernünftigen, rationalen Entscheidung eine gedankliche Vorwegnahme dessen, was in der Zukunft geschehen wird, vorausschickt (Pahl-Weber/Schwartze 2018). Um dies zu erreichen, werden wissenschaftliche Bezüge zur Stadtplanung in Form von Erhebungen, Prognosen und Methoden der Zielentwicklung eingesetzt. Hierzu werden, in den verschiedensten Formen, kreative Darstellungsmöglichkeiten verwendet (Pahl-Weber/Schwartze 2018). Formen von Darstellungsmöglichkeiten sind beispielweise Augmented Reality und GIS (Bill 2002; Angelini et al. 2020). GIS ist an dieser Stelle ein geeignetes Mittel, um die Komplexität städtischer Umgebungen zu erfassen und diese für den Betrachter darzustellen. Räumliche Muster, Beziehungen und Prozesse können analysiert und in der Stadtplanung integriert werden (Batty 2017).

So können Stadtplaner faktengestützte Strategien entwickeln und dadurch ein verbessertes Verständnis für die Planung generieren. Dies führt zu einer effektiveren Planungsstrategie (Batty 2017). Denn der Hauptbestandteil der Stadtplanung ist, der vom Menschen gestaltete und genutzte Raum. Dabei hat die Stadtplanung zwei zentrale Aufgaben (Pahl-Weber/Schwartz 2018). „Die Regulierung privater Landnutzungsrechte im öffentlichen Interesse sowie das damit einhergehende Konfliktmanagement und die Definition bestimmter Qualitäten von Räumen in baulicher, funktionaler und sozialer Hinsicht“ (Pahl-Weber/Schwartz 2018). Einer dieser beiden Konflikte ist die Berücksichtigung aller Interessen der unterschiedlichen Parteien. Hierbei spielt die Bürgerbeteiligung eine zentrale Rolle. Eine Auseinandersetzung von Bürgern und Politikern wie im Bauprojekt Stuttgart 21, hat gezeigt das Bürger Kritik an der Stadtplanung äußern und Mitbestimmung einfordern (Beteiligungsportal BaWü). Die Bürgerbeteiligung bezeichnet eine Beteiligung an der Planung und der Steuerung der räumlichen Entwicklung in der Stadt. Bürger werden bei einer Bürgerbeteiligung in stadtplanerischen Prozessen eingebunden, um Entscheidungen bei der räumlichen Gestaltung zu treffen (Beteiligungsportal BaWü). Hierbei wird zwischen zwei Formen der politischen Partizipation unterschieden. „Der „formelle“ Weg [und] der „informelle“ Weg“ (Beteiligungsportal BaWü). Beim formellen Weg werden direkte demokratische Verfahren durchgeführt. Hierzu zählen Wahlen und Volksabstimmungen. Der informelle Weg stellt eine Veranstaltung dar, bei der Bürger bei einer Entscheidungsfindung eingeladen werden. Dies wird während der Anfangsphase eines stadtbaulichen Prozesses durchgeführt, um sich frühzeitig über wichtige Themen und Interessen auszutauschen. In der Regel sollten beide Wege, formell und informell, durchgeführt werden, um das Expertenwissen der Stadtplanung zu erweitern (Beteiligungsportal BaWü).

Außerdem kann GIS als Instrument verwendet werden, um den Prozess der Bürgerbeteiligung zu unterstützen. Die Planung kann in Form von Geodaten in einer effizienteren und transparenter Weise aufgebaut werden, sodass sie anschaulicher präsentiert werden kann (Mund/Müller 2016). Durch die Bereitstellung von visuellen Darstellungen und interaktiven Karten bietet GIS eine geeignete Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren (Batty 2017). Dieser Einsatz, in Verbindung mit regelmäßiger Aktualisierung und fortlaufender Planungsfortschreibung, lässt die Verwaltungs- und Entscheidungsprozesse der Stadtplanung beschleunigen und ermöglicht gleichzeitig die Einbindung von Bürgern und weiteren verschiedenen Interessengruppen (Mund/Müller 2016). Wird die Planung dann in geeigneter Weise vorgestellt, können Bürger und andere Interessensgruppe mit ihrer eigenen Analyse Informationen vermitteln. Dieses gewonnene Wissen kann in der Geodatenverwaltung genutzt werden, um die Planung zu erweitern und zu verbessern (Mund/Müller 2016). Wichtig ist eine leicht verständliche Präsentation komplexer Planungsprozesse (Batty 2017).

2.2 Augmented Reality für die Bürgerbeteiligung

Wie von Azumo et al. im Jahr 2001 beschrieben, bezieht sich Augmented Reality (AR) auf eine computergestützte Wahrnehmung, bei der die physische Realität mit virtuellen Elementen erweitert wird (Azumo et al, 2001). AR bietet eine interaktive und dreidimensionale Erfahrung, indem reale und virtuelle Objekte kombiniert werden (Borko/Carmigniani 2011). Das Hauptziel von Augmented Reality besteht darin, die Darstellung der Daten zu vereinfachen, indem virtuelle Informationen in die reale Welt integriert werden. Dadurch wird die Wahrnehmung der realen Welt des Nutzers verbessert und die Interaktion damit intensiviert (Borko/Carmigniani 2011). In der Regel werden Tablets und Smartphones, sowie spezielle AR-Brillen verwendet, um Darstellungen dieser Art zu realisieren (Jaritz et al., 2022). Aus dem Blickwinkel der Tracking-Kameras werden virtuelle 3D-Objekte gerendert, um sie mit den Bildern der realen Szene in Übereinstimmung zu bringen. Die Positionierung der virtuellen Objekte in die echte Welt erfolgt, mit dem Endgerät, in der Regel über ein GPS. (Borko/Carmigniani 2011). Es gibt fünf Hauptkategorien von AR-Systemen: stationäre Systeme für den Innenbereich, stationäre Systeme für den Außenbereich, mobile Systeme für den Innenbereich, mobile Systeme für den Außenbereich und mobile Systeme für den Innen- und Außenbereich (Borko/Carmigniani 2011). Für diese Arbeit wird das mobile Systeme für den Außenbereich verwendet. Dieses System ermöglicht die Verwendung von Augmented Reality als Werkzeug zur Darstellung komplexer Planungsprozesse. (Suchita/Sujata 2019).

Der Einsatz des mobilen Systems für Augmented Reality bietet sowohl Vorteile als auch Nachteile. Heutige mobile Geräte sind fast immer mit Kameras ausgestattet, was sie zu einer der geeignetsten Plattformen für die Implementierung von Augmented Reality macht (Borko/Carmigniani 2011). Zudem verfügen die meisten Mobiltelefone über Beschleunigungsmesser, Magnetometer und GPS, die für Augmented Reality genutzt werden können. Jedoch sind bei Mobiltelefonen für Echtzeit-Bildverarbeitungsanwendungen immer noch begrenzt. Beispielsweise ist das GPS-System im mobilen Gerät nicht sehr präzise (Borko/Carmigniani 2011). Damit eine Augmented Reality Anwendung in einem mobilen Gerät optimal genutzt werden kann, sollte sie zudem subtil, diskret und unaufdringlich sein, um den Benutzer nicht zu irritieren (Borko/Carmigniani 2011). Ein weiterer Aspekt damit ein mobiles Gerät optimal genutzt werden kann ist, dass der Benutzer in der Lage sein sollte, auf natürliche Weise mit ihnen zu interagieren. Wenn die Interaktion zwischen dem Benutzer und dem mobilen Gerät unnatürlich ist, wird dies insbesondere in öffentlichen Umgebungen unangenehm auffallen (Borko/Carmigniani 2011). Ein erfolgreiches mobiles AR-System zeichnet sich also dadurch aus, dass es dem Benutzer ermöglicht, sich auf die Anwendung zu konzentrieren. Es ermöglicht dem Benutzer eine natürliche und sozial akzeptable Interaktion mit dem Gerät (Borko/Carmigniani 2011). Aus diesem Grund ist ein mobiles Gerät für die Darstellung von 3D Planungen geeignet.

Augmented Reality kann als Instrument in der Stadtplanung eingesetzt werden, um die Verständlichkeit, die Nachvollziehbarkeit, die Kollaboration und die Interaktion der Beteiligten in Planungsprozessen zu fördern. Dabei dient Augmented Reality als Ergänzung zu bestehenden Beteiligungsformaten (Feger et al. 2021). Zwischen Behörden und Interessengruppen kann Augmented Reality eingesetzt werden, um Prozesse durch verbesserte Kommunikation zu

beschleunigen (Gerger/Urban/Schranz 2023). Augmented Reality ermöglicht den Vergleich verschiedener Entwürfe für die Entwicklung eines städtischen Gebiets (Gerger/Urban/Schranz 2023). Aus der Perspektive der Bürgerinnen und Bürger können Technologien wie Augmented Reality nicht nur eine inklusive und leicht zugängliche Teilnahme fördern, sondern auch die Motivation zur Beteiligung steigern und das Vorstellungsvermögen unterstützen (Feger et al. 2021).

Um eine erfolgreiche Bürgerbeteiligung zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass alle Beteiligten eine gemeinsame Vorstellung von den betreffenden Konzepten haben (Fishkin 2009). Es ist jedoch absehbar, dass der Wissensstand und die Expertise der Interessengruppen ungleich verteilt sind und die individuelle Interpretation der präsentierten Konzepte voneinander abweichen können. Wenn dieser Prozess nicht durch klare Kommunikation abgefangen wird, sind Missverständnisse kaum zu vermeiden, was wiederum die erfolgreiche Teilnahme beeinträchtigen kann (Fishkin 2009).

2.3 ESRI

Esri (Environmental Systems Research Institute) ist ein Unternehmen, das sich auf Geoinformationssysteme spezialisiert hat. Es wurde im Jahr 1969 gegründet und hat seinen Hauptsitz in Redlands, Kalifornien, USA. Esri bietet GIS-Softwareprodukte und Softwarelösungen an für verschiedene Branchen und Anwendungsbereiche wie Umwelt, Landwirtschaft, Stadtplanung, Gesundheitswesen, Verkehr und viele andere (ESRI(d) 2023).

Die ArcGIS-Plattform von Esri ist eine der bekanntesten und am weitesten verbreiteten GIS-Softwarelösungen. Sie umfasst verschiedene Produkte und Dienstleistungen, die Organisationen und Einzelpersonen dabei unterstützen, geografische Daten zu nutzen, um fundierte Entscheidungen zu treffen, komplexe Probleme zu lösen und effektive Lösungen zu entwickeln. Die ArcGIS-Plattform bietet Desktop-Anwendungen zur Kartenerstellung und -analyse, webbasierte Anwendungen zur gemeinsamen Nutzung von Karten und Daten, mobile Anwendungen für den Einsatz im Feld, Geodatenbanken zur Speicherung und Verwaltung von geografischen Daten sowie Cloud-Dienste für die Skalierung und den Zugriff auf GIS-Ressourcen über das Internet (ESRI(d) 2023).

Esri ist weltweit in über 200 Ländern präsent und unterstützt eine Vielzahl von Organisationen, Regierungsbehörden, Unternehmen und gemeinnützigen Organisationen dabei, geografische Informationen effizient zu nutzen, um ihre Prozesse zu verbessern und fundierte Entscheidungen zu treffen (ESRI(d) 2023).

In der Masterarbeit wird die Android-App mithilfe des ArcGIS Maps SDK for Kotlin entwickelt, während die Umfrage und das Fragebogen mit ArcGIS Survey123 durchgeführt werden. Im Folgenden werden diese Komponenten kurz vorgestellt.

2.3.1 ArcGIS Maps SDK for Kotlin

Das ArcGIS Maps SDK for Kotlin ermöglicht es Entwicklern, native Anwendungen mit der Programmiersprache Kotlin zu erstellen. Es stellt Tools und Ressourcen zur Verfügung, um die Kartierungsfunktionen von ESRI ArcGIS in Android-Anwendungen mit Kotlin-Programmierung zu integrieren (ESRI(a) 2023). Mithilfe dieses SDKs können Entwickler auf verschiedene Kartierungsfunktionen zugreifen, mit geografischen Daten arbeiten, interaktive Karten erstellen und standortbezogene Dienste in ihre Kotlin-Projekte einbinden. Das ArcGIS Maps SDK for Kotlin bietet eine praktische und effiziente Möglichkeit, leistungsstarke Kartierungsanwendungen für Android-Geräte zu entwickeln. (ESRI(a) 2023).

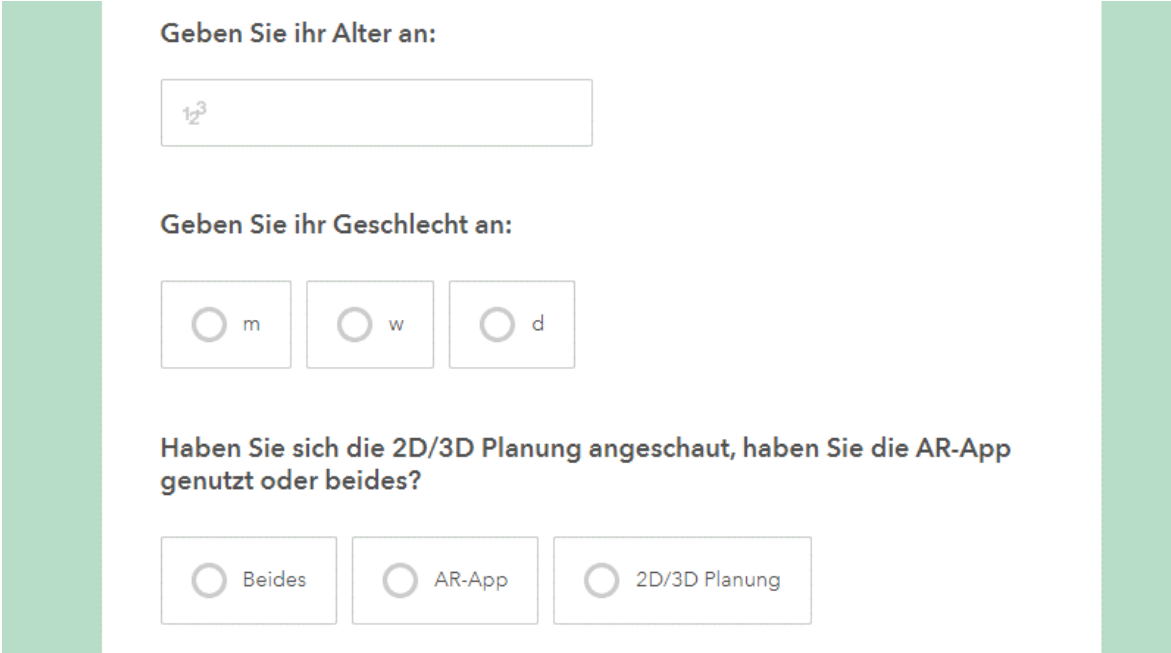
Für die Entwicklung der Augmented Reality werden folgende Features von der SDK genutzt (ESRI (a) 2023):

- Access services
 - Eine Authentifizierung mittels OAuth 2.0 wird verwendet, um auf die Services im ArcGIS Enterprise zuzugreifen.
- Display hosted data layers
 - In der Anwendung werden Szene Layer geladen, um sie dem Benutzer zu präsentieren.
- Camera
 - Durch die Verwendung der Kamera wird eine präzise Positionierung der Szene Layers ermöglicht. Dadurch können die Layer in der Anwendung korrekt ausgerichtet und dargestellt werden.

Außerdem wird das ArcGIS Runtime Toolkit Android verwendet, um eine Augmented Reality Szene darstellen zu können. Im ArcGIS Runtime Toolkit für Android sind Views enthalten, die in Kombination mit dem ArcGIS Runtime SDK für Android genutzt werden können. Das Toolkit verfügt über das ArcGISARView, das durch die Integration von SceneView mit ARCore die Nutzung von Augmented Reality (AR) ermöglicht (ESRI(b) 2023).

2.3.2 ArcGIS Survey123

ArcGIS Survey123 ist eine benutzerfreundliche Lösung zur Erfassung von Daten in Formularformat. Durch die einfache Drag-and-Drop-Funktion können Benutzer Fragebögen erstellen und die Abhängigkeiten zwischen den Fragen festlegen. Vor Ort haben die Benutzer die Möglichkeit, die Fragen zu beantworten. Die Antworten der Befragten werden als Features in einem Feature Layer gespeichert, das für weitere Analysen verwendet werden kann. ArcGIS Survey123 bietet eine effiziente Methode, Daten durch Fragebögen zu sammeln und zu verwalten (ESRI(c) 2023). Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des genutzten Fragebogens.



The image shows a screenshot of a survey form with three questions. The first question is 'Geben Sie ihr Alter an:' followed by a text input field containing '123'. The second question is 'Geben Sie ihr Geschlecht an:' followed by three radio button options: 'm', 'w', and 'd'. The third question is 'Haben Sie sich die 2D/3D Planung angeschaut, haben Sie die AR-App genutzt oder beides?' followed by three radio button options: 'Beides', 'AR-App', and '2D/3D Planung'. The form is framed by two vertical green bars on the left and right sides.

Abbildung 1: Ausschnitt des genutzten Fragebogens

Quelle: Eigene Aufnahme aus Survey123

2.4 Android Studio

Android Studio ist eine von Google entwickelte offizielle integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) für die Erstellung von Android-Apps. Mit Android Studio können Entwickler Android-Apps in verschiedenen Programmiersprachen wie Java, Kotlin und C++ erstellen (Android Studio 2023). Die IDE enthält einen Code-Editor mit intelligenten Code-Vervollständigungsfunktionen, Debugging-Tools, Emulatoren für verschiedene Android-Geräte, grafische Benutzeroberflächen zur Gestaltung der App-Oberfläche und viele weitere Tools (Android Studio 2023). Zusätzlich bietet Android Studio Zugriff auf das Android Software Development Kit (SDK), das verschiedene Programmierschnittstellen und Bibliotheken enthält, die für die Entwicklung von Android-Apps benötigt werden. Die IDE wird regelmäßig aktualisiert und verbessert, um den Entwicklern die besten Tools und Funktionen zur Verfügung zu stellen, um hochwertige und leistungsstarke Android-Apps zu erstellen. Es ist kostenlos verfügbar und kann von der offiziellen Android Studio-Website heruntergeladen werden (Android Studio 2023).

2.5 R Studio

R Studio ist eine integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) für die Programmiersprache R. Diese Software wurde entwickelt, um Data Science, Statistik und Datenanalyse effizienter und benutzerfreundlicher zu gestalten. R Studio bietet eine Vielzahl von Funktionen und Tools, darunter eine Text-Editor-Oberfläche, die die Programmierung in R erleichtert, sowie integrierte Funktionen für Datenvisualisierung, Datenerfassung und Datenmanagement (R-Studio 2023).

3 Methodik

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Darstellung des Bebauungsplans "Westlich der Erzbergerstraße zwischen New-York-Straße und Lilienthalstraße". Dieser Bebauungsplan strebt das Ziel an, brachliegende Flächen in der Nordstadt von Karlsruhe weiterzuentwickeln. Hierbei liegt der Fokus auf der Schaffung eines vielfältigen Wohnraums, der für eine Bevölkerungszahl von 3.200 bis 3.600 Einwohnern ausgelegt ist (Karlsruhe 2022). Eine Umsetzung dieses Plans ist als 3D Scene Layer innerhalb des ArcGIS Enterprise der Stadt Karlsruhe vorhanden. Es wird veranschaulicht, wie die Entwicklung einer AR-App möglich ist, die in der Lage ist, diese komplexen 3D-Daten anschaulich auf einem mobilen Gerät vor Ort darzustellen. Um die definierten Ziele dieser Forschungsarbeit zu erreichen, wurde eine quantitative Befragung durchgeführt. Dabei wird der Fragebogen präsentiert, der dazu dient, mittels der AR-App, relevante Erkenntnisse für dieses Bauprojekt zu gewinnen.

3.1 Bauprojekt vorstellen

Der Bebauungsplan „Westlich der Erzbergerstraße zwischen New-York-Straße und Lilienthalstraße“ liegt in der Nordstadt von Karlsruhe. Im Anhang 2 wird der Bebauungsplan dargestellt, im Anhang 3 die Legende.

Das Hauptziel dieses Bebauungsplans besteht darin, die Entwicklung von „ehemals militärisch genutzten und teilweise brachliegenden [oder] untergenutzten Flächen in der westlichen Nordstadt“ zu ermöglichen. Konkret bezieht sich das Planungsgebiet auf den Bereich zwischen der Erzbergerstraße und dem Alten Flugplatz Karlsruhe (Karlsruhe 2022). Die vorrangige Absicht besteht darin, eine vielfältige Wohnraumauswahl für etwa 3.200 bis 3.600 Menschen zu schaffen, insbesondere in bezahlbaren Preissegmenten. Ein weiteres wesentliches Ziel ist die Errichtung der erforderlichen Infrastruktur für den Stadtteil, einschließlich der Bereitstellung von Nahversorgungsmöglichkeiten. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Nachhaltigkeit gerichtet, wodurch das Quartier als wegweisendes Modell für zukünftige städtische Entwicklungen dienen soll (Karlsruhe 2022).

Das Planungsgebiet umfasst verschiedene Zonen, einschließlich „allgemeine[r] Wohngebiete, urbane[r] Gebiete, Gewerbegebiete, Gemeinbedarfsflächen [und einem Sondergebiet, das] für Einzelhandel, Büro[s], Dienstleistung[en] und Wohnen“ vorgesehen ist. Ein zentraler Quartiersplatz soll im nördlichen Teil des Gebiets entstehen (Karlsruhe 2022).

Zusätzlich ist die Errichtung einer Interimsschule mit Sporthalle geplant, um Schulen, die einer Sanierung bedürfen, zu unterstützen. Soziale Einrichtungen wie Kindertagesstätten und großflächiger Lebensmitteleinzelhandel für die Nahversorgung wurden im nördlichen Teil des

Planungsgebiets durch einen städtebaulichen Vertrag „mit der Eigentümerin der Flächen gesichert“ (Karlsruhe 2022). Darüber hinaus ist geplant, eine hochwertige Parkanlage westlich der Baufelder von Nord nach Süd zu schaffen (Karlsruhe 2022).

Das Gebiet des Bebauungsplans erstreckt sich über ungefähr 27,4 Hektar. Darüber hinaus sind externe Ausgleichsflächen von etwa 14 Hektar vorgesehen, die hauptsächlich in der Nordstadt sowie den Stadtteilen Neureut, Waldstadt und Oberreut liegen. „Der vorliegende Bebauungsplan wurde aus dem Flächennutzungsplan (FNP) 2030 des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe entwickelt“ (Karlsruhe 2022).

Am 24. Oktober 2018 fand eine öffentliche Informationsveranstaltung statt, um die Öffentlichkeit zu beteiligen. Im Anschluss wurde der Bebauungsplan „gemäß § 3 Abs. 2 BauGB in der Zeit vom 6. Dezember 2021 bis zum 21. Januar 2022“ öffentlich ausgelegt und die entsprechenden Bekanntmachungen am 26. November 2021 in der Stadtzeitung veröffentlicht (Karlsruhe 2022). Als Reaktion auf die während dieses Verfahrens eingegangenen Einwendungen und aufgrund vorgenommener Planungsänderungen wurde eine weitere Offenlage gemäß „§ 4a Abs. 3 i.V.m. § 3 Abs. 2 BauGB in der Zeit vom 25. Juli bis zum 2. September 2022“ durchgeführt (Karlsruhe 2022). Die Bekanntmachung für diese erneute Offenlage wurde am 15. Juli 2022 in der Stadtzeitung veröffentlicht (Karlsruhe 2022).

Ein zentraler Kritikpunkt, betraf die Höhe der Gebäude. Der Bürgerverein und die Anwohnerschaft äußerten kritische Bedenken bezüglich der Gebäudehöhen im südlichen Teil bis zur Lilienthalstraße, sowie entlang der Erzbergerstraße 117 und bei den denkmalgeschützten Flughafengebäuden, die bis zu 19 m hoch sind. Auch das Punkthochhaus am Quartiersplatz nördlich der Berufsakademie mit einer Höhe von 39 m wurde als problematisch angesehen. Nach den Diskussionen mit der Anwohnerschaft der Lilienthalstraße „und dem Bürgerverein im Mai 2022“ wurden entsprechende Schritte unternommen. „Die Gebäudehöhen entlang der Lilienthalstraße“ wurden von den ursprünglich geplanten 9,60 m auf 6,80 m reduziert. Einige Baufelder wurden aufgeteilt, um eine lockerere Bebauung zu ermöglichen (Karlsruhe 2022). Das denkmalgeschützten Flughafengebäuden „wurde von 19,50 m auf 13,50 m“ und damit von sechs auf vier Geschosse reduziert. Dennoch bleibt das Punkthochhaus am Quartiersplatz in der ursprünglichen geplanten Höhe bestehen, da das Punkthochhaus als räumlicher Orientierungspunkt beibehalten werden soll (Karlsruhe 2022). Die Gebäudehöhen und das Punkthochhaus am Quartiersplatz werden in die Befragung einbezogen, um festzustellen, ob die AR-App ein besseres Verständnis für das Bauvorhaben vermittelt oder eine alternative Perspektive aufzeigen kann.

Der Bebauungsplan verlangt, dass an den entsprechenden Standorten Bäume mit unterschiedlichen Kronengrößen (groß, mittel und klein) „als Hochstamm (mindestens in der Qualitätsstufe dreimal verpflanzt)“ gepflanzt werden müssen (Karlsruhe 2022). Es ist wichtig, dass diese Bäume in ihrer natürlichen Entwicklung gefördert, dauerhaft gepflegt und instandgehalten werden. Im Falle eines Ausfalls eines Baumes ist es erforderlich, ihn in der nächsten Pflanzperiode durch einen neuen Baum mit einer ähnlichen Wuchsklasse zu ersetzen.

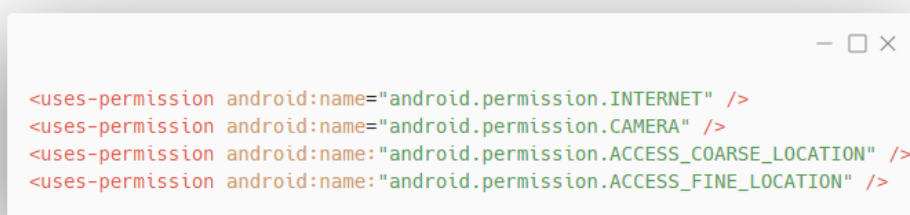
Es wird besonders darauf geachtet, dass eine angemessene Anzahl von Bäumen vorhanden ist (Karlsruhe 2022). In der Befragung wird auch die Anzahl der Bäume einbezogen, um festzustellen, ob die Ansicht der Bäume mit der 2D/3D-Karte der AR-App ähnlich ist oder ob Unterschiede festgestellt werden können.

3.2 Entwicklung der App

Im städtebaulichen Konzept "Westlich der Erzbergerstraße zwischen New-York-Straße und Lilienthalstraße" sind sechs Szenen-Layer eingebettet. Diese Szenen-Layer umfassen einen Nutzungs-Layer für die aktuelle und geplante Flächennutzung, einen Baum-Layer zur Hervorhebung von Baumpositionen, sowie vier Gebäude-Layer. Letzteres zeigt den aktuellen Zustand, die Rahmenplanung und die bevorstehende zukünftige Entwicklung. Diese Szenen-Layer werden im ArcGIS Enterprise der Stadt Karlsruhe gehostet. Die genannten Szenen-Layer dienen als Dienste zur Schaffung einer individuellen Szenenansicht in einer AR-App. Als Informationsquellen ermöglichen diese Layer die Erstellung einer einzigartigen dreidimensionalen Darstellung in der Entwicklungsplattform. Die gestaltete Szene, bietet eine interaktive Sicht zur präzisen Visualisierung und Erkundung räumlicher Informationen. Die Einbindung dieser Dienste in eine AR-App ermöglicht eine Nutzererfahrung, die auf intuitive Weise die Erkundung komplexer geografischer und städtebaulicher Daten bietet. Des Weiteren wird die AR-App eine Authentifizierung, eine Berechtigungsabfrage, eine Kamera-Steuerung und Schaltflächen zur Anpassung der AR-Szene besitzen.

Die Entstehung der AR-App erfolgt innerhalb der Entwicklungsumgebung von Android Studio in der Version "Flamingo 2022.2.1". Die Datenstruktur der AR-App umfasst vier Hauptkomponenten:

1. Der Manifest-Ordner enthält die Datei AndroidManifest.xml, die primär zur Berechtigungsverwaltung dient. Für die reibungslose Funktion der AR-App sind folgende Berechtigungen unerlässlich: Zugriff auf das Internet, Nutzung der Kamera sowie Positionsdaten via GPS. Die nachfolgende Code-Abbildung 2 zeigt die Parameter dieser genannten Berechtigungen.



```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.CAMERA" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
```

Abbildung 2: Berechtigungsparameter

Quelle: Eigene Darstellung

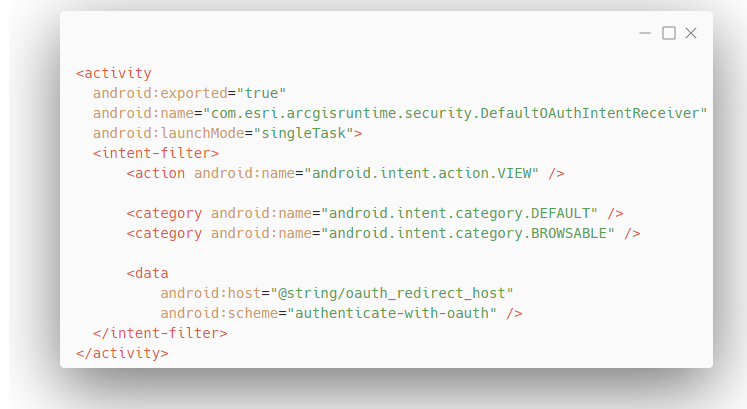
2. Im Bereich der Gradle-Skripte wird die ArcGIS Runtime SDK integriert und das AR-Toolkit eingebunden. Hierdurch eröffnet sich der Zugriff auf die Funktionen der SDK.

3. Im Ressourcen-Ordner können globale Variablen definiert werden. Außerdem befindet sich hier die Layout Datei activity_main.xml. Diese Datei fungiert als Konfigurationsdatei für die Benutzeroberfläche der AR-App. Android Studio bietet die Möglichkeit eines komfortablen Drag-and-Drop-Ansatzes zur Gestaltung dieser Oberfläche. Hier können Schaltflächen und die die Szenenansicht konfiguriert werden. In der folgenden Abbildung wird die Benutzeroberfläche der AR-App veranschaulicht. Diese Oberfläche ist mit 11 Schaltflächen und einer AR-Ansicht (arView) ausgestattet. Innerhalb der arView werden die Szenen-Layer visualisiert und die Kamera wird aktiviert.
4. Im Java-Ordner befinden sich diverse Dateien, wobei für die AR-App ausschließlich MainActivity.kt von Bedeutung ist. Die "MainActivity.kt" in Android Studio ist der zentrale Ort, an dem die Funktionalität und Logik der AR-App definiert wird. Sie steuert die Interaktion zwischen dem Benutzer und der App, verarbeitet Daten und ermöglicht die Implementierung von spezifischen Funktionen. Die "MainActivity.kt" enthält Lebenszyklus-Methoden wie onCreate(), onStart(), onResume(), onPause(), onStop(), onDestroy(). Diese Methoden werden vom Android-Betriebssystem aufgerufen, um den Zustand der App während ihres Lebenszyklus zu verwalten. Die Hauptverwendung in der AR-App konzentriert sich vor allem auf die onCreate()-Methode.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte zur Entwicklung der AR-App beschrieben.

Zunächst wird eine Authentifizierung gegenüber ArcGIS Enterprise aufgebaut. In ArcGIS Enterprise wird mithilfe von ArcGIS for Portal eine Anwendung erstellt. Diese Anwendung erhält eine eindeutige App-ID, die dazu verwendet wird, eine Kommunikation zwischen der AR-App und ArcGIS Enterprise zu ermöglichen.

In der Datei AndroidManifest.xml wird ein <activity>-Tag eingerichtet, um eine Benutzeroberfläche für die Authentifizierung bereitzustellen. Dies ermöglicht die Darstellung des Authentifizierungsdialogs. Eine veranschaulichende Darstellung dieses Aufbaus des <activity>-Tags wird in der folgenden Code-Abbildung 3 präsentiert.



```
<activity
  android:exported="true"
  android:name="com.esri.arcgisruntime.security.DefaultOAuthIntentReceiver"
  android:launchMode="singleTask">
  <intent-filter>
    <action android:name="android.intent.action.VIEW" />

    <category android:name="android.intent.category.DEFAULT" />
    <category android:name="android.intent.category.BROWSABLE" />

    <data
      android:host="@string/oauth_redirect_host"
      android:scheme="authenticate-with-oauth" />
    </intent-filter>
  </activity>
```

Abbildung 3: Authentifizierungssettings im Activity Tag

Quelle: Eigene Darstellung

Im Ressourcen-Ordner ist die Datei string.xml enthalten. Dort werden <string>-Tags erstellt, die für die Authentifizierung erforderlich sind. Insbesondere im oauth_client_id wird die App-ID angegeben. Die folgende Code-Abbildung 4 zeigt die benötigten <string>-Tags.

```
<resources>
  <string name="app_name">testAR</string>
  <string name="oauth_client_id">mEdrcfjj30oeiJQ</string>
  <!-- name="oauth_client_id">01ZWMoYq8cQzXNPr</string-->
  <string name="oauth_redirect_host">auth</string>
  <string name="oauth_redirect_uri">authenticate-with-oauth</string>
  <string
name="elevation_url">https://elevation3d.arcgis.com/arcgis/rest/services/WorldElevation3D/Terrain3D/ImageServer
</string>
</resources>
```

Abbildung 4: Authentifizierungsparameter

Quelle: Eigene Darstellung

Die Funktionalitäten der Authentifizierung werden in der Datei MainActivity.kt entwickelt. Hierbei werden die notwendigen Schritte zur Durchführung der Authentifizierung programmiert. Die nächste Code-Abbildung 5 zeigt den fertigen Code der Authentifizierung.

```
val oAuthConfiguration = OAuthConfiguration(
    null, getString(R.string.oauth_client_id),
    getString(R.string.oauth_redirect_uri) + "://" + getString(R.string.oauth_redirect_host)
)

val defaultAuthenticationChallengeHandler = DefaultAuthenticationChallengeHandler(this)

AuthenticationManager.setAuthenticationChallengeHandler(
    defaultAuthenticationChallengeHandler
    an OAuth configuration

AuthenticationManager.addOAuthConfiguration(oAuthConfiguration)
```

Abbildung 5: Code für die Authentifizierung

Quelle: Eigene Darstellung

Nach dem Start der AR-App erfolgt eine Abfrage von Benutzernamen und Passwort. Eine Darstellung dieser Interaktion wird in der nachfolgenden Abbildung 6 gezeigt. Bei erfolgreicher Anmeldung wird die AR-Szene geladen und visualisiert.

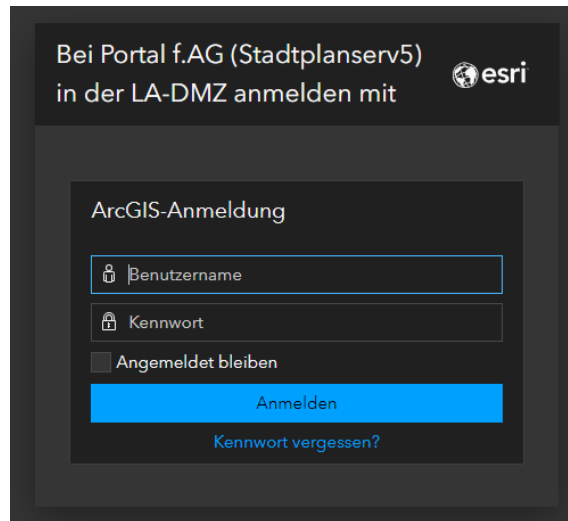


Abbildung 6: ArcGIS for Portal anmelde Fenster

Quelle: Eigene Aufnahme (Ausschnitt)

Bei erfolgreicher Anmeldung erscheint die AR-Szene auf dem Bildschirm. Dies ist in der Abbildung 7 zu sehen.

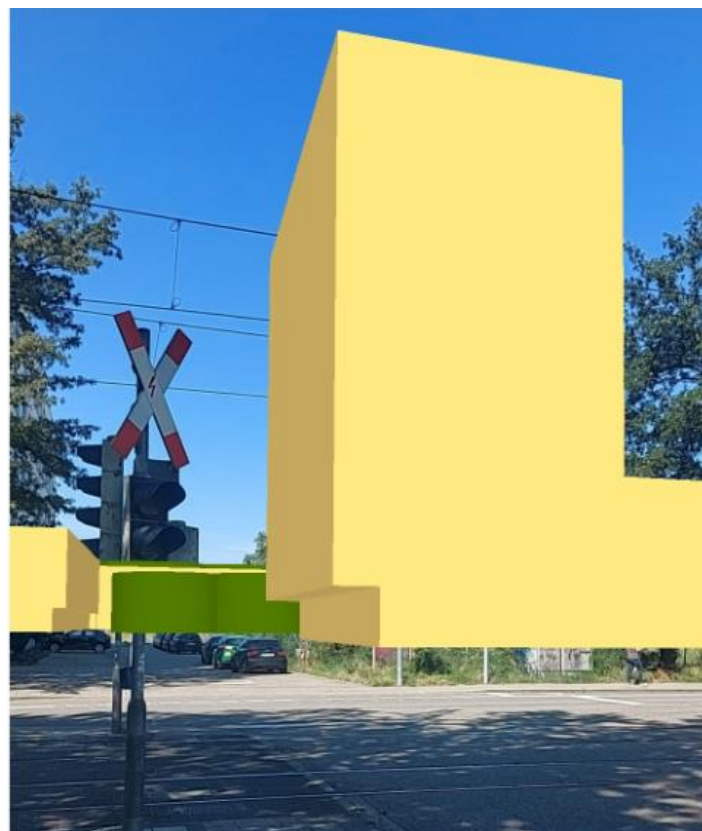


Abbildung 7: AR-Szene nach der Anmeldung

Quelle: Eigene Aufnahme

Zu Beginn wird die Authentifizierung verwendet, um es den Stadtplanern zu ermöglichen, das Projekt vor einer breiteren Bürgerbeteiligung intern zu testen. Im Kontext der beschriebenen AR-App stellt die Authentifizierung sicher, dass ausschließlich autorisierte Benutzer auf die AR-Funktionen zugreifen können und dass die Kommunikation mit dem ArcGIS Enterprise sicher und geschützt erfolgt. Im späteren Verlauf, wenn die App produktiv eingesetzt wird, kann die Authentifizierung deaktiviert werden, um allen Bürgern den Zugriff auf die Daten zu ermöglichen. Dies gewährleistet eine transparente und offene Bereitstellung der Informationen für die breite Öffentlichkeit.

Im nächsten Schritt erfolgt die Entwicklung, um die im AndroidManifest.xml angegebenen Berechtigungen vom Benutzer zu erhalten. Hierfür wurde eine neue Methode namens InitializePermissions() erstellt. Diese Methode überprüft, ob die AR-App die erforderlichen Berechtigungen für die Nutzung der Kamera erhalten darf. Falls dies nicht der Fall ist, wird dem Benutzer ein Abfragedialog angezeigt. Nach der Erlaubniserteilung kann die AR-App weiter machen und das Bauprojekt laden. Hierbei handelt es sich um einen wichtigen Prozess, bei dem die App die notwendigen Berechtigungen einholt, um auf bestimmte Geräteressourcen zugreifen zu dürfen. Die Methode InitializePermissions() stellt sicher, dass die App in der Lage ist, die Kamera und andere Ressourcen zu verwenden, um die AR-Funktionalität korrekt auszuführen.

Die Abfrage an den Benutzer sorgt dafür, dass die App den Zugriff auf solche Ressourcen nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Benutzers erhält. Dieser Schritt wird benötigt, um die Integrität und Vertraulichkeit der Nutzerdaten zu schützen. In nachfolgender Code-Abbildung 8 wird die Berechtigungsabfrage dargestellt.

```
private fun InitializePermissions() {
    if (!CheckPermission()) {
        RequirePermission()
    }
}

private fun CheckPermission(): Boolean {
    for (permission in PERMISSIONS) {
        if (ActivityCompat.checkSelfPermission(this, permission) !=
            PackageManager.PERMISSION_GRANTED
        ) {
            return false
        }
    }
    return true
}

private fun RequirePermission() {
    ActivityCompat.requestPermissions(this, PERMISSIONS, 1)
}
```

Abbildung 8: Code für die Berechtigungsabfrage

Quelle: Eigene Darstellung

Im Anschluss erfolgt die Entwicklung der AR-Funktionalitäten. Dabei greift das AR-Toolkit auf Google AR Core zurück, um die AR-Funktionalitäten zu ermöglichen (ESRI(b) 2023). Zu diesem Zweck wird in der AndroidManifest.xml ein neues <activity>-Tag erstellt. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Struktur dieses <activity>-Tags. Dieser Schritt wird in die Code-Abbildung 9 gezeigt, was dem AR-Toolkit ermöglicht, auf die erforderlichen Funktionen zuzugreifen.




```
<activity
  android:name=".MainActivity"
  android:exported="true"
  android:label="@string/app_name"
  android:theme="@style/Theme.AppCompat.Light">
  <intent-filter>
    <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
    <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
  </intent-filter>
  <meta-data
    android:name="com.google.ar.core"
    android:value="required" />
</activity>
```

Abbildung 9: Activity Tag für die AR-Funktionalitäten

Quelle: Eigene Darstellung

In der Datei MainActivity.kt wird ein mArView erstellt. Dieses Objekt ist in der Code-Abbildung 10 zu sehen, es verfügt über alle Eigenschaften, um eine AR-Szene darzustellen.



```
private lateinit var mArView: ArcGISARView
```

Abbildung 10: das mArView Objekt

Quelle: Eigene Darstellung

Die Szene ist zunächst leer und muss mit den Szenen-Layern aus dem ArcGIS Enterprise ergänzt werden. Die folgende Code-Abbildung 11 bietet ein Beispiel dafür, wie der Baum Szenen-Layer in die AR-Szenenansicht integriert wird.

```
val baeumeSceneLayer = ArcGISSceneLayer(  
    "https://geoportal.karlsruhe.de/server/rest/services/Hosted/Zukunft_Nord_Planung_Baeume_vereinfacht/SceneServer")  
val scene = ArcGISScene()  
scene.operationalLayers.add(baeumeSceneLayer)
```

Abbildung 11: Code für die Layer Integration

Quelle: Eigene Darstellung

Da die GPS-Position eines mobilen Gerätes aufgrund ihrer begrenzten Genauigkeit nicht immer präzise ist, wird in der Anwendung eine Startposition mittels eines Kamera-Objekts festgelegt. Die zusätzlichen Positionen werden ebenfalls definiert.

Im Kontext des AR-Toolkits von Esri bezieht sich das "Camera"-Objekt auf die in der Anwendung verwendete Kamera für die Augmented Reality-Ansicht. Diese Kamera repräsentiert das Sichtfeld des Benutzers und erlaubt die Einblendung virtueller Inhalte in die reale Umgebung, indem die Perspektive der Kamera mit computergenerierten Grafiken überlagert wird (ESRI(b) 2023).

Die nachfolgende Code-Abbildung 12 zeigt die verwendeten Kamerapositionen zusammen mit ihren geographischen Koordinaten. Dieser Ansatz ermöglicht eine genauere Positionierung der AR-Inhalte und trägt dazu bei, die visuelle Integration der virtuellen Elemente in die physische Umgebung zu verbessern.

```
val camera1 = Camera(49.027355, 8.386572, 114.0, 0.0, 90.0, 0.0 )  
val camera2 = Camera(49.027473, 8.384929, 114.40, 0.0, 90.0, 0.0 )  
val camera3 = Camera(49.027294, 8.383536, 114.10, 0.0, 90.0, 0.0 )
```

Abbildung 12: Kamera Positionen für die AR-App

Quelle: Eigene Darstellung

Die Initialposition wird durch die Verwendung von "camera1" festgelegt. Die Positionen "camera2" und "camera3" können mithilfe der Schaltflächen "position2" und "position3" genutzt werden. Die nachfolgende Code-Abbildung 13 veranschaulicht die Funktion der Schaltfläche für "position2".

```
val position2Btn = findViewById<Button>(R.id.position2)
position2Btn.setOnClickListener {
    mArView.originCamera = camera2
}
```

Abbildung 13: Code für die Schaltflächen Funktion

Quelle: Eigene Darstellung

Es gibt die Schaltflächen "switchBestand" und "switchNutzung" die dazu dienen, sowohl den Gebäude-Bestands-Szenen-Layer als auch den Nutzungs-Szenen-Layer ein- oder auszuschalten. Die folgende Code-Abbildung 14 veranschaulicht die Entwicklung des "switchBestand"-Schaltfläche.

```
val switchBestandBtn = findViewById<Button>(R.id.switchBestand)
switchBestandBtn.setOnClickListener {
    if (loadedBestand == false) {
        scene.operationalLayers.add(gebBestandSceneLayer)
        loadedBestand = true
    } else {
        scene.operationalLayers.remove(gebBestandSceneLayer)
        loadedBestand = false
    }
}
```

Abbildung 14: Code für die switchBestand Schaltfläche

Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Schaltflächen sind "Altitude+/-", "X+/-" und "Y+/-", welche die Möglichkeit bieten, die Position der Szenen-Layer anzupassen, falls die Anwendung Probleme bei der Platzierung der Layer hat. Die nachstehende Code-Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der "X+"- Schaltfläche. Die anderen Schaltflächen wurden nach der selben Struktur entwickelt.

```
val xBtnPlus = findViewById<Button>(R.id.xBtnPlus)
xBtnPlus.setOnClickListener {
    val oldCamera = mArView.originCamera
    val newX = oldCamera.location.x + 0.00001
    val newPoint = Point(newX, oldCamera.location.y, oldCamera.location.z)
    val newCamera = Camera(newPoint, oldCamera.heading, oldCamera.pitch, oldCamera.roll)
    mArView.originCamera = newCamera
}
```

Abbildung 15: Code für die X+/- Schaltfläche

Quelle: Eigene Darstellung

In der vorliegenden Abbildung 16 wird das abgeschlossene Design für die AR-App der präsentiert. Die entwickelten Schaltflächen sind in der oberen Region der Anwendung sichtbar. Eine großflächige weiße Zone fungiert als Anzeigefläche und wird von der Kamera des Smartphones gesteuert, um das AR-Projekt in Echtzeit darzustellen.



Abbildung 16: AR-Layout

Quelle: Eigene Darstellung

Im Anhang 4 wird die XML-Struktur des verwendeten Layouts veranschaulicht. Hierbei ist genau spezifiziert, an welcher Position jede Schaltfläche platziert wird. Zusätzlich wurde für jede dieser Schaltflächen eine eindeutige ID zugeordnet. Diese IDs ermöglichen eine unkomplizierte und effektive Methode, um auf jede individuelle Schaltfläche zuzugreifen und mit ihr zu interagieren. Diese detaillierte Beschreibung und die Zuweisung von IDs ermöglichen eine klare Strukturierung und eine präzise Steuerung der Benutzeroberfläche, um sicherzustellen, dass die gewünschten Funktionen reibungslos und effektiv genutzt werden können.

3.3 Beschreibung des Fragebogens

Zur Untersuchung des Bebauungsplans für das Areal "Westlich der Erzbergerstraße zwischen New-York-Straße und Lilienthalstraße" kommt eine quantitative Befragung im Zusammenhang mit der AR-App zum Einsatz. Diese Auswahl beruht auf der Fähigkeit der quantitativen Befragungsmethode, umfassende Datensätze effizient zu erfassen und auszuwerten. Es ist ebenfalls anzumerken, dass quantitative Befragungen hinsichtlich verschiedener Charakteristika klassifiziert werden können, die von besonderer Relevanz für die Beurteilung des Bebauungsplans sind (Abacioglu/Böhmert 2023).

Zur Durchführung der Befragung wurden drei diskrete Gruppen gebildet, wobei den Teilnehmern keine Kenntnis über ihre jeweilige Gruppenzugehörigkeit vorliegt. Die Zuordnung der Befragten zu den Gruppen erfolgte zufällig. Die drei definierten Gruppen umfassen:

1. Die erste Gruppe betrachtet zunächst die 2D/3D Karte und setzt anschließend die AR-App ein.
2. Die zweite Gruppe nutzt ausschließlich die AR-App zur Betrachtung des Bebauungsplans.
3. Die dritte Gruppe betrachtet lediglich die zweidimensionale (2D) und dreidimensionale (3D) Karte des Areals.

Diese differenzierte Gruppeneinteilung zielt darauf ab, verschiedene Ansätze zur Erkundung des Bebauungsplans zu vergleichen und daraus Erkenntnisse über die Wirkung der unterschiedlichen Betrachtungsweisen auf die Wahrnehmung und Einschätzung des Plans zu gewinnen. Nach Abacioglu und Böhmert hinsichtlich der Notwendigkeit einer klaren Definition der Zielgruppe zur Gewährleistung adäquater Ergebnisse (Abacioglu/Böhmert 2023), wurde für die Befragung die Zielgruppe der Bewohner von Karlsruhe gewählt, die regelmäßig das betreffende Gebiet des Bebauungsplans durchqueren. Durch diese Festlegung der Zielgruppe soll die Einblicke und Perspektiven von Personen einfangen, die unmittelbar von den geplanten Veränderungen und Entwicklungen in diesem Gebiet betroffen sind oder eine enge Beziehung zu diesem haben. Die Befragung der drei festgelegten Gruppen erfolgt gleichermaßen in vormittäglichen und nachmittäglichen Zeitfenstern. Dieses Vorgehen garantiert eine ausgewogene Datenerhebung, die verschiedene Tageszeiten miteinbezieht. Zusätzlich ist es ein gezieltes Ziel der Befragung, sowohl jüngere als auch ältere Bürger einzubeziehen. Hierdurch wird eine breite Palette von Meinungen und Ansichten sichergestellt (Abacioglu/Böhmert 2023). Ein weiterer Aspekt der Untersuchung ist die Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit einer AR-App für Personen, die weniger häufig ein Smartphone verwenden. Diese Ausrichtung der Befragung zielt darauf ab, die Zugänglichkeit der AR-Technologie für Personen zu ermitteln, die weniger vertraut mit mobilen Geräten sind. Indem diese Personen in die Untersuchung einbezogen werden, können Erkenntnisse über potenzielle Hindernisse oder Herausforderungen bei der Nutzung der App gewonnen werden.

Dies wiederum trägt dazu bei, die Nutzererfahrung zu verbessern und sicherzustellen, dass die Technologie für eine breite Palette von Bürgern zugänglich ist. Ergänzend dazu werden die Teilnehmer der Befragung auch danach gefragt, ob sie über Kenntnisse im Bereich der 3D-Darstellungen, Architektur und Stadtplanung verfügen, sowie an Bürgerbeteiligungsinitiativen teilnehmen oder sich über städtische Bauprojekte informieren.

Im Fragebogen werden ausschließlich geschlossene Fragen verwendet. Diese Fragen bieten eine vordefinierte Anzahl von Antwortmöglichkeiten, „aus welchen die befragte Person eine einzige (Einfachnennung) oder potenziell mehrere (Mehrfachnennung) auswählen kann“ (Abacioglu/Böhmer 2023). Dieser Ansatz ermöglicht eine klare Strukturierung der Antworten und erleichtert die spätere Auswertung der Daten (Abacioglu/Böhmer 2023). Der Fragebogen wird durch die Anwendung von Survey123 erstellt, wobei gleichzeitig die Datenerfassung der Befragung mithilfe derselben Software in einem FeatureLayer organisiert wird. Der Fragebogen ist im Anhang 1 zu finden.

3.4 In R Studio und statistische Berechnungen

Zuerst werden die Ergebnisse der Umfrage aus Survey123 exportiert. Dies geschieht in der Regel in Form einer Excel-Datei. Die exportierte Excel-Datei wird dann in R Studio als Dataset importiert, diese Daten liegen in R Studio anschließend als Dataset vor. In R Studio werden statistische Berechnungen durchgeführt, um Zusammenhänge in den Umfrageergebnissen zu identifizieren. Hierzu gehören der Chi-Quadrat-Test und der Fisher-Exact-Test, die dazu dienen, Korrelationen zwischen verschiedenen Variablen zu überprüfen. Falls statistisch signifikante Korrelationen zwischen den Umfragevariablen gefunden werden, wird die Stärke dieser Korrelationen mit Hilfe der Rangkorrelation von Spearman berechnet. Als Signifikanzniveau wird in diesem Analyseprozess ein Wert von 5% gewählt. Dies bedeutet, dass statistische Ergebnisse als signifikant betrachtet werden, wenn die Wahrscheinlichkeit, dass sie zufällig auftreten, weniger als 5% beträgt.

Einige Analyse werden in Form von Diagrammen und Kreuztabellen präsentiert. Bei den Diagrammen wird auf Balkendiagramme zurückgegriffen, um die Daten visuell und verständlich darzustellen.

Da in vielen Fällen ähnliche Abläufe wiederholt werden, wurde eine Funktion in R entwickelt, die mit zwei Parametern aufgerufen wird. Diese Funktion führt die Berechnung des Chi-Quadrat-Tests und die des Fisher-Exact-Tests durch. Zudem stellt sie die Ergebnisse der eingegebenen Parameter in Form einer Kreuztabelle zur Verfügung. Die folgende Code-Abbildung 18 zeigt die erstellte Funktion.



```
function(q1,q2){
  KT <- xtabs(~ q1 + q2)
  print(KT)
  print(chisq.test(q1, q2))
  print(fisher.test(q1, q2))
  n1 <- sum(KT)
  e1 <- outer(rowSums(KT), colSums(KT))/n1
  print(n1)
  e1
}
```

Abbildung 17: R Studio Code Funktion für die statistische Berechnung

Quelle: Eigene Darstellung

4 Ablauf der Befragung

Die aus Google Maps kopierte Abbildung 19 zeigt einen Ausschnitt des Bebauungsplans aus der Vogelperspektive dar. Innerhalb dieser Abbildung sind drei Positionen markiert.

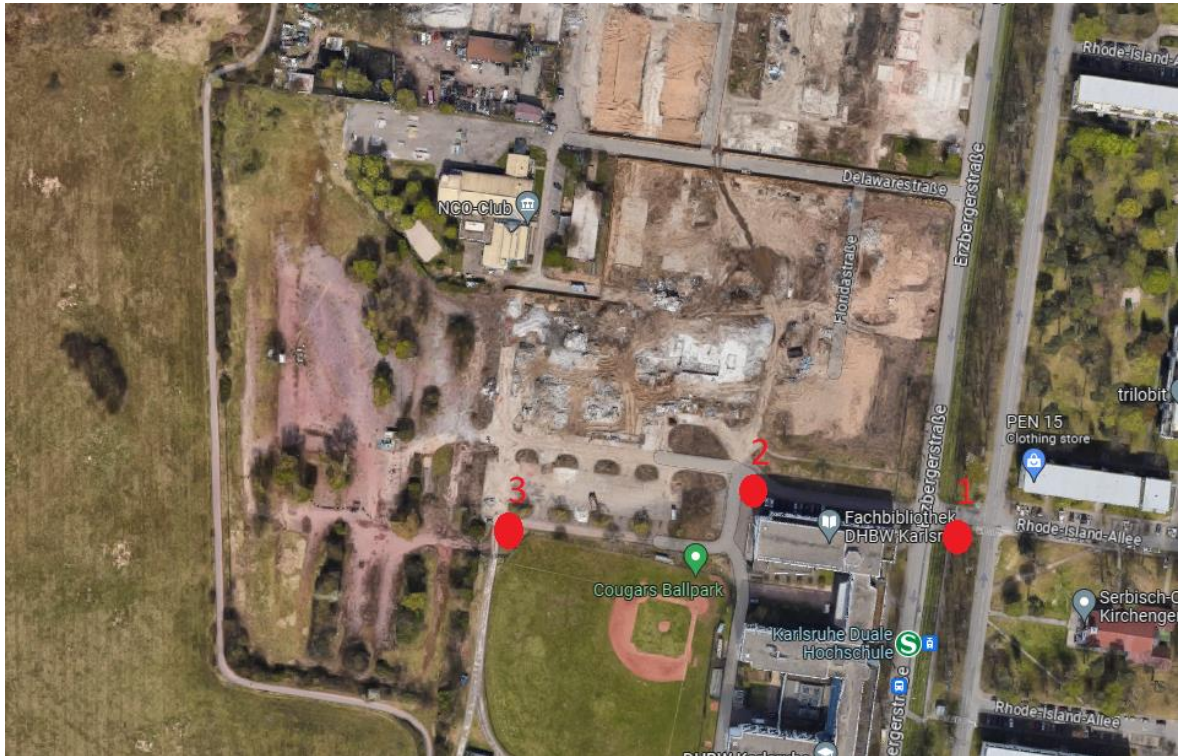


Abbildung 18: Sattelenbild des Bebauungsplans

Quelle: Google Maps (Ausschnitt)

Position 1 fungiert dabei als Startpunkt, von dem die Teilnehmenden ihre räumliche Begehung beginnen. Es ist von Bedeutung, dass alle drei unterschiedlichen Gruppen konsequent denselben Startpunkt verwenden. Die Teilnehmenden werden instruiert, ausgehend von ihren jeweiligen Standorten den Bebauungsplan zu evaluieren. In diesem Kontext durchlaufen sie schrittweise die räumlichen Positionen, wobei der Bebauungsplan sowohl in konventioneller kartografischer Form als auch mithilfe der Augmented Reality (AR)-App betrachtet wird.

Die exakten geografischen Koordinaten der folgenden drei Positionen sind wie folgt festgelegt:

Position 1: UTM-Koordinaten 32U E: 455157 N: 5430678, Höhe: 114,00 m.

Position 2: UTM-Koordinaten 32U E: 455037 N: 5430692, Höhe: 114,40 m.

Position 3: UTM-Koordinaten 32U E: 454935 N: 5430673, Höhe: 114,10 m.

Vor der eigentlichen Feldbegehung erhalten alle Teilnehmenden eine ausführliche Einweisung in den spezifischen Bebauungsplan. Diese Instruktion beinhaltet eine Einführung in die Interpretation des Plans, die Erklärung der Legende, die Identifikation der Gebäudehöhen und die Zuweisung von Bereichen für die geplanten Fußgängerwege, Radfahrerwege, sowie die Verteilung der Bäume. Durch diese Vorabinformationen wird gewährleistet, dass alle Befragten über eine gleichwertige Wissensbasis verfügen, um den anschließenden Fragebogen adäquat auszufüllen. Zusätzlich wird

darauf geachtet, auch ältere Teilnehmende in die Befragung einzubeziehen. Dies ist von Bedeutung, da die AR-Technologie dazu beitragen soll, dass auch die ältere Generation in der Lage ist, diese zu nutzen. Der Fokus soll nicht ausschließlich auf jüngeren Menschen liegen. Hierdurch soll ermittelt werden, ob die AR-Technologie eine barrierefreie Bedienung für alle Altersgruppen ermöglicht und somit die Partizipation unabhängig von der Altersstruktur fördert.

Die erste Versuchsgruppe (Gruppe 1) setzt sich aus Teilnehmenden zusammen, die den Bebauungsplan in sowohl 2D als auch 3D sowie die AR-App betrachteten. Diese Gruppe führt die räumliche Begehung zweimal durch.

Die zweite Versuchsgruppe (Gruppe 2) besteht aus Teilnehmenden, die ausschließlich die AR-App zur Begutachtung des Bebauungsplans verwenden. Diese Gruppe hatte keinen Einblick in die 2D/3D-Planung, wurde jedoch vor Ort über die geplanten Bauwerke, Sichtlinien sowie relevante Details wie Gebäudehöhen und Bäume Verteilungen informiert.

Die dritte Versuchsgruppe (Gruppe 3) setzte sich aus Teilnehmenden zusammen, die ausschließlich die 2D/3D-Karte in Augenschein nehmen. Ähnlich wie bei Gruppe 1 erhalten auch sie eine Einweisung über den Bebauungsplan.

Es wird darauf geachtet, dass die Befragungen stets innerhalb desselben Zeitrahmens durchgeführt werden. Dies gewährleistet, dass beispielsweise Gruppe 1 nicht ausschließlich am Vormittag anwesend sind, sondern auch zu anderen Zeitpunkten. Jeder Teilnehmer ist über seine Zuordnung zu einer bestimmten Gruppe nicht informiert, wodurch gewährleistet wird, dass die Auswahl zufällig erfolgt. Die Dauer der Befragung variiert je nach Gruppe. Gruppe 1 benötigt etwa 30 Minuten, während Gruppe 2 und 3 durchschnittlich 15 Minuten beanspruchen.

Nachdem alle räumlichen Positionen durchlaufen sind, können die Teilnehmenden den bereitgestellten Fragebogen mittels der Survey123-App ausfüllen. Hierzu haben sie die Möglichkeit, entweder durch das Scannen eines QR-Codes auf ihrem persönlichen Gerät den Fragebogen auszufüllen, ein anderes verfügbares Gerät zu nutzen oder konventionell auf Papier zu arbeiten. Diese vielfältige Datenerhebung ermöglicht eine individuelle Wahl entsprechend den Präferenzen der Teilnehmenden.

Die Abbildung 20 zeigt die 3D-Darstellung des Bebauungsplans, während in Anlage 2 die 2D-Karte zu finden ist. Im Verlauf der Arbeit wird der Begriff *2D/3D-Planung* verwendet, um zu erklären, welche Gruppe welche Darstellung des Bebauungsplans verwendet hat. Auf der Abbildung sind die geplanten Gebäude in gelber Farbe dargestellt, während die grünen Zylinder die Bäume mit ihrer geplanten Breite und Höhe repräsentieren. Die Verkehrsflächen sind auf der Abbildung 20 in brauner und grauer Farbe markiert.



Abbildung 19: 3D-Darstellung des Bebauungsplans

Quelle: Eigene Aufnahme

In der Abbildung 21 fällt ein Hochhaus auf, welches das Punkthochhaus am Quartiersplatz neben der Schule darstellt. Dieses Gebäude ist die erste Position, die die Teilnehmer begutachten und bewerten. Die Abbildung 21 zeigt die Darstellung aus der Augmented Reality (AR)-App, wobei die Verkehrsflächen in dieser Ansicht nicht eingeblendet sind.

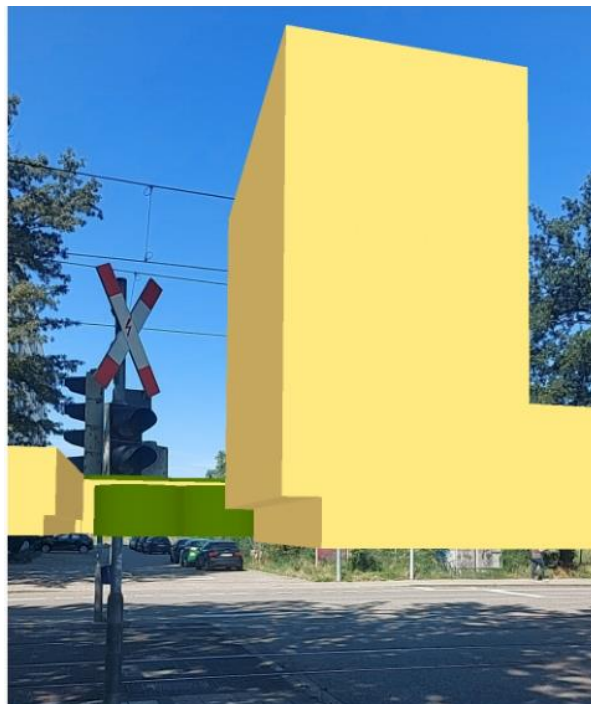


Abbildung 20: Punkthochhaus am Quartiersplatz

Quelle: Eigene Aufnahme

Die folgende Abbildung 22 bietet einen Einblick in das Innere der Baustelle. Hier ist deutlich zu erkennen, dass sich auch die Straßenführung ändern wird und das Gebiet in Zukunft mit zahlreichen Gebäuden und Bäumen bebaut sein wird. Im linken Bildteil der Abbildung 22 ist die zuvor ausgeblendete Verkehrsfläche sichtbar. Diese Verkehrsfläche kann von den Teilnehmern nach Bedarf aktiviert werden, wie in der rechten Bildseite dargestellt. Ein Vergleich zwischen der Darstellung der Verkehrsflächen im 2D-Bebauungsplan in Anhang 2 und der 3D-Szene sowie in der AR-App zeigt, dass die 2D-Planung die Verkehrsflächen detaillierter darstellt. Die Analyse wird darauf abzielen, wie gut die Teilnehmer die Verkehrsflächen verstehen oder erkennen können.

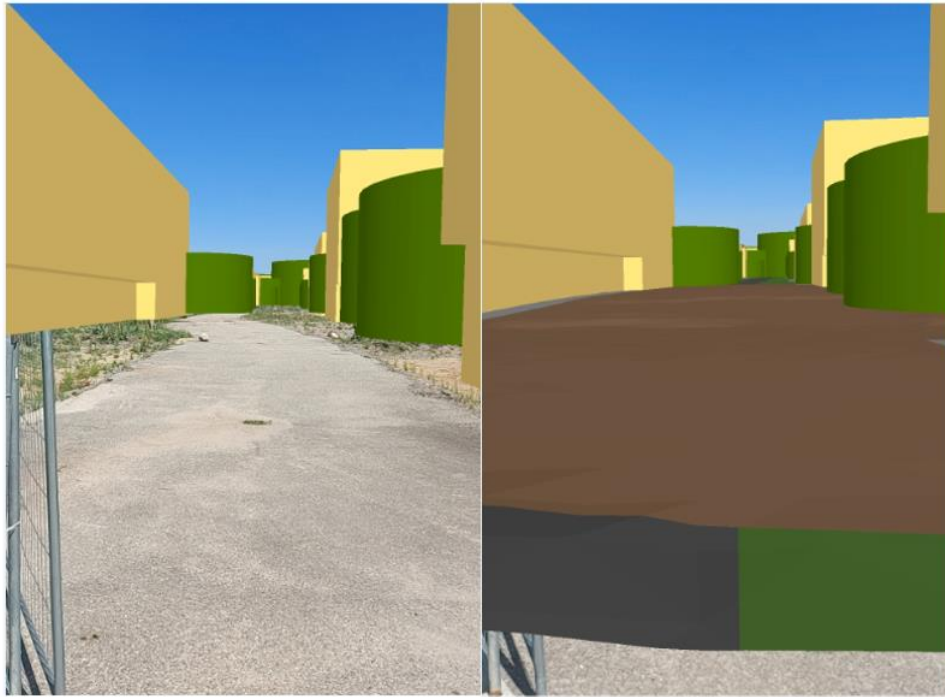


Abbildung 21: Darstellung der Verkehrsflächen in AR im ausgeblendeten Zustand (links) und eingeblendeten Zustand (rechts)

Quelle: Eigene Aufnahme

5 Auswertung der Bürgerbefragung

Die Befragung dieser Studie hatte insgesamt 90 Teilnehmer. Von diesen waren 51 männlich und 39 weiblich, was eine geschlechtliche Verteilung in etwa ausgewogener Proportion darstellt. Der jüngste Teilnehmer war 21 Jahre, während die älteste Person in der Stichprobe 82 Jahre alt war. Dieses breite Altersspektrum innerhalb der Stichprobe ermöglicht es, Aussagen und Schlussfolgerungen über verschiedene Altersgruppen hinweg zu ziehen und potenzielle altersbedingte Unterschiede in den Ergebnissen zu analysieren. Der Durchschnitt des Alters in der Stichprobe beträgt, auf zwei Dezimalstellen gerundet, 34,67 Jahre. Dieser Durchschnittswert gibt an, dass das durchschnittliche Alter der Teilnehmer in etwa Mitte dreißig liegt. Darüber hinaus wurde der Median des Alters in der Stichprobe ermittelt und beträgt 28 Jahre. Der Median ist der Mittelwert der beiden mittleren Werte in einer sortierten Liste von Altersangaben. In diesem Fall bedeutet ein Median von 28 Jahren, dass die Hälfte der Teilnehmer jünger als 28 Jahre und die andere Hälfte älter als 28 Jahre ist. Dieser Wert verdeutlicht, dass die Stichprobe eine Altersvielfalt aufweist, wobei die Mehrheit der Teilnehmer

unter 28 Jahre alt ist. Der niedrigere Altersdurchschnitt könnte auch dadurch erklärt werden, dass der Bebauungsplan direkt in der Nähe der Dualen Hochschule Baden-Württemberg liegt, und daher viele junge Studenten in diesem Bereich unterwegs sind. Dies könnte einen Einfluss auf die Alterszusammensetzung der Teilnehmer an der Befragung gehabt haben.

Das Hauptziel dieser Studie besteht darin, die Auswirkungen der Implementierung einer Augmented Reality App auf die Bürgerbeteiligung zu analysieren. Zu diesem Zweck wurden zehn Hypothesen formuliert, die dazu dienen, die Forschungsfragen dieser Arbeit zu beantworten.

5.1 Mit höherem Alter ist die Bedienung der AR-App schwieriger

Die erste Hypothese untersucht, dass die Bedienung der Augmented Reality (AR)-App als anspruchsvoller wahrgenommen werden könnte, je älter die Nutzer sind. Es wird angenommen, dass ältere Menschen Schwierigkeiten bei der Handhabung der AR-App haben könnten, da sie weniger vertraut mit neuer Technologie sind. Dies ist eine wichtige Annahme, da die Zugänglichkeit der App für alle Altersgruppen gewährleistet sein sollte, um die Bürgerbeteiligung effektiv zu fördern und sicherzustellen, dass die Planung für die gesamte Bevölkerung zugänglich ist. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden in die Studie Probanden unterschiedlichen Alters einbezogen.

Um die Hypothese zu untersuchen, wurden sowohl Gruppe 1 als auch Gruppe 2 herangezogen, die beide die Möglichkeit hatten, das Bauprojekt mithilfe der Augmented Reality (AR) zu begutachten. Zur Durchführung der Hypothesenanalyse empfiehlt es sich, zunächst eine Kreuztabelle zu erstellen. Die folgende Tabelle 1 zeigt die Kreuztabelle:

Tabelle 1: Kreuztabelle mit dem Alter der Teilnehmer und der Frage Wie war die Bedienung der AR-App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung) .

	1	2	3	4	5	Total
22	0	0	0	0	2	2
23	0	0	0	0	4	4
24	0	0	0	0	6	6
25	0	0	0	0	5	5
26	0	0	0	0	5	5
27	0	0	0	0	4	4
28	0	0	0	0	3	3
29	0	0	0	0	3	3
30	0	0	0	0	1	1
32	0	0	0	0	1	1
33	0	0	0	0	2	2
34	0	0	0	0	4	4
36	0	0	0	0	2	2
38	0	0	0	0	2	2
41	0	0	0	0	1	1
42	0	0	0	0	1	1
45	0	0	0	0	2	2
48	0	0	0	0	1	1
51	0	0	0	0	1	1
53	0	0	0	0	1	1
59	0	0	0	0	2	2
63	0	0	0	0	2	2
66	0	0	0	1	0	1
67	0	0	0	0	1	1
68	0	0	0	1	0	1
78	0	0	0	1	0	1
82	0	0	0	1	0	1
Total	0	0	0	4	56	60

Quelle: Eigene Darstellung

In Bezug auf die Frage *Wie war die Bedienung der AR-App?* (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung), ist zu sehen, dass die Teilnehmer ausschließlich die Bewertungen 4 und 5 abgegeben haben. Dies bedeutet, dass die Mehrheit der Teilnehmer die Bedienung der AR-App als äußerst einfach oder sehr einfach empfunden haben.

In der folgenden Abbildung 23 wird das Ergebnis dargestellt, um zu überprüfen, ob eine Korrelation zwischen den beiden Faktoren, nämlich dem Alter und der Bedienbarkeit der App, vorliegt.

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 60, df = 26, p-value = 0.0001677
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.002061 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 22: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die erste Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Nach der Durchführung des Chi-Quadrat-Tests ergab sich für die Hypothese ein äußerst niedriger p-Wert von 0.0001677. Ein solch niedriger p-Wert deutet darauf hin, dass es eine signifikante Korrelation oder Assoziation zwischen den untersuchten Variablen gibt. Dies legt nahe, dass die Hypothese mit hoher Wahrscheinlichkeit gültig ist und es tatsächlich eine Beziehung zwischen den betrachteten Faktoren gibt.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass der Chi-Quadrat-Test spezifische Annahmen hinsichtlich der erwarteten Zelhäufigkeiten in der Kreuztabelle macht. Eine dieser Annahmen besagt, dass keine erwarteten Zelhäufigkeiten unter fünf liegen sollten. Wenn diese Annahme verletzt wird, ist der Fischer-Exact-Test eine geeignete Alternative. In diesem Fall zeigt die Kreuztabelle, dass Werte unter fünf vorhanden sind. Daher wurde zusätzlich der Fischer-Exact-Test durchgeführt, der einen p-Wert von 0.002061 ergab. Auch dieser p-Wert ist sehr niedrig und bestätigt die Existenz einer signifikanten Korrelation zwischen den Variablen.

Da festgestellt wurde, dass eine Korrelation zwischen den beiden Faktoren vorliegt, wird nun der Spearman-Rangkorrelationskoeffizient verwendet, um die Stärke dieses Zusammenhangs genauer zu quantifizieren und zu bewerten. Die folgende Abbildung 24 zeigt das Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation.

```
spearman's rank correlation rho

data: Alter$Alter and Alter$`wie war die Bedienung der AR-App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung)`
S = 51429, p-value = 0.0006266
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
  rho
-0.428967
```

Abbildung 23: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der ersten Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Der berechnete Rangkorrelationskoeffizient beträgt -0.428967. Dieser Wert deutet auf einen mittleren Zusammenhang zwischen den beiden Variablen hin. Konkret bedeutet dies, dass es einen signifikanten, aber nicht übermäßig starken Zusammenhang zwischen dem Alter der Teilnehmer und der wahrgenommenen Bedienbarkeit der App gibt. Die negative Korrelation impliziert, dass mit steigendem Alter die wahrgenommene Bedienbarkeit der App tendenziell schwieriger wird.

5.2 Mit höherem Alter ist die Akzeptanz der AR-App gering

Die zweite Hypothese konzentriert sich auf die Bereitschaft älterer Bürger, die Augmented Reality (AR)-App zu akzeptieren und aktiv zu verwenden. Die Frage nach der Akzeptanz von neuen Technologien, insbesondere bei älteren Menschen, ist von besonderem Interesse, da sie potenziell einen wichtigen Einfluss auf die Effektivität und die Reichweite von technologiebasierten Bürgerbeteiligungsinitiativen haben kann.

Es besteht die Annahme, dass ältere Menschen aufgrund ihres geringeren Engagements mit mobilen Technologien möglicherweise eine geringere Bereitschaft zur Nutzung der AR-App zeigen könnten. Dies könnte auf eine geringere Vertrautheit mit Smartphones, Apps und Augmented Reality-Technologie zurückzuführen sein. Infolgedessen könnten sie zögern, sich aktiv an städtischen Planungsdiskussionen über diese innovative Plattform zu beteiligen.

Um diese Annahme zu überprüfen, wurden die Gruppen 1 und 2, analysiert. Es wurde untersucht, ob das Alter der Teilnehmer in Zusammenhang damit steht, ob eine Augmented Reality (AR)-App für sie einen Anreiz darstellt, sich intensiver mit den Bauprojekten der Stadt zu befassen. Sieben Teilnehmer gaben an, dass sie sich bereits mit den Bauprojekten beschäftigen und gerne weiterhin eine AR-App verwenden würden. Die nachstehende Tabelle 2 zeigt die betreffenden Teilnehmer.

Tabelle 2: Teilnehmer, die sich mit Bauprojekten beschäftigen und ob Sie AR auch nutzen würden.

Alter	Ja	Nein
28	1	0
68	1	0
27	1	0
25	1	0
36	1	0
29	1	0
45	1	0

Quelle: Eigene Darstellung

Die Teilnehmerzahl ist zu gering, um eine aussagekräftige Korrelationsanalyse durchzuführen. Außerdem haben alle Teilnehmer angegeben, dass Augmented Reality (AR) für sie einen Anreiz darstellen würde.

In der nachfolgenden Kreuztabelle (Tabelle 3) wird dargestellt, ob eine Augmented Reality (AR)-App als Anreiz für diejenigen 53 Teilnehmer betrachtet wurde, die angaben, sich nicht mit den Bauprojekten der Stadt zu beschäftigen. Innerhalb einer Altersspanne von 22 bis 82 Jahren gaben 43 Teilnehmer an, dass sie eine AR-App als Anreiz empfinden würden, während 10 Teilnehmer angaben, dass dies nicht der Fall wäre.

Tabelle 3: Teilnehmer, für die eine AR-App ein Anreiz wäre

	Ja	Nein	Total
22	1	1	2
23	4	0	4
24	5	1	6
25	3	1	4
26	4	1	5
27	3	0	3
28	2	0	2
29	2	0	2
30	0	1	1
32	1	0	1
33	1	1	2
34	4	0	4
36	1	0	1
38	2	0	2
41	1	0	1
42	1	0	1
45	1	0	1
48	0	1	1
51	1	0	1
53	1	0	1
59	2	0	2
63	1	1	2
66	1	0	1
67	0	1	1
78	0	1	1
82	1	0	1
Total	43	10	53

Quelle: Eigene Darstellung

Der Chi-Quadrat-Test ergab ein Ergebnis mit einem p-Wert von 0.3251, was auf einen hohen p-Wert hinweist. Da der p-Wert über dem 5% Signifikanzniveau liegt, kann davon ausgegangen werden, dass das Alter keinen Einfluss auf die Hypothese hat. Da in der Kreuztabelle viele Werte unter fünf liegen, sollte auch das Ergebnis des Fischer-Exakt-Tests betrachten. Hier liegt der p-Wert bei 0.3614, was ebenfalls deutlich über dem Signifikanzniveau liegt. Es zeigt sich, dass das höhere Alter keinen Einfluss darauf hat, ob jemand eine AR-App als Anreiz empfindet oder nicht. Die folgende Abbildung 25 zeigt das Ergebnis der Berechnungen.

Pearson's Chi-squared test	
data: q1 and q2	
X-squared = 27.632, df = 25, p-value = 0.3251	
Fisher's Exact Test for Count Data	
data: q1 and q2	
p-value = 0.3614	
alternative hypothesis: two.sided	

Abbildung 24: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die zweite Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Da die Kreuztabelle viele Werte unter 5 aufweist, kann eine Kreuztabelle mit den erwarteten Werten zeigen, dass es hier nur sehr geringe Unterschiede zwischen den beobachteten und erwarteten Werten gibt. Darüber hinaus zeigen die Werte in der Spalte mit der Bezeichnung "2", die der Antwort "Nein" entspricht und bedeutet, dass kein Anreiz für AR vorhanden ist, ebenfalls sehr geringe Unterschiede auf. Daher lässt sich die Hypothese, dass mit höherem Alter die Akzeptanz der AR-App geringer ist, nicht unterstützen. Die folgende Tabelle 4 zeigt die Kreuztabelle mit den erwarteten Werten.

Tabelle 4: Teilnehmer, für die eine AR-App ein Anreiz wäre (erwartete Werte)

	1	2	Total
22	1.6226415	0.3773585	2
23	3.2452830	0.7547170	4
24	4.8679245	1.1320755	6
25	3.2452830	0.7547170	4
26	4.0566038	0.9433962	5
27	2.4339623	0.5660377	3
28	1.6226415	0.3773585	2
29	1.6226415	0.3773585	2
30	0.8113208	0.1886792	1
32	0.8113208	0.1886792	1
33	1.6226415	0.3773585	2
34	3.2452830	0.7547170	4
36	0.8113208	0.1886792	1
38	1.6226415	0.3773585	2
41	0.8113208	0.1886792	1
42	0.8113208	0.1886792	1
45	0.8113208	0.1886792	1
48	0.8113208	0.1886792	1
51	0.8113208	0.1886792	1
53	0.8113208	0.1886792	1
59	1.6226415	0.3773585	2
63	1.6226415	0.3773585	2
66	0.8113208	0.1886792	1
67	0.8113208	0.1886792	1
78	0.8113208	0.1886792	1
82	0.8113208	0.1886792	1
Total	43	10	53

Quelle: Eigene Darstellung

5.3 Die Nutzung der AR-App beeinflusste die Meinung der Gebäudehöhen, der geplante Bäume, der geplanten Verkehrsflächen

Die dritte Hypothese ist auf die Auswirkungen der Augmented Reality (AR)-App auf die Meinungen der Bürger bezüglich spezifischer Aspekte der Stadtplanung ausgerichtet. Es wird angenommen, dass die visuelle Darstellung in AR eine Wirkung auf die Meinungsbildung der Bürger haben kann und dazu führen könnte, dass sie ihre Ansichten und Einstellungen zur städtischen Planung ändern.

Um diese Hypothese zu analysieren, werden alle drei Gruppen in Betracht gezogen. In dieser Analyse wird untersucht, wie sich die Meinung der Teilnehmer aus Gruppe 1 verändert hat, nachdem sie die 2D-Karte und die 3D-Szene betrachtet haben und anschließend die AR-App verwendet haben. Hierbei interessiert insbesondere die Häufigkeit der Teilnehmer, die angeben, dass sich ihre Meinung geändert hat. Im nächsten Schritt wird die Fähigkeit von Gruppe 2, die ausschließlich die AR-App genutzt hat, die Planung zu verstehen, der Gruppe 3 gegenübergestellt, die nur die 2D/3D-Planung verwendet hat, analysiert.

In der nachfolgenden Abbildung 26 wird die Einschätzung der Teilnehmer aus Gruppe 1 hinsichtlich der Vorstellbarkeit des hohen Gebäudes neben der Schule dargestellt. Die Mehrheit der Teilnehmer, was eine Gruppe von 20 Personen umfasst, gab an, sich das Gebäude in etwa vorstellen zu können. Sechs Teilnehmer konnten sich dies weniger gut vorstellen, während vier angegeben haben, sich das Gebäude gut vorstellen zu können.

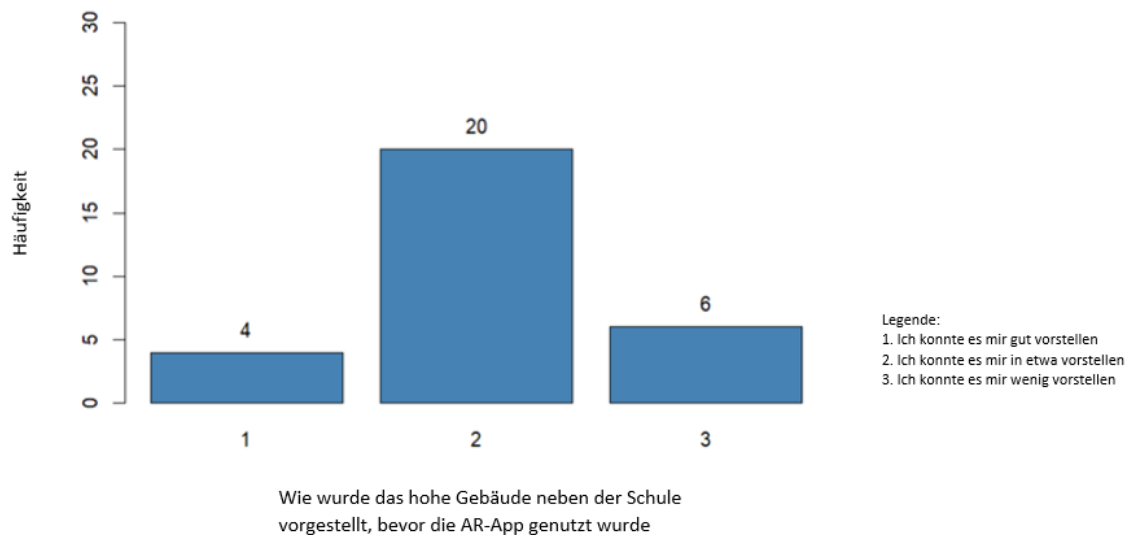


Abbildung 25: Vorstellbarkeit des hohen Gebäudes neben der Schule

Quelle: Eigene Darstellung

In der nächsten Abbildung 27 wird veranschaulicht, wie sich die Meinung der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Nutzung der AR-App verändert hat. Von den neun Teilnehmern haben angegeben, dass die AR-App keine Auswirkungen auf ihre Vorstellung hatte, was bedeutet, dass sie ihre Meinung im Vergleich zu der vorherigen Frage nicht geändert haben. Hingegen gaben 20 Teilnehmer an, dass sie das Gebäude in der 2D/3D-Karte größer eingeschätzt haben als bei der Darstellungsweise in der AR-App. Ein Teilnehmer hingegen stellte sich das Gebäude in der 2D/3D-Karte kleiner vor.

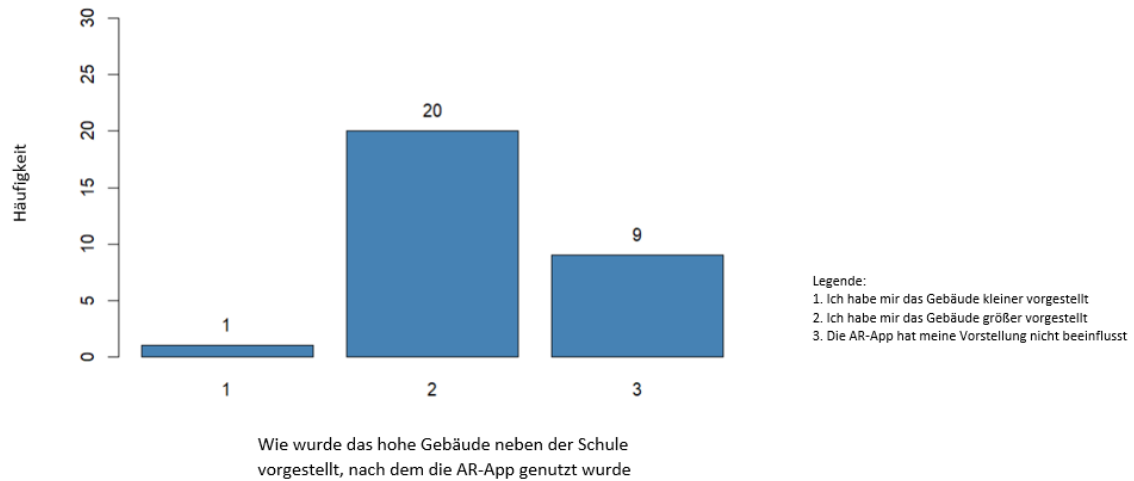


Abbildung 26: Meinung der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Nutzung der AR-App

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgenden Abbildungen veranschaulichen, wie die Teilnehmer aus Gruppe 1 die Höhe des Gebäudes neben der Schule wahrgenommen haben. Die Abbildung 28 zeigt, dass 22 Teilnehmer das Gebäude neben der Schule als zu hoch empfunden haben, als sie es mit der 2D/3D-Karte betrachtet haben. In der Abbildung 29 ist zu sehen, dass von den 30 Teilnehmern 21 ihre Meinung geändert haben, nachdem sie die AR-App genutzt haben.

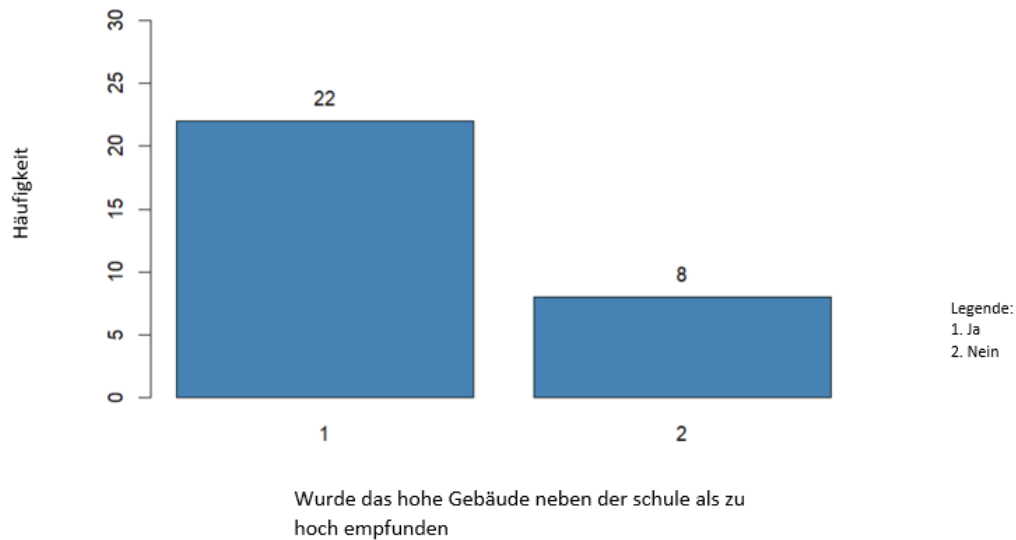


Abbildung 27: Empfindung der Höhe des Gebäudes neben der Schule

Quelle: Eigene Darstellung

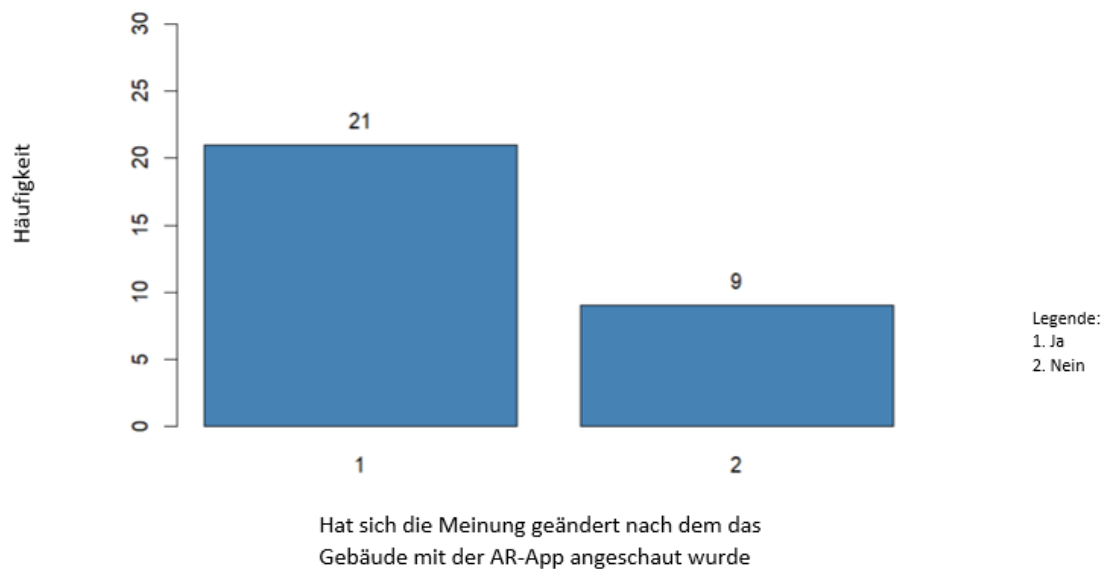


Abbildung 28: Meinungsänderung der Empfindung der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Nutzung der AR-App

Quelle: Eigene Darstellung

Die Frage, ob das Gebäude zu hoch ist oder nicht, kann anhand der folgenden Tabelle 5 beantwortet werden. Die Reihe gibt die Werte für die Frage *Empfanden Sie die Höhe des Gebäudes neben der Schule als zu hoch, bevor Sie die AR-App genutzt haben?* an, während die Spalte die Werte für die Frage *Hat sich Ihre Meinung zu der Höhe des Gebäudes neben der Schule verändert, als Sie sich das Gebäude mit der AR-App angeschaut haben?* angibt. Von den 21 Teilnehmern, die angaben, dass Sie ihre Meinung geändert haben, gaben 15 an, dass das Gebäude zu hoch sei, während sechs Teilnehmer angaben, dass nicht zu hoch sei. Das bedeutet, dass 15 Teilnehmer der Ansicht sind, dass das Gebäude nicht mehr als zu hoch empfunden wird, und sechs Teilnehmer nun der Meinung sind, dass es zu hoch ist. Von den Teilnehmern, die ihre Meinung nicht geändert haben, gaben sieben Teilnehmer an, dass das Gebäude zu hoch ist, während 2 Teilnehmer angaben, es sei nicht zu hoch. Dies führt zu dem Ergebnis, dass insgesamt 13 Teilnehmer das Gebäude als zu hoch empfinden, wobei 6 von ihnen zuvor angegeben hatten, dass es nicht zu hoch sei.

Tabelle 5: Kreuztabelle, ob das Gebäude für die Teilnehmer zu hoch ist oder nicht

	Ja	Nein	Total
Ja	15	7	22
Nein	6	2	8
Total	21	9	30

Quelle: Eigene Darstellung

In Bezug auf die Wahrnehmung der Höhe der anderen Gebäude gaben alle Teilnehmer der Gruppe 1 an, dass die Höhe der Gebäude als angemessen empfunden wird. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Augmented Reality (AR)-App keine Veränderung der Meinung der Teilnehmer bezüglich der Höhe der anderen Gebäude bewirkte. Dies deutet darauf hin, dass es keinen Unterschied zwischen der 2D/3D-Darstellung und der AR-App für die Teilnehmer gab. Weitere Analysen sind hier daher nicht erforderlich.

Die Bewertung der Anzahl der Bäume in der Planung durch Gruppe 1 zeigt sich in den Abbildungen 30. Dort ist zu sehen, dass 28 Teilnehmerangaben, die Anzahl der Bäume in der Planung als angemessen zu empfinden, während zwei Teilnehmerangaben, dass die Anzahl der Bäume zu gering sei. Nachdem die Teilnehmer die AR-App zur Bewertung der Baumanzahl verwendet hatten, gaben 28 Teilnehmer an, dass ihre Meinung unverändert geblieben sei, während sich bei 2 Teilnehmern die Meinung von "zu wenig Bäume" zu "die Anzahl ist angemessen" geändert hat (Abbildung 31).

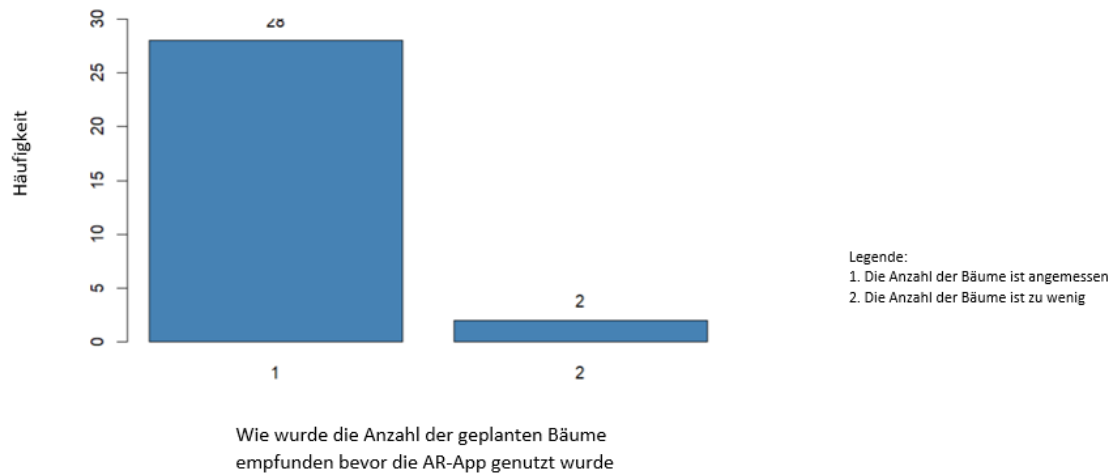


Abbildung 29: Empfindung Anzahl Bäume vor der AR-App Nutzung

Quelle: Eigene Darstellung

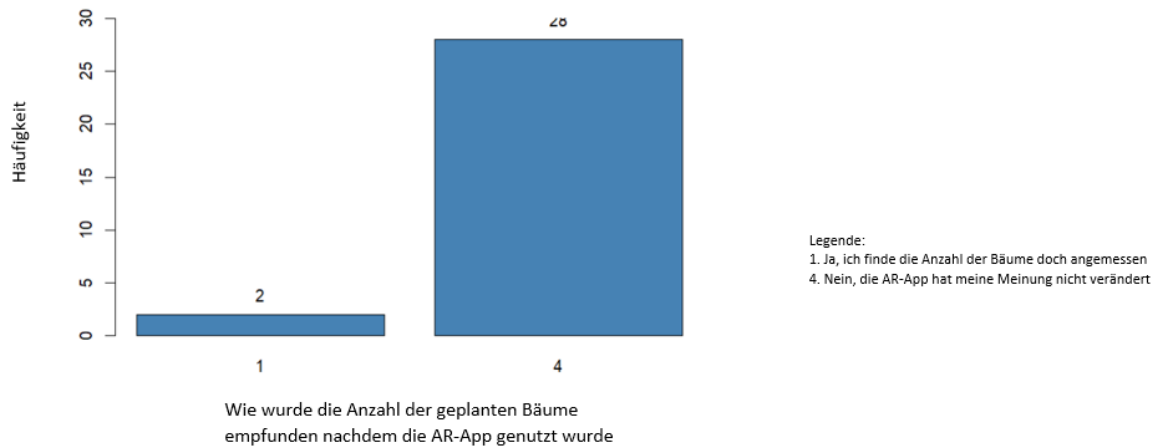


Abbildung 30: Empfindung Anzahl Bäume nach der AR-App Nutzung

Quelle: Eigene Darstellung

In Bezug auf die Aufteilung der Verkehrsflächen vertraten alle 30 Teilnehmer der ersten Gruppe die Ansicht, dass die Verteilung angemessen sei, als sie sie auf der 2D/3D-Karte betrachteten. Nach der Verwendung der Augmented Reality (AR)-Anwendung gaben 24 Teilnehmer an, dass sie die Verkehrsflächen nicht eindeutig erkennen konnten. Sechs Teilnehmer gaben an, dass sich ihre Meinung nicht geändert hat. In der folgenden Abbildung 32 sind die Werte veranschaulicht.

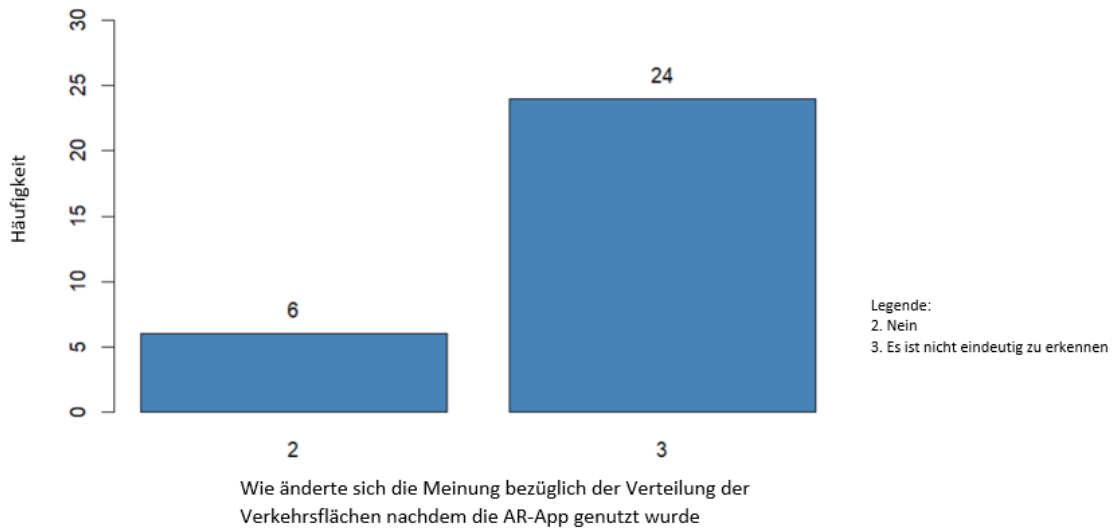


Abbildung 31: Meinungsänderung, Verteilung der Verkehrsfläche nach der AR-App Nutzung

Quelle: Eigene Darstellung

Nun erfolgt ein Vergleich zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 hinsichtlich des hohen Gebäudes, der Höhe der anderen Gebäude, der Verteilung der Bäume und der Verkehrsflächen. Dies dient dazu, die Meinungen der Teilnehmer zu analysieren, die jeweils mit einer unterschiedlichen Darstellungsvariante gearbeitet haben.

In den folgenden Tests wird untersucht, ob Teilnehmer, die die AR-App genutzt haben, sich das hohe Gebäude besser vorstellen können als diejenigen, die die AR-App nicht genutzt haben. Die folgende Kreuztabelle (Tabelle 6) veranschaulicht die Werte von Teilnehmern, die die AR-App genutzt haben und ihre Angaben bezüglich der Frage *Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass neben der Schule ein 39m hohes Gebäude platziert wird. Wie konnten Sie sich das hohe Gebäude vorstellen? (1 = Ich konnte es mir gut vorstellen, 2 = Ich konnte es mir in etwa vorstellen, 3 = Ich konnte es mir wenig vorstellen, 4 = Ich konnte es mir gar nicht vorstellen)*. Unter den 60 Teilnehmern hat keiner die Angabe gemacht "Ich konnte es mir gar nicht vorstellen".

Tabelle 6: Vorstellung des hohen Gebäudes neben der Schule

	1	2	3	4	Total
AR-Nutzung	21	9	0	0	30
2D/3D Karte	3	18	9	0	30
Total	24	27	9	0	60

Quelle: Eigene Darstellung

Der folgende Chi-Quadrat-Test (Abbildung 32) ergab einen P-Wert von 2.902e-06, was auf einen äußerst niedrigen P-Wert hinweist und deutlich unterhalb des Signifikanzniveaus von 5% liegt. Dies deutet darauf hin, dass eine Korrelation vorliegt. Aufgrund der Tatsache, dass nicht alle Werte in der Kreuztabelle mindestens 5 betragen, wurde auch ein Fisher-Exact-Test durchgeführt. Dieser ergab einen P-Wert von 5.377e-07, was darauf hindeutet, dass hier eine Korrelation vorliegt.

Pearson's Chi-squared test
<pre>data: q1 and q2 X-squared = 25.5, df = 2, p-value = 2.902e-06</pre>
Fisher's Exact Test for Count Data
<pre>data: q1 and q2 p-value = 5.377e-07 alternative hypothesis: two.sided</pre>

Abbildung 32: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die dritte Hypothese (Darstellung Gebäude Höhe)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Stärke dieser Korrelation kann mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten ermittelt werden. Bei der Berechnung ergab sich ein Rangkorrelationskoeffizient von 0.6514074, was auf eine mittelstarke positive Korrelation hinweist. Das bedeutet, dass Teilnehmer, die die AR-App genutzt haben, tendenziell angegeben haben, sich die Darstellung gut vorstellen zu können (Abbildung 34).

spearman's rank correlation rho
<pre>data: AR_Gruppe23\$`Haben Sie die AR-App genutzt?` and AR_Gruppe23\$`Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass neben der schule ein 39m hohes Gebäude platziert wird. wie konnten sie sich das hohe Gebäude vorstellen?` S = 12546, p-value = 1.738e-08 alternative hypothesis: true rho is not equal to 0 sample estimates: rho 0.6514074</pre>

Abbildung 33: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der dritten Hypothese (Darstellung Gebäude Höhe)

Quelle: Eigene Darstellung

Ob die Teilnehmer das hohe Gebäude neben der Schule als zu hoch empfinden, kann man anhand der folgenden Analyse erkennen. In der Kreuztabelle (Tabelle 7) zeigt sich eine nahezu gleichmäßige Verteilung bei Gruppe 3, den Nutzern von 2D/3D-Karten. In Gruppe 2, den Nutzern von AR-Apps, überwiegt hingegen die Angabe „Nein“, dass das hohe Gebäude nicht als zu hoch empfunden wird.

Tabelle 7: Empfindung der Teilnehmer, ob das Gebäude neben der Schule zu hoch ist oder nicht

	Ja	Nein	Total
AR-Nutzung	8	22	30
2D/3D Karte	16	14	30
Total	24	36	60

Quelle: Eigene Darstellung

Der Chi-Quadrat-Test (Abbildung 35) ergab ein Ergebnis von 0.06509, was knapp über dem 5%-Signifikanzniveau liegt. Dies deutet darauf hin, dass keine signifikante Korrelation zwischen diesen Variablen besteht.

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2
X-squared = 3.4028, df = 1, p-value = 0.06509

Abbildung 34: Ergebnis Chi-Quadrat-Test für die dritte Hypothese (Empfindung Gebäude Höhe)

Quelle: Eigene Darstellung

Da die Mitglieder von Gruppe 2 und Gruppe 3 die Höhe der anderen Gebäude als angemessen empfinden, ist hier keine weitere Analyse erforderlich.

Im Folgenden wird untersucht, wie die Teilnehmer die Anzahl der Bäume im Bebauungsplan wahrnehmen. In der nachfolgenden Tabelle 8 ist eine Kreuztabelle dargestellt, die verdeutlicht, dass Gruppe 2 weitgehend einheitlich der Ansicht ist, dass die Anzahl der Bäume angemessen ist, wenn sie die AR-App verwenden. Bei Gruppe 3 hingegen zeigt sich, dass einige Teilnehmer der Meinung sind, dass die Anzahl der Bäume als zu gering empfunden wird.

Tabelle 8: Meinung über die Anzahl der Bäume

	1	2	3	Total
AR-Nutzung	30	0	0	30
2D/3D Karte	25	5	0	30
Total	55	5	0	60

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Berechnung der Korrelation ergibt der Chi-Quadrat-Test einen p-Wert von 0,06171, was knapp über dem Signifikanzniveau von 5% liegt. Da in der Kreuztabelle Werte unter 5 vorhanden sind, wurde ein Fisher-Exact-Test durchgeführt. Das Ergebnis des Fisher-Exact-Tests zeigt einen p-Wert von 0,05219, der ebenfalls knapp über dem 5%igen Signifikanzniveau liegt. Dies deutet darauf hin, dass bei der Anzahl der Bäume keine signifikante Korrelation zwischen der Nutzung der AR-App durch die Teilnehmer und deren Meinung besteht (Abbildung 36).

Pearson's Chi-squared test	
data:	q1 and q2
X-squared =	3.4909, df = 1, p-value = 0.06171
Fisher's Exact Test for Count Data	
data:	q1 and q2
p-value =	0.05219
alternative hypothesis:	true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:	
	0.9830971 Inf
sample estimates:	
Alternative hypothesis:	true odds ratio is not equal to 1
	Inf

Abbildung 35: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die dritte Hypothese (Anzahl Bäume)

Quelle: Eigene Darstellung

In der Analyse der Verteilung von Verkehrsflächen in Zusammenhang mit Frage *Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie die Planung der Verkehrsflächen für Fahrzeug-, Geh- und Radwege sind. Empfinden Sie die Verteilung der Verkehrsflächen als angemessen?* (1 = Ja, 2 = Nein, 3 = Ich konnte es nicht erkennen) zeigt die Kreuztabelle die folgenden Ergebnisse: Gruppe 2 berichtete, dass sie mithilfe der AR-App nichts erkennen konnte. Eine ähnliche Beobachtung wurde auch in Gruppe 1 gemacht, die ebenfalls die AR-App verwendete. Hingegen gab Gruppe 3, die ausschließlich die 2D/3D-Karte nutzte, eine einheitliche Antwort, dass die Verteilung als angemessen betrachtet werden kann. Eine ausführlichere Analyse in diesem Zusammenhang ist nicht mehr erforderlich.

Tabelle 9: Meinung der Verteilung der Verkehrsflächen

	1	2	3	Total
AR-Nutzung	0	0	30	30
2D/3D Karte	30	0	0	30
Total	30	0	30	60

Quelle: Eigene Darstellung

5.4 AR-App Nutzer konnten die Planung besser Vorstellen als die nicht AR-App Nutzer

Die vierte Hypothese legt den Fokus auf die Fähigkeit der Nutzer der AR-App, die städtische Planung besser vorzustellen. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass Nutzer dieser AR-App tatsächlich über eine erhöhte Vorstellungskraft bezüglich der städtischen Planung verfügen könnten. Dieser Gedanke ist eng mit der immersiven Natur der AR-Technologie verbunden, die es den Nutzern ermöglicht, virtuelle Elemente nahtlos in ihre reale Umgebung einzufügen.

Um diese Hypothese zu untersuchen, wird eine Analyse von den Teilnehmern aus Gruppe 2, die die AR-App verwendet haben, und Gruppe 3, die die 2D/3D-Karte verwendet haben, durchgeführt. Die folgende Tabelle 10 präsentiert eine Kreuztabelle in Bezug auf die Frage: *War die 3D-Planungsvisualisierung ausreichend, um zu verstehen, was geplant ist zu bauen?* (1 = unzureichend, 5 = ausreichend) und *Haben Sie die AR-App genutzt?* Es zeigt sich, dass diejenigen, die die AR-App verwendet haben, häufiger eine Bewertung von 5 = ausreichend abgegeben haben. Im Gegensatz dazu haben die Teilnehmer, die die AR-App nicht genutzt haben, die Frage eher mit einer 3 beantwortet, was auf eine mittlere Zufriedenheit hinweist.

Tabelle 10: Vorstellung der Planung

	1	2	3	4	5	Total
Ja	0	0	0	13	17	30
Nein	0	0	5	18	7	30
Total	0	0	5	31	24	60

Quelle: Eigene Darstellung

Um eine Korrelation festzustellen, wurde zunächst ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt, der einen P-Wert von 0,006829 ergab. Aufgrund der Tatsache, dass in der Kreuztabelle viele Werte unter 5 liegen, wurde zusätzlich ein Fisher-Exact-Test durchgeführt, bei dem ein P-Wert von 0,006405 ermittelt wurde. Dieser P-Wert liegt deutlich unter dem 5%-Signifikanzniveau, was darauf hinweist, dass hier eine klare Korrelation besteht (Abbildung 37).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 9.9731, df = 2, p-value = 0.006829
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.006405 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 36: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die vierte Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Die Intensität der Korrelation wurde mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten ermittelt. Mit einem P-Wert von 0,001879 zeigt sich hier eine signifikante Korrelation, und die Stärke der Korrelation beträgt -0,3932925, was auf eine mittel starke Korrelation hinweist. Dies bedeutet, dass Teilnehmer, die die AR-App genutzt haben, tendenziell höhere Bewertungen für die Verständlichkeit der 3D-Planung abgaben (Abbildung 38).

```

Spearman's rank correlation rho

data: AR_Gruppe123Tabelle4$`Haben Sie die AR-
App genutzt?` and AR_Gruppe123Tabelle4$`war
die Visualisierung der 3D-Planung ausreichend,
damit Sie verstehen können was geplant ist zu
bauen? (1 = nicht ausreichend , 5 =
ausreichend)`
S = 50145, p-value = 0.001879
alternative hypothesis: true rho is not equal
to 0
sample estimates:
      rho
-0.3932925

```

Abbildung 37: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der vierten Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

5.5 AR-App Nutzer hatten eine größere Akzeptanz für die Planung als die nicht AR-App Nutzer

Die fünfte Hypothese basiert auf die Annahme, dass Nutzer der AR-App möglicherweise eine höhere Akzeptanz für die vorgeschlagene Stadtplanung zeigen könnten, im Vergleich zu Personen, die die App nicht nutzen. Dies könnte auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass AR-Nutzer die Möglichkeit hatten, die Planung in einer immersiven, dreidimensionalen Umgebung zu erleben, was zu einer positiveren Einstellung gegenüber der Planung führen könnte.

Gemäß der nachfolgenden Kreuztabelle (Tabelle 11), die auf den Fragen "Haben Sie die AR-App verwendet?" und "Wie beurteilen Sie das Bauprojekt? (1 = wenig überzeugt, 5 = sehr überzeugt)" basiert, zeigt sich keine klare Verteilung, welche Gruppe der Teilnehmer mehr von dem städtischen Bauprojekt überzeugt hat. Sowohl Gruppe 2, die die AR-App genutzt hat, als auch Gruppe 3, die sie nicht genutzt hat, weisen keine deutlichen Unterschiede auf.

Tabelle 11: Akzeptanz der Planung

	1	2	3	4	5	Total
Ja	0	0	8	14	8	30
Nein	0	0	11	12	7	30
Total	0	0	19	26	15	60

Quelle: Eigene Darstellung

Ein Chi-Quadrat-Test ergab eine Korrelation von 0,7067, was deutlich über dem 5%-Signifikanzniveau liegt. Da in der Kreuztabelle Werte über 5 vorhanden sind, wurde ein Fischer-Exact-Test durchgeführt. In diesem Fall ergab sich ein berechneter p-Wert von 0,7984, der ebenfalls deutlich über dem 5%-Niveau liegt. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann die ursprüngliche Hypothese zurückgewiesen werden, da keine statistisch signifikante Verbindung zwischen der Nutzung der AR-App und der Akzeptanz des Bauprojekts festgestellt werden konnte (Abbildung 39).

Pearson's Chi-squared test	
data: q1 and q2	
X-squared = 0.6942, df = 2, p-value = 0.7067	
Fisher's Exact Test for Count Data	
data: q1 and q2	
p-value = 0.7984	
alternative hypothesis: two.sided	

Abbildung 38: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die fünften Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

5.6 AR-Erfahrung und häufige Nutzung des mobilen Gerätes zeigen eine bessere Bedienbarkeit mit der AR-App.

Die sechste Hypothese befasst sich mit der Analyse des Einflusses der Erfahrung mit Augmented Reality (AR) und der regelmäßigen Nutzung von mobilen Geräten auf die Benutzerfreundlichkeit der AR-App. In dieser Hypothese wird vermutet, dass Personen, die bereits Erfahrungen mit AR-Technologie gesammelt haben und häufig mobile Geräte nutzen, die AR-App mit größerer Leichtigkeit bedienen können.

Zunächst wird untersucht, ob Erfahrungen mit Augmented Reality die Fähigkeit der Teilnehmer beeinflussen, die AR-App effektiv zu bedienen. Hierfür werden Gruppe 1 und Gruppe 2, die beide die AR-App nutzen, betrachtet. In der Kreuztabelle (Tabelle 12) sind die Ergebnisse für die folgenden Fragen dargestellt: *Haben Sie Erfahrung mit AR-Apps? (1 = keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)* als Spalten und *Wie empfanden Sie die Bedienung der AR-App? (1 = schwer bedienbar, 5 = sehr einfach zu bedienen)* als Zeilen. Es zeigt sich, dass der Großteil der Teilnehmer wenig Erfahrung mit AR-Apps hat und die meisten angegeben haben, dass die Bedienung der AR-App sehr einfach war.

Tabelle 12: Bedienbarkeit der AR-App mit AR-Erfahrung

	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	0	4
5	34	12	10	0	0	56
Total	38	12	10	0	0	60

Quelle: Eigene Darstellung

Um eine Korrelation zu untersuchen, wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt, der einen p-Wert von 0.2892 ergab, was deutlich über dem 5% Signifikanzniveau liegt und somit keine signifikante Korrelation anzeigt. Aufgrund vieler Werte unter 5 wurde auch ein Fisher-Exact-Test durchgeführt, bei dem der p-Wert bei 0.4464 liegt, ebenfalls über dem 5% Signifikanzniveau. Daher lässt sich schlussfolgern, dass es keinen nachweisbaren Einfluss auf die Bedienbarkeit der AR-App durch AR-Erfahrungen gibt (Abbildung 40).

Pearson's Chi-squared test	
data:	q1 and q2
X-squared =	2.4812, df = 2, p-value = 0.2892
Fisher's Exact Test for Count Data	
data:	q1 and q2
p-value =	0.4464
alternative hypothesis:	two.sided

Abbildung 39: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die sechste Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und AR-Erfahrung)

Quelle: Eigene Darstellung

Um die Bedienbarkeit der AR-App weiter zu analysieren, wurde die Häufigkeit der Handynutzung als nächstes Attribut herangezogen. Die Kreuztabelle (Tabelle 13) zeigt in den Spalten *Wie viel Zeit verbringen Sie täglich mit Ihrem mobilen Gerät?* (1 = weniger als 1 Stunde, 2 = 1-2 Stunden, 3 = 2-4 Stunden, 4 = mehr als 4 Stunden) und in den Zeilen *Wie bewerten Sie die Bedienung der AR-App?* (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung). Es ist zu erkennen, dass Teilnehmer, die mehr Zeit mit ihrem mobilen Gerät verbringen, tendenziell angaben, die AR-App besser bedienen zu können.

Tabelle 13: Bedienbarkeit der AR-App und der Handynutzung

	1	2	3	4	Total
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	2	2	0	0	4
5	4	4	38	10	56
Total	6	6	38	10	60

Quelle: Eigene Darstellung

Der ermittelte p-Wert des Chi-Quadrat-Tests beträgt 0.0006605, während der p-Wert des Fisher-Exact-Tests bei 0.002266 liegt. Da auch Werte unter 5 vorliegen, wurde hier ein Fisher-Exact-Test durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Signifikanzniveau deutlich unter 5% liegt, was auf eine Korrelation hinweist (Abbildung 41).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 x-squared = 17.143, df = 3, p-value = 0.0006605
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.002266 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 40: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die sechste Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und Handynutzung)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Intensität der Korrelation wird nun mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten ermittelt. Der p-Wert zeigt hier einen Wert von 0.0005924, was auf eine signifikante Korrelation hinweist. Der Rangkorrelationskoeffizient selbst beträgt 0.4306917, was auf eine mittle starke positive Korrelation hindeutet. Dies bedeutet, dass Teilnehmer mit einer höheren Handynutzung tendenziell eine einfachere Bedienbarkeit der AR-App aufweisen (Abbildung 42).

spearman's rank correlation rho
data: AR_Gruppe12\$`wie war die Bedienung der AR-App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung)` and AR_Gruppe12\$`wie viel Zeit verbringen Sie am Tag mit Ihrem Mobilien Gerät?` S = 20489, p-value = 0.0005924 alternative hypothesis: true rho is not equal to 0 sample estimates: rho 0.4306917

Abbildung 41: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der sechsten Hypothese (Bedienbarkeit der AR-App und Handynutzung)

Quelle: Eigene Darstellung

5.7 Teilnehmer mit viel Computerspielerfahrung zeigen eine bessere Bedienbarkeit von der AR-App.

Die siebte Hypothese verdeutlicht die mögliche Verbindung zwischen Fähigkeiten und Erfahrungen, die durch Computerspiele erworben wurden und der Nutzungsfähigkeit der AR-App. Personen, die häufig Computerspiele spielen, könnten mit interaktiven und immersiven digitalen Umgebungen besser vertraut sein und daher die AR-App schneller und effizienter nutzen können.

Für die Analyse wird eine Kreuztabelle (Tabelle 14) erstellt, wobei die Zeilen sich auf die Frage beziehen: "Wie bewerten Sie die Benutzerfreundlichkeit der AR-App? (1 = schwer zu bedienen, 5 = sehr benutzerfreundlich)" und die Spalten auf die Frage: "Wie viel Erfahrung haben Sie mit Computerspielen? (1 = überhaupt keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)". Es zeigt sich, dass die Teilnehmer, die zumindest teilweise Erfahrung mit Computerspielen angegeben haben, auchangaben, besser mit der AR-App umgehen zu können.

Tabelle 14: Bedienbarkeit der AR-App mit Computer Spiel Erfahrungen

	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	0	4
5	8	8	24	15	1	56
Total	12	8	24	15	1	60

Quelle: Eigene Darstellung

Nun wird der Chi-Quadrat-Test angewendet, um festzustellen, ob eine Korrelation existiert. Mit einem P-Wert von 0.001813 liegt dieser Wert deutlich unter dem 5%-Signifikanzniveau. Da es Werte unter 5 gibt, wird zusätzlich ein Fischer-Exact-Test durchgeführt. Der errechnete P-Wert beträgt 0.004208. Dies deutet darauf hin, dass es eine statistisch signifikante Verbindung zwischen der Benutzerfreundlichkeit der AR-App und der Erfahrung in Computerspielen gibt (Abbildung 43).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 x-squared = 17.143, df = 4, p-value = 0.001813
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.004208 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 42: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die siebten Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Um die Stärke dieser Korrelation genauer zu bewerten, wurde der Spearman-Rangkorrelationskoeffizient verwendet. Der P-Wert beträgt 0.002177, was auf eine hohe Signifikanz hinweist. Der Rangkorrelationskoeffizient beläuft sich auf 0.3882093, was eine mittle starke positive Korrelation anzeigt. Demnach besteht eine Verbindung zwischen der Benutzerfreundlichkeit der AR-App und der Erfahrung in Computerspielen (Abbildung 44).

```

Spearman's rank correlation rho

data: AR_Gruppe12$`wie war die Bedienung der AR-
App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache
Bedienung)` and AR_Gruppe12$`wie viel Erfahrung
besitzen sie in Computer Spiele? (1 = gar keine
Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)`
S = 22018, p-value = 0.002177
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.3882093

```

Abbildung 43: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der siebten Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

5.8 Häufige Nutzung des mobilen Gerätes zeigen eine größere Akzeptanz für eine AR-App Bürgerbeteiligung.

Die achte Hypothese ist darauf ausgerichtet, die Auswirkungen der regelmäßigen Nutzung mobiler Geräte auf die Akzeptanz einer Augmented Reality (AR)-App im Kontext der Bürgerbeteiligung zu untersuchen. Personen, die regelmäßig mobile Geräte verwenden, könnten bereits an digitale Interaktionen und Anwendungen gewöhnt sein, was die Akzeptanz der AR-App erhöhen könnte.

Um die Hypothese zu untersuchen, wurden die Ergebnisse der folgenden Fragen in einer Kreuztabelle (Tabelle 15) analysiert. *Würden Sie eine AR-App zum besagten Thema nutzen? Und wäre eine AR-App ein Anreiz für Sie, sich mehr mit den Bauprojekten zu beschäftigen?* Mit der Frage *Wie viel Zeit verbringen Sie am Tag mit Ihrem mobilen Gerät?* (1 = weniger als 1 Stunde, 2 = 1 - 2 Stunden, 3 = 2 - 4 Stunden, 4 = mehr als 4 Stunden).

Tabelle 15: Akzeptanz für eine AR-App bei einer Bürgerbefragung und Nutzung des Mobilien Gerätes

	Ja	Nein	Total
1	2	4	6
2	3	3	6
3	34	4	38
4	9	1	10
Total	48	12	60

Quelle: Eigene Darstellung

Auf den ersten Blick ist erkennbar, dass etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmer aus Gruppe 1 und Gruppe 2, die die AR-App genutzt haben, täglich zwischen 2 und 4 Stunden ihr Handy verwenden. Zusätzlich gaben 10 Teilnehmer an, dass sie mehr als 4 Stunden pro Tag mit ihrem Handy

verbringen. Prozentual betrachtet gaben diese Teilnehmer eher an, dass sie eine AR-App für die Bürgerbeteiligung nutzen würden, im Vergleich zu Teilnehmern, die weniger als 2 Stunden täglich ihr Handy nutzen. Von den 48 Teilnehmern, die 2 bis 4 Stunden und mehr als 4 Stunden pro Tag ihr Handy nutzen, würden 43 eine Bürgerbeteiligung mit einer AR-App wählen, was aufgerundet 89,58% entspricht. Die anderen 12 Teilnehmer, die angaben, weniger als 1 Stunde und 1 bis 2 Stunden pro Tag ihr Handy zu nutzen, würden fünf Teilnehmer eine Bürgerbeteiligung mit der AR-App unterstützen, was aufgerundet 41,67% entspricht.

Eine Berechnung mithilfe des Chi-Quadrat-Tests ermöglicht es festzustellen, ob es eine Beziehung zwischen den Attributen gibt. Der ermittelte p-Wert beträgt 0.002526, was signifikant unterhalb des 5%-Signifikanzniveaus liegt und auf eine klare Korrelation hinweist. Da einige Werte in der Kreuztabelle unter 5 liegen, wird auch der Fisher-Exact-Test durchgeführt. Auch hier zeigt der p-Wert von 0.003313 deutlich, dass eine Korrelation besteht (Abbildung 45).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 14.298, df = 3, p-value = 0.002526
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.003313 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 44: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die achte Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

Mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten wird nun die Stärke der Korrelation bestimmt. Der ermittelte Rangkorrelationskoeffizient beträgt -0.3972797, was auf eine mittle starke negative Korrelation hinweist. Dies bedeutet, dass Teilnehmer, die angegeben haben, eine hohe Nutzungsdauer ihres Handys zu haben "3 = 2 - 4 Stunden, 4 = mehr als 4 Stunden", tendenziell eher die niedrigere Wertung "Ja = 1" für die Nutzung der AR-App in der Bürgerbeteiligung abgegeben haben (Abbildung 46).

spearman's rank correlation rho
data: AR_Gruppe12Tabelle8\$`wie viel Zeit verbringen Sie am Tag mit Ihrem Mobilien Gerät?` and AR_Gruppe12Tabelle8\$`würden Sie eine AR-App zum besagten Thema nutzen?_wäre eine AR-App ein Anreiz für Sie, sich mehr mit den Bauprojekten zu beschäftigen?`
s = 50288, p-value = 0.001672
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
-0.3972797

Abbildung 45: Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation der achten Hypothese

Quelle: Eigene Darstellung

5.9 Um die 3D Planung zu verstehen, braucht man keine Erfahrung in der 3D Visualisierung, Architektur oder Stadtplanung.

Die neunte Hypothese analysiert die Annahme, ob spezielle Erfahrungen in den Bereichen 3D-Visualisierung, Architektur oder Stadtplanung notwendig sind, um die 3D-Planung, die durch die Augmented Reality (AR)-App vermittelt wird, angemessen zu verstehen. Diese Hypothese basiert auf der Annahme, dass das Verständnis von komplexen dreidimensionalen Stadtentwicklungsplänen keine spezielle fachliche Vorbildung erfordert. Um diese Hypothese zu analysieren, werden die Fragen *Besitzen Sie Erfahrung in 3D Visualisierung?* (1 = gar keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung), *Haben Sie Erfahrung in der Architektur?* (1 = keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung) und *Haben Sie Erfahrung in der Stadtplanung?* (1 = keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung) mit der Frage, *War die Visualisierung der 3D-Planung in der AR-App ausreichend, damit Sie verstehen können was geplant ist zu bauen?* (1 = nicht ausreichend, 5 = ausreichend) in drei Kreuztabellen dargestellt. Die Ergebnisse der Frage zur Verständlichkeit der 3D-Planung in der AR-App wird in den Spalten aufgeführt. In allen drei Kreuztabellen (Tabellen 16 bis 18) ist erkennbar, dass nur wenige Teilnehmer Erfahrung in den spezialisierten Bereichen Architektur und Stadtplanung aufweisen. Einige Teilnehmer haben angegeben, Erfahrung in der 3D-Visualisierung zu haben.

Tabelle 16: Verständlichkeit der 3D Planung und 3D Visualisierung

	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	10	21	31
2	0	0	0	5	10	15
3	0	0	0	2	11	13
4	0	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	17	43	60

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 17: Verständlichkeit der 3D Planung und Architektur

	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	17	38	55
2	0	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	3	3
5	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	17	43	60

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 18: Verständlichkeit der 3D Planung und Stadtplanung

	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	17	40	57
2	0	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	17	43	60

Quelle: Eigene Darstellung

In allen drei Kreuztabellen werden sowohl der Chi-Quadrat-Test als auch der Fisher-Exact-Test durchgeführt, um mögliche Korrelationen zu identifizieren.

Die Berechnung hinsichtlich der Erfahrung in 3D-Visualisierung ergab bei beiden Tests keine signifikante Korrelation, der Chi-Quadrat-Test weist einen p-Wert von 0.5958 und der Fisher-Exact-Test einen p-Wert von 0.6549 auf (Abbildung 47).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 1.8886, df = 3, p-value = 0.5958
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.6549 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 46: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die neunte Hypothese (3D-Visualisierung)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Berechnung hinsichtlich der Erfahrung in der Architektur ergab bei beiden Tests keine signifikante Korrelation, der Chi-Quadrat-Test weist einen p-Wert von 0.5406 und der Fisher-Exact-Test einen p-Wert von 0.7695 auf (Abbildung 48).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 2.1564, df = 3, p-value = 0.5406
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 0.7695 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 47: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fischer-Exact-Test für die neunte Hypothese (Architektur)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Berechnung hinsichtlich der Erfahrung in der Stadtplanung ergab bei beiden Tests keine signifikante Korrelation, der Chi-Quadrat-Test weist einen p-Wert von 0.7414 und der Fisher-Exact-Test einen p-Wert von 1 auf (Abbildung 49).

Pearson's Chi-squared test
data: q1 and q2 X-squared = 1.2485, df = 3, p-value = 0.7414
Fisher's Exact Test for Count Data
data: q1 and q2 p-value = 1 alternative hypothesis: two.sided

Abbildung 48: Ergebnis Chi-Quadrat-Test und Fisher-Exact-Test für die neunte Hypothese (Stadtplanung)

Quelle: Eigene Darstellung

Alle festgestellten p-Werte liegen deutlich über dem 5%-Signifikanzniveau. Dies bedeutet, dass keine Korrelation festgestellt wurde. Somit kann die Hypothese als akzeptiert betrachtet werden.

5.10 Bürger, die sich nicht mit Bauprojekten der Stadt beschäftigen, würden dies durch die Nutzung einer AR-App ändern.

Die letzte Hypothese stellt sich mit der Möglichkeit auseinander, dass Bürger, die normalerweise kein besonderes Interesse an städtischen Bauprojekten zeigen, dieses Verhalten durch die Nutzung einer Augmented Reality (AR)-App ändern könnten. Diese Hypothese basiert auf der Annahme, dass die AR-App das Potenzial hat, das Interesse und die Beteiligung solcher Bürger zu wecken, indem sie die städtische Planung auf eine ansprechende und immersive Weise erlebbar macht.

Um diese Hypothese zu untersuchen, wurden die Teilnehmer ausgewählt, die normalerweise kein Interesse an städtischen Bauprojekten oder Bürgerbeteiligung zeigen und die für die Befragung eine AR-App verwendet haben. In Frage kommen die Teilnehmer aus Gruppe 1 und Gruppe 2. Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 50) zeigt, dass von insgesamt 60 Teilnehmern 53 angaben, sich normalerweise nicht mit städtischen Bauprojekten zu beschäftigen. Von diesen 53 Teilnehmern gaben jedoch 43 an, dass sie ihr Verhalten ändern würden, wenn sie eine AR-App verwenden könnten. Die verbleibenden 7 Teilnehmer gaben an, sich bereits mit städtischen Bauprojekten oder Informationen dazu zu befassen. Interessanterweise gaben alle 7 dieser Teilnehmer an, dass sie gerne eine AR-App für städtebauliche Prozesse nutzen würden.

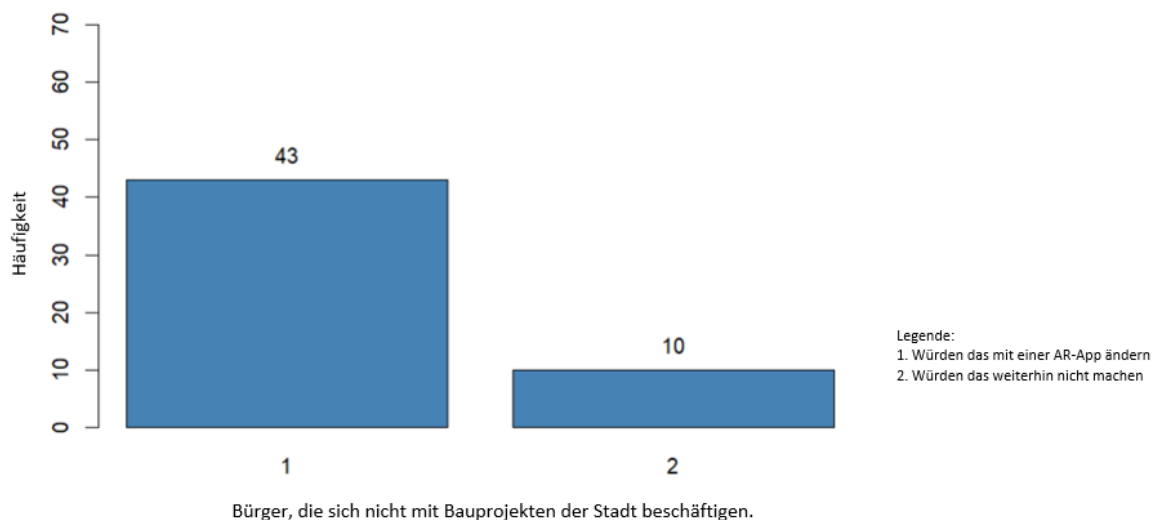


Abbildung 49: Anzahl Teilnehmer die mit einer AR-App sich mit Bauprojekten beschäftigen würden

Quelle: Eigene Darstellung

6 Diskussion

Die Analyse der Bürgerbefragung verdeutlicht, dass die Einbindung einer AR-App in den Bürgerbeteiligungsprozess positive Effekte haben kann. Bürgerinnen und Bürger können dadurch die Bauprojekte besser verstehen und würden vermehrt an Bauprojekten teilnehmen, was zuvor nicht der Fall war. Die Hypothesen liefern wichtige Einblicke in die verschiedenen Aspekte der Nutzung von AR-Apps zur Bürgerbeteiligung

Die für die Bürgerbefragung verwendete AR-App ist mit einer Benutzeroberfläche ausgestattet, die den Teilnehmern ermöglicht, 3D-Objekte über die Anzeige der Kamera zu visualisieren. Diese Benutzeroberfläche umfasste außerdem verschiedene Schaltflächen, die eine Interaktion mit der App ermöglichen und es den Nutzern ermöglichen, die Funktionen der Anwendung zu steuern. Die Ergebnisse der Befragung lieferten Hinweise darauf, dass die Bewertung der Nutzerfreundlichkeit vom Alter der Teilnehmer abhängt. Insbesondere stellte sich heraus, dass ältere Teilnehmer Schwierigkeiten bei der Interpretation und Nutzung der Schaltflächen haben. Die Schaltflächen auf der Benutzeroberfläche sind für diese Altersgruppe etwas schwerer zu verstehen und zu handhaben im Vergleich zu jüngeren Teilnehmern. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Bedienung der AR-App insgesamt als nicht besonders anspruchsvoll empfunden wurde. Dies bedeutet, dass trotz der festgestellten Altersunterschiede die App insgesamt benutzerfreundlich war und von den meisten Teilnehmern problemlos verwendet werden konnte. Dennoch weisen die Erkenntnisse darauf hin, dass bei der Gestaltung solcher Anwendungen besonderes Augenmerk auf die Bedürfnisse älterer Nutzer gelegt werden sollte, um sicherzustellen, dass sie gleichermaßen von digitalen Bürgerbeteiligungsinitiativen profitieren können.

Die Ergebnisse der Untersuchung legen nahe, dass das Alter der Teilnehmer keinen wesentlichen Einfluss auf die Bereitschaft hat, eine AR-App als Anreiz zur Beschäftigung mit den Bauprojekten der Stadt zu nutzen. Dies führt dazu, dass die Hypothese, die besagte, dass ein höheres Alter die Akzeptanz einer AR-App verringert, nicht bestätigt wurde.

Diese Erkenntnis weist darauf hin, dass das Alter als isolierter Faktor allein nicht maßgeblich dafür verantwortlich ist, ob die Teilnehmer geneigt sind, eine AR-App zur Erkundung von Bauprojekten einzusetzen oder nicht. Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter und der Bereitschaft zur Nutzung der AR-App.

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wird die Höhe des Punkthochhauses im Bebauungsplan kritisiert. Es erfolgt keine Anpassung der Höhe, obwohl die Höhen anderer Gebäude verringert wurden. Bei der Befragung hat sich herausgestellt, dass das Punkthochhaus am Quartiersplatz neben der Schule nicht mehr als zu hoch wahrgenommen wird. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Teilnehmer aus Gruppe 1 nach der Verwendung der AR-App ihre Meinung zur Höhe des Gebäudes geändert hat. Dies legt nahe, dass die AR-App einen Einfluss auf die Wahrnehmung und Vorstellung der Teilnehmer hatte. Die meisten Teilnehmer, die ihre Meinung geändert haben, geben an, dass sie das Gebäude nach der AR-App-Nutzung als weniger hoch empfunden haben. Dies könnte darauf hinweisen, dass die AR-App dazu beigetragen hat, die räumliche Vorstellung der Teilnehmer zu korrigieren oder zu präzisieren. Die Ergebnisse zeigen, dass einige Teilnehmer ihre Meinung von

"zu hoch" auf "nicht zu hoch" geändert haben. Dies könnte darauf hinweisen, dass die AR-App dazu beigetragen hat, Missverständnisse oder falsche Einschätzungen zu korrigieren. Diese Ergebnisse könnten wichtige Auswirkungen auf die städtebauliche Planung und Gestaltung haben. Wenn AR-Apps dazu beitragen können, dass Menschen Gebäude und Architektur besser verstehen und sich realistischer vorstellen können, könnte dies zu bürgerfreundlichen Entscheidungen in Bezug auf städtebauliche Projekte führen. In Bezug auf die beiden Gruppen, Gruppe 2, bestehend aus den Nutzern der AR-App, und Gruppe 3, bestehend aus den Nutzern von 2D/3D-Karten, wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Verwendung der AR-App und der Fähigkeit der Teilnehmer festgestellt, sich die Darstellung des Gebäudes vorzustellen. Es wurde beobachtet, dass diejenigen, die die AR-App genutzt haben, tendenziell eine stärkere Fähigkeit zur Vorstellung des Gebäudes aufweisen. Zusammengefasst verdeutlichen diese Ergebnisse, dass die Anwendung einer AR-App das Potenzial hat, die Vorstellungskraft der Teilnehmer im Hinblick auf Gebäude zu beeinflussen. In der Analyse bezüglich der Wahrnehmung der Gebäudehöhe in Gruppe 2 und Gruppe 3 hat ergeben, dass keine signifikante Korrelation zwischen dieser Wahrnehmung und der Wahl zwischen der Verwendung einer AR-App oder einer 2D/3D-Karte festgestellt werden konnte. In Gruppe 3 war die Meinungsverteilung hinsichtlich der Gebäudehöhe gleichmäßig. In Gruppe 1, nachdem die Teilnehmer die AR-App verwendet hatten, gibt es 13 Teilnehmer, die das Gebäude als zu hoch empfunden haben. Auch hier zeigte sich eine gleichmäßige Verteilung. Hingegen hatte Gruppe 2 eher eine Tendenz dazu anzugeben, dass das Gebäude nicht zu hoch sei. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Korrelation knapp über dem 5%-Signifikanzniveau liegt. Dies könnte darauf hinweisen, dass eine erneute Untersuchung mit einer größeren Stichprobe potenziell signifikante Ergebnisse liefern könnte.

Die Erkenntnis, dass die AR-App keine Meinungsänderung bezüglich der anderen Gebäudehöhe bewirkte, wirft die Frage auf, wie effektiv AR-Anwendungen dieser Art in diesem Kontext sind. Hat die AR-App möglicherweise nicht ausreichend realistische oder überzeugende visuelle Informationen bereitgestellt, um die Wahrnehmung der Gebäude zu beeinflussen? Oder könnte es sein, dass die Teilnehmer bereits gewohnt sind, solche Gebäudehöhen in ihrer Umgebung zu sehen?

In Bezug auf die Hypothese zur Anzahl der Bäume hat sich ergeben, dass eine kleine Anzahl von Teilnehmern nach der Nutzung der AR-App ihre Meinung geändert haben. 28 Teilnehmer in Gruppe 1 bleiben bei ihrer ursprünglichen Ansicht, dass die Anzahl angemessen sei, während zwei Teilnehmer ihre Meinung von "zu wenig Bäumen" zu "die Anzahl ist angemessen" geändert haben. Die Nutzung der AR-App führt unabhängig von der Anzahl der Bäume nicht zu einer signifikanten Änderung der Meinungen. Auch bei der Untersuchung von Gruppe 2, bestehend aus AR-App-Nutzern, und Gruppe 3, die 2D/3D-Karten verwendet, zeigen die Ergebnisse keine ausreichenden Anhaltspunkte dafür, dass die Verwendung der AR-App einen Einfluss auf die Meinung der Teilnehmer bezüglich der Anzahl der Bäume hat. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse nur knapp über dem Signifikanzniveau liegen, was darauf hinweist, dass es unter Umständen möglich ist, eine signifikante Korrelation zu identifizieren, wenn die Stichprobengröße erhöht wird.

Bei den Verkehrsflächen zeigt sich, dass zunächst alle 30 Teilnehmer der Gruppe 1 der angemessenen Verteilung zustimmen, als sie die Verkehrsflächen auf der 2D/3D-Karte betrachtet haben. Dies deutet darauf hin, dass die visuelle Darstellung der Verkehrsflächen in dieser Form zunächst als zufriedenstellend empfunden und auch verstanden wurden. Die Nutzung der AR-App liefert ein differenzierteres Bild. Hier haben 24 Teilnehmer angegeben, dass sie die Verkehrsflächen nicht eindeutig erkennen konnten. In Gruppe 1 und Gruppe 2, die beide die AR-App verwendet haben, geben die Teilnehmer an, dass sie keine erkennbaren Verkehrsflächen sehen konnten. Dies könnte darauf hinweisen, dass die AR-App bzw. der Szene Layer in ihrer aktuellen Form Schwächen, in der Darstellung von Verkehrsflächen aufweist. Im Gegensatz dazu äußerte die Teilnehmer, die ausschließlich die 2D/3D-Karte nutzten, Zufriedenheit mit der Verkehrsflächenverteilung. Dies legt nahe, dass die 2D/3D-Karten-Technologie eine effektivere Möglichkeit bietet, die Verkehrsflächen darzustellen und von den Benutzern als angemessen wahrgenommen wird.

Zwischen der Nutzung der AR-App und der Bewertung der 3D-Planungsvisualisierung zeigt sich eine signifikante Korrelation. Der Chi-Quadrat-Test und der Fisher-Exact-Test haben beide p-Werte ergeben, die deutlich unter dem 5%-Signifikanzniveau liegen. Dies weist darauf hin, dass die Nutzung der AR-App einen messbaren Einfluss auf die Verständlichkeit der 3D-Planung hat. Darüber hinaus wurde ein Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten verwendet, um die Stärke dieser Korrelation zu bewerten. Der ermittelte Koeffizient von $-0,3932925$ deutet auf eine mittle starke negative Korrelation hin. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die AR-App dazu beitragen kann, die Verständlichkeit und Klarheit von Bauprojektvisualisierungen zu verbessern. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass bei der Kommunikation zwischen Bürgern und Experten nicht nur die Informationsübertragung und der Prozess an sich beachtet wird, sondern vor allem die Verständlichkeit der Informationen. Wenn der Bürger die Informationen in ihrem eigentlichen Sinn erfassen kann, wird die Kommunikation als erfolgreich betrachtet (Adler/Rockmann 2015). Dennoch zeigt sich, dass die Anwendung einer AR-App keinen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Akzeptanz eines Bürgers in Bezug auf ein Bauprojekt hat. Es wurde zwar gezeigt, dass die AR-App dazu beitragen kann, dass die Bürger das Bauprojekt besser verstehen, jedoch hat sie keinen erkennbaren Einfluss darauf, ob ein Bürger das Bauprojekt mehr oder weniger akzeptiert. Dies deutet darauf hin, dass die AR-App zwar in der Lage ist, die Wissensvermittlung und das Verständnis in Bezug auf das Bauprojekt zu fördern, sie jedoch nicht ausreicht, um die individuelle Akzeptanz des Projekts maßgeblich zu beeinflussen. Andere Faktoren, die über die reine Information hinausgehen, können eine entscheidende Rolle bei der Bewertung und Akzeptanz eines Bauprojekts durch die Bürger spielen. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass die Akzeptanz eines Bauprojekts von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Darunter persönliche Einstellungen, soziale Dynamiken, politische Aspekte und wirtschaftliche Interessen (Rameezdeen et al., 2022). Die AR-App kann zwar dazu beitragen, dass die Bürger das Bauprojekt besser verstehen, aber sie kann diese komplexen Faktoren nicht vollständig beeinflussen.

Das untersuchte Verhältnis zwischen der Erfahrung mit AR-Apps und der wahrgenommenen Bedienbarkeit der AR-App, legt auf den ersten Blick nahe, dass es eine gewisse Tendenz bezüglich der Bedienbarkeit gibt. Diejenigen, die höhere Erfahrungswerte mit AR-Apps angeben, neigen dazu, die Bedienung der AR-App als einfacher zu empfinden. Es wurde aber beobachtet, dass der Chi-

Quadrat-Test hier keine signifikante Korrelation aufzeigt. Dies deutet darauf hin, dass die Erfahrung mit AR-Apps keinen nachweisbaren Einfluss darauf hat, wie gut die AR-App genutzt wird. Die scheinbare Tendenz könnte auf Zufall oder andere nicht erfasste Faktoren zurückzuführen sein. Insgesamt legen die Ergebnisse nahe, dass es zwar eine scheinbare Assoziation zwischen Erfahrung mit AR-Apps und wahrgenommener Bedienbarkeit gibt, jedoch keine statistisch signifikante Korrelation vorliegt. Dies bedeutet, dass die Wahrnehmung der Bedienbarkeit der AR-App vermutlich von anderen Faktoren abhängt. Ein Einflussfaktor könnte die Dauer sein, über die Teilnehmer das mobile Gerät verwenden. Es ist eine klare Neigung zu erkennen, dass Teilnehmer, die mehr Zeit mit ihren Mobilgeräten verbringen, dazu tendieren, die Benutzerfreundlichkeit der AR-App positiver zu bewerten. Diese Feststellung wird durch die niedrige Signifikanz des p-Werts im Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten von 0.0005924 sowie durch den mittel starken positiven Korrelationskoeffizienten von 0.4306917 gestützt. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass es eine statistisch signifikante Verbindung zwischen der investierten Zeit in die Nutzung von Mobilgeräten und der Wahrnehmung der Bedienbarkeit der AR-App gibt. Eine mögliche Interpretation dieser Erkenntnisse ist, dass Personen, die intensiver mit ihren Mobilgeräten interagieren, tendenziell technisch versierter sind. Dadurch könnten sie ein besseres Verständnis für die AR-App entwickeln und sie effizienter nutzen. Es ist wahrscheinlich, dass sie mit den Benutzeroberflächen und den Interaktionskonzepten von mobilen Anwendungen vertrauter sind, was sich positiv auf die Handhabung der AR-App auswirken könnte. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass Teilnehmer, die ihr Smartphone häufig verwenden, eher dazu geneigt sind, eine AR-App für die Bürgerbeteiligung zu nutzen. Die Auswertung der Kreuztabelle sowie des Chi-Quadrat-Tests ergab, dass Teilnehmer, die regelmäßig mehr als 2 Stunden pro Tag mit ihren Mobilgeräten verbrachten, eine deutlich gesteigerte Bereitschaft zeigten, eine AR-App zur Bürgerbeteiligung zu nutzen. Dies legt nahe, dass Bürger mit einer höheren Handynutzung offener für die Integration von AR-Apps in Bürgerbeteiligungen sind. Die Ergebnisse im Zusammenhang mit der Hypothese "Eine AR-Erfahrung und häufige Nutzung des Mobilgeräts zeigen eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit der AR-App" bestätigen diese weiterhin. Der mittel starke positive Korrelationskoeffizient weist darauf hin, dass eine erhöhte Zeit für Mobilgeräte mit einer positiveren Bewertung der Benutzerfreundlichkeit der AR-App einhergeht.

Dies deutet darauf hin, dass Bürger, die ihre Mobilgeräte häufiger verwenden, tendenziell die AR-App als nützlicher und leichter bedienbar empfinden, was wiederum ihre Neigung zur Teilnahme an Bürgerbeteiligung stärkt.

Ein weiterer möglicher Faktor könnten Computerspiele sein. Personen, die viel Zeit mit Computerspielen verbringen, neigen dazu, die AR-App eher als benutzerfreundlich einzuschätzen. Dies verdeutlicht, dass die technische Erfahrung der Nutzer eine entscheidende Rolle bei ihrer Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit von AR-Anwendungen spielt.

Desweiteren wurde festgestellt, dass Bürger keine umfangreiche Erfahrung in der Bauplanung benötigen, um städtische Planungen zu verstehen. Die Analyse der Daten ergab, dass keine bedeutsame Korrelation zwischen dem Erfahrungshintergrund in den genannten Fachgebieten (3D-Visualisierung, Architektur, Stadtplanung) und dem Verständnis der 3D-Planung mithilfe der AR-App

festgestellt wurde. In allen Fällen lagen die p-Werte deutlich über der 5%-Signifikanzschwelle. Dies lässt darauf schließen, dass eine spezifische berufliche Expertise nicht als zwingende Voraussetzung gilt, um die dargestellten Informationen in der AR-App zu erfassen.

Was ebenfalls beobachtet werden konnte ist, dass es einen Zusammenhang zwischen der Nutzung der AR-App und der Veränderung des Verhaltens in Bezug auf städtische Bauprojekte gibt. Häufig mangelt es den Bürgern an der Motivation, sich eingehender mit einem Bauprojekt zu beschäftigen, insbesondere wenn es darum geht, vertrauenswürdige Informationsquellen zu nutzen (Adler/Rockmann 2015). Laut einer Forsa-Umfrage aus dem Jahr 2014 stellte sich heraus, dass die Hauptinformationsquelle der Bürger in der Regel „persönliche Gespräche mit Freunden, Bekannten, Nachbarn und Arbeitskollegen“ sind (Adler/Rockmann 2015). Die Verlässlichkeit in Bezug auf Neutralität, Informationsgehalt, Korrektheit und somit die Eignung als solide Grundlage für eine informierte und fundierte persönliche Meinung „ist bei diesen Informationsquellen“ größtenteils fraglich (Adler/Rockmann 2015). Die Untersuchung in Karlsruhe zeigt, dass von den insgesamt 60 Teilnehmern 53 angaben, normalerweise kein Interesse an städtischen Bauprojekten zu haben. Dies stellt die Zielgruppe dar, für die die AR-App potenziell von Bedeutung sein könnte. Unter diesen 53 Teilnehmern gaben 43 an, dass sie ihr Verhalten ändern würden, wenn sie die Möglichkeit hätten, die AR-App zu nutzen. Dies legt nahe, dass die AR-App das Potenzial hat, das Interesse und die Beteiligung dieser Zielgruppe zu wecken. Adler und Rockmann sind in ihrer Forschung zu ähnlichen Ergebnissen gelangt (Adler/Rockmann 2015). Die Stärke der Korrelation zwischen der Nutzung der AR-App und der Verständlichkeit der 3D-Planung wurde mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten analysiert. Der berechnete Korrelationskoeffizient von $-0,3932925$ zeigt, dass Teilnehmer, die die AR-App genutzt haben, tendenziell höhere Bewertungen für die Verständlichkeit der 3D-Planung abgegeben haben. Dies ist ein wichtiger Hinweis darauf, dass die AR-App eine positive Wirkung auf das Verständnis der städtischen Bauprojekte haben kann. Die Korrelation zwischen der Nutzungsdauer vom Handy und der Bereitschaft, die AR-App in der Bürgerbeteiligung zu akzeptieren, kann auch als Erklärung dafür dienen, warum die 43 Teilnehmer angegeben haben, dass sie bereit sind, an einer Bürgerbeteiligung teilzunehmen, wenn eine AR-App zur Verfügung steht.

7 Fazit

Die Nutzung von Augmented Reality (AR) ermöglicht es den Bürgern, die geplanten Veränderungen und Entwicklungen in ihrer städtischen Umgebung auf eine immersivere und realistischere Weise zu erleben. In der heutigen Zeit, in der das Smartphone nicht mehr wegzudenken ist, zeigt die Untersuchung deutlich, dass Teilnehmer, die mehr Zeit mit ihren Mobilgeräten verbringen, wesentlich aufgeschlossener gegenüber der Nutzung von AR-Apps zur Bürgerbeteiligung sind. Diese Gruppe von Bürgern empfindet die AR-App als nützlich und benutzerfreundlich, was ihre Bereitschaft zur Teilnahme an Bürgerbeteiligungsprozessen erheblich steigert. Die immersiven Erlebnisse, die AR bietet, erlauben den Nutzern, sich räumlich und visuell besser in die geplante Stadtentwicklung einzufühlen. Indem sie digitale Modelle und Darstellungen in ihrer physischen Umgebung sehen, können AR-App-Nutzer ein tieferes Verständnis für die vorgeschlagenen Veränderungen und Entwicklungen entwickeln. Dies kann dazu führen, dass sie die Planung aus verschiedenen

Perspektiven betrachten und möglicherweise kreativere und fundiertere Meinungen und Feedback dazu abgeben. Die AR-Technologie kann auch dazu beitragen, das Bewusstsein der Experten der Stadtplanung für die Interessen der Bürger bei zukünftigen Projekten zu stärken. Durch die Verwendung von AR können Experten realistische Simulationen und Visualisierungen erstellen, die es ihnen ermöglichen, die geplanten Veränderungen aus der Sicht der Bürger zu betrachten. Dies kann dazu beitragen, dass die Planer die Bedenken und Wünsche der Bürger besser verstehen und in die Planung und Gestaltung von Projekten integrieren. Darüber hinaus können AR-Apps in partizipativen Planungsprozessen eingesetzt werden, um die Bürger aktiv in den Prozess einzubeziehen. Dies ermöglicht den Bürgern, sich in Echtzeit mit den geplanten Änderungen vertraut zu machen und Feedback zu geben. Die visuelle Darstellung in AR erweitert somit die Grenzen der traditionellen Meinungsbildung und ermöglicht es den Bürgern, eine aktivere Rolle im städtischen Planungsprozess einzunehmen. Diese Interaktion zwischen Bürgern und Experten kann das Bewusstsein für die Interessen der Bürger schärfen und dazu beitragen, dass die Planung stärker auf die Bedürfnisse der Gemeinschaft ausgerichtet wird. Insgesamt kann die AR-Technologie dazu beitragen, die Transparenz, die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen Stadtplanern und Bürgern zu verbessern, was wiederum das Bewusstsein für die Interessen der Bürger in zukünftigen Projekten stärken kann. Die AR-App kann als ein Werkzeug fungieren, das die Vorstellungskraft der Bürger anregt und ihnen ermöglicht, sich intensiver in den Planungsprozess einzubringen. Dies könnte die Qualität der Bürgerbeteiligung verbessern und dazu beitragen, dass die Anliegen und Vorschläge der Bürger in den Stadtplanungsprozess integriert werden. Diese Forschungsergebnisse verdeutlichen welche Auswirkungen eine AR-App haben kann und wo es keine gibt.

Vieles deutet darauf hin, dass die Verwendung von Augmented Reality die Wahrnehmung und Meinung der Teilnehmer hinsichtlich der Höhe eines Punkthochhauses beeinflusst hat. Dies unterstreicht das Potenzial von Augmented Reality, die räumliche Vorstellungskraft und das Verständnis komplexer architektonischer Konzepte zu beeinflussen. Es ist zu anmerken, dass nach der Nutzung von der AR-App viele Teilnehmer ein hohes Gebäude als weniger hoch empfanden. Dies könnte darauf hinweisen, dass AR dazu beitragen kann, bestehende Vorstellungen zu verändern und realistischere Erwartungen zu schaffen. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Wahrnehmung der Höhe eines Gebäudes nach wie vor sehr subjektiv ist. Die Ergebnisse haben jedoch wichtige Auswirkungen auf die städtebauliche Planung und Architektur. Die Integration von AR-Technologien könnte dazu beitragen, dass Entscheidungsträger und Bürger die Gebäude und städtische Projekte besser verstehen und bewerten können, was zu fundierteren Entscheidungen in der Stadtentwicklung führen könnte. Dennoch ist festzustellen, dass die alle drei Gruppen einheitlich angaben, dass die Höhe der anderen Gebäude als angemessen empfunden wurde. Die Verwendung einer Augmented-Reality (AR)-App führte an dieser Stelle nicht zu einer Änderung dieser Meinung. Ebenfalls lässt sich erkennen, dass die Verwendung der AR-App die Meinung der Nutzer in Bezug auf die Anzahl der Bäume in der Planung unabhängig von der Gruppe ebenfalls nicht beeinflusst hat. Die Untersuchung von Gruppe 2, die die AR-App nutzte, und Gruppe 3, die 2D/3D-Karten verwendete, ergab ebenfalls keinen klaren Beweis dafür, dass die Verwendung der AR-App einen bedeutenden Einfluss auf die Meinung der Teilnehmer hinsichtlich der Anzahl der Bäume hatte. Des

Weiteren war zu beobachten, dass es bei den Verkehrsflächen insgesamt erhebliche Unterschiede in der Wahrnehmung je nach der eingesetzten Technologie gab. Es wurde festgestellt, dass die AR-App Einschränkungen bei der Darstellung aufgewiesen hat, während die 2D-Karte als effektiver empfunden wurde. Schließlich lässt sich feststellen, dass die Nutzung der AR-App als Technologie nicht unbedingt für jede Anwendung erforderlich ist. Da es keinen Einfluss darauf zeigte, wie die Anzahl der Bäume je nach Technologie wahrgenommen wurde, gibt es keinen zwingenden Grund, AR-Technologie in solchen Fällen zu verwenden. Hier reicht eine 2D Karte vollkommen aus. Größere Strukturen wie Punkthochhäuser sind eher für AR-Projekte geeignet.

Eine weitere Feststellung ist, dass Bürger durch die Verwendung einer AR-App motiviert werden können, sich Bauprojekte anzusehen und an städtebaulichen Prozessen teilzunehmen. Dieser Aspekt ist von großer Bedeutung für die Förderung der Bürgerbeteiligung und den Einsatz innovativer Technologien in städtischen Planungsprozessen. Es deutet darauf hin, dass Technologie als ein Katalysator dienen kann, um das Engagement von Bürgern zu erhöhen, die bisher möglicherweise lediglich passive Beobachter des städtischen Geschehens waren. Dies könnte dazu beitragen, ein breiteres Verständnis für die Bedürfnisse und Anliegen der Bürger zu schaffen und ihre Stimmen in die Planung und Umsetzung von Bauprojekten besser zu integrieren. Insgesamt legen die Ergebnisse dieser Studie nahe, dass die Einführung einer AR-App das Potenzial hat, das Interesse und die Beteiligung von Bürgern an städtischen Bauprojekten und der Bürgerbeteiligung zu steigern. Die Untersuchung zeigte, dass eine große Anzahl von Bürgern zuvor wenig Interesse an städtischen Bauprojekten hatte, jedoch bereit war, ihr Verhalten zu ändern, wenn ihnen die Möglichkeit geboten wurde, eine AR-App zur Unterstützung dieser Projekte zu nutzen. Dies deutet darauf hin, dass die Technologie dazu beitragen kann, die Transparenz und das Verständnis für städtische Entwicklungen zu verbessern und die Teilnahme der Bürger zu fördern. Experten und Stadtplaner können so ermutigt werden AR-Anwendungen in die Planungs- und Präsentationsprozesse zu integrieren. Festzustellen ist, dass die Zustimmung zu Bauprojekten von einer komplexen Mischung verschiedener Faktoren beeinflusst wird, die über die bloße Übermittlung von Informationen hinausgehen. Die AR-App kann zwar dazu beitragen, das Wissen und das Verständnis des Bauprojektes zu fördern, jedoch allein nicht ausreichen, um die Akzeptanz von Bauprojekten signifikant zu steigern. Eine umfassende Herangehensweise an die Bürgerbeteiligung und die Akzeptanz von Bauprojekten ist von entscheidender Bedeutung. Dies erfordert die Berücksichtigung einer breiten Palette von Einflussfaktoren sowie die effektive Gestaltung von Beteiligungsprozessen und die Integration verschiedener Kommunikationsmittel. Nur durch die angemessene Berücksichtigung der Anliegen und Meinungen der Bürger kann eine erfolgreiche Akzeptanz von Bauprojekten erreicht werden. Es ist unabdingbar, dass diese Herangehensweise kontinuierlich an die spezifischen Bedürfnisse und Erwartungen der Gemeinschaft angepasst wird. Die Einbindung der Bürger in den gesamten Entscheidungsprozess ist der Schlüssel zur Schaffung von Vertrauen und Zustimmung in Bezug auf Bauprojekte. Die AR-App sollte als ein Werkzeug betrachtet werden, das städtebauliche Prozesse erweitert, anstatt andere Werkzeuge zu ersetzen.

8 Literaturverzeichnis

Adler, S.; Rockmann, L. (2015): Augmented-Reality als Erweiterungs-Tool des partizipativen Austausches in Planungsprozessen zum Ziel einer integrativen städtebaulichen Entwicklung. In: REAL CORSP PLAN TOGETHER – RIGHT NOW – OVERALL, S. 83 – 92.

Abacioglu, F.; Böhmert, C. (2023): Grundlagenbeitrag: Quantitative Befragung. In: Nieman, P.; van den Bogaert, V.; Ziegler, R. (Hrsg.): Evaluationsmethoden der Wissenschaftskommunikation, S. 69-84. Wiesbaden.

Android Studio (2023): Android Studio. - <https://developer.android.com/>. Letzter Zugriff am 30.07.2023.

Angelini, C. et al. (2020): City Planning with Augmented Reality. o.O.

Ayer, S. K. et al. (2019): Intergrating Geographic Information Systems and Augmented Reality for Mapping Underground Utilities. In: infrastructures, Jg. 4, H. 60, S. 1-17.

Azuma R., et al. (2001): Recent advances in augmented reality. In: IEEE computer graphics and applications, Jg. 6, H. 21, S. 34–47.

Batty, M. (2017): The New Science of Cities. London.

Beteiligungsportal BaWü(Baden-Württemberg)(o.J.): Demokratie lebt von den Bürgerinnen und Bürgern. - <https://beteiligungsportal.baden-wuerttemberg.de/de/informieren/was-ist-buergerbeteiligung/>. Letzter Zugriff am 18.06.2022.

Bill, R. (2002): Virtuelle Realität und GIS im kommunalen Umfeld. In zfv, Jg. 127, S. 1-8.

Borko, F.; Carmigniani, J. (2011): Chapter 1: Augmented Reality: An Overview. In: Furht, B. (Hrsg.): Handbook of Augmented Reality, S. 3-45.

Dai, X., et al. (2018): An Indoor Scene Recognition-Based 3D Registration Mechanism for Real-Time AR-GIS Visualization in Mobile Applications. In: International Journal of Geo-Information, Jg. 7, H. 112, S. 1-15.

ESRI(a) (2023): ArcGIS Maps SDK for Kotlin. - <https://developers.arcgis.com/kotlin/>. Letzter Zugriff am 16.07.23.

ESRI(b) (2023): arcgis-runtime-toolkit-android. - <https://github.com/Esri/arcgis-runtime-toolkit-android>. Letzter Zugriff am 16.07.23.

ESRI(c) (2023): ArcGIS Survey123. - <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-survey123/overview?rsource=%2Fen-us%2Farcgis%2Fproducts%2Fsurvey123%2Foverview>. Letzter Zugriff am 16.07.2023.

ESRI(d) (2023): ESRI. - <https://www.esri.com/>. Letzter Zugriff am 19.07.2023.

Fegert, J., et al. (2021): Ich sehe was, was du auch siehst. Über die Möglichkeiten von Augmented und Virtual Reality für die digitale Beteiligung von Bürger:innen in der Bau- und Stadtplanung. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Jg. 58, S. 1180-1195.

Fishkin, J. S. (2009). When the People Speak: Deliberative Democracy and Public Consultation. New York.

Gerger, A.; Urban, H.; Schranz, C. (2023): Augmented Reality for Building Authorities: A Use Case Study in Austria. In: buildings, Jg. 13, H. 1462, S. 1 – 21.

Jaritz, P. et al. (2022): Einsatz von Augmented Reality zur Abnahme und Qualitätssicherung auf Baustellen. In: Berichte aus Energie- und Umweltforschung.

Karlsruhe (2022): Bebauungsplan: Westlich der Erzbergerstraße zwischen New-York-Straße und Lilienthalstraße (Nr. 882). - <https://geoportal.karlsruhe.de/bplan/>. Letzter Zugriff am 30.07.2023.

Mund, J.; Müller, S. (2016): Geodaten und GIS-Methoden als Instrumente im Landmanagement. In: zfv, Jg. 141, S. 135-140.

Pahl-Weber, E.; Schwartze, F. (2018): Stadtplanung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 2509-2520.

Rameezdeen, R. et al. (2022): How information gaining affects public acceptance in large-scale infrastructure projects: A comparative case study. In: Environmental Impact Assessment Review, Jg. 97.

R-Studio (2023): R-Studio. - <https://www.r-studio.com/>. Letzter Zugriff am 16.09.2023.

Suchita, J.; Sujata, S. (2019): Role of Augmented Reality Applications for Smart City Planning. In: International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Jg. 8, H. 9S2, S. 41-46.

Woodward, C. (2015): Mobile Augmented Reality for City Planning. In: Airaksinen, M. (Hrsg.): Smart City, VTT Research Highlights: 12, S. 28-29.

Anhang

Anhang 1: Fragebogen

Zur Person:

Geben Sie ihr Alter an:

Geben Sie ihr Geschlecht an:

- m
- w
- d

Fragen zum Bauprojekt:

Haben Sie sich die 2D/3D Planung angeschaut, haben Sie die AR-App genutzt oder beides?

- Beides
- AR-App
- 2D/3D Planung

Falls beides

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass neben der Schule ein 39m hohes Gebäude platziert wird. Wie konnten Sie sich das hohe Gebäude vorstellen, bevor Sie die AR-App genutzt haben?

- Ich konnte es mir gut vorstellen
- Ich konnte es mir in etwa vorstellen
- Ich konnte es mir wenig vorstellen
- Ich konnte es mir gar nicht vorstellen

Wie hat sich Ihre Vorstellung der Gebäudehöhe verändert, als Sie sich das Gebäude mit der AR-App angeschaut haben?

- Ich habe mir das Gebäude kleiner vorgestellt
- Ich habe mir das Gebäude größer vorgestellt
- Die AR-App hat meine Vorstellung nicht beeinflusst

Empfanden Sie die Höhe des Gebäudes neben der Schule als zu hoch, bevor Sie die AR-App genutzt haben?

- Ja
- Nein

Hat sich Ihre Meinung zu der Höhe des Gebäudes neben der Schule verändert, als Sie sich das Gebäude mit der AR-App angeschaut haben?

- Ja

- Nein

Ihnen wurde mittgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie viele Gebäude in Planung sind. Wie empfanden Sie die Höhe der geplanten Gebäude, bevor Sie die AR-App genutzt haben?

- Die Höhe der Gebäude ist sehr hoch
- Die Höhe der Gebäude ist hoch
- Die Höhe der Gebäude ist angemessen
- Die Höhe der Gebäude ist niedrig
- Die Höhe der Gebäude ist sehr niedrig

Hat sich ihre Meinung bezüglich der Höhe der Gebäude verändert, als Sie die Gebäude mit der AR-App angeschaut haben?

- Ja, ich finde die Höhe der Gebäude doch angemessen
- Ja, ich finde die Höhe der Gebäude doch zu hoch
- Ja, ich finde die Höhe der Gebäude doch zu niedrig
- Nein, die AR-App hat meine Meinung nicht verändert

Ihnen wurde mittgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass Bäume geplant sind. Wie empfanden Sie die Anzahl der geplanten Bäume, bevor Sie die AR-App genutzt haben?

- Die Anzahl der Bäume ist angemessen
- Die Anzahl der Bäume ist zu wenig
- Die Anzahl der Bäume ist zu viel

Hat sich ihre Meinung bezüglich der Anzahl der Bäume verändert, als Sie die Bäume mit der AR-App angeschaut haben?

- Ja, ich finde die Anzahl der Bäume doch angemessen
- Ja, ich finde die Anzahl der Bäume doch zu wenig
- Ja, ich finde die Anzahl der Bäume doch zu viel
- Nein, die AR-App hat meine Meinung nicht verändert

Ihnen wurde mittgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie die Planung der Verkehrsflächen für Kraftfahrstraßen, Geh- und Radwege erfolgt ist. Empfanden Sie die Verteilung der Verkehrsflächen als angemessen, bevor Sie die AR-App genutzt haben?

- Ja
- Nein

Falls Nein, welche Aussagen treffen zu? (Mehrfachnennung möglich)

- Zu wenig Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu viel Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu wenig Fläche für Fußgängerwege
- Zu viel Fläche für Fußgängerwege
- Zu wenig Fläche für Radwege
- Zu viel Fläche für Radwege

Hat sich Ihre Meinung bezüglich der Verteilung der Verkehrsfläche verändert, als Sie die AR-App genutzt haben?

- Ja
- Nein
- Es ist nicht eindeutig zu erkennen

Falls ja, was hat sich verändert? Welche Aussagen treffen zu? (Mehrfachnennung möglich)

- Doch zu wenig Fläche für Kraftfahrstraßen
- Doch zu viel Fläche für Kraftfahrstraßen
- Doch zu wenig Fläche für Fußgängerwege
- Doch zu viel Fläche für Fußgängerwege
- Doch zu wenig Fläche für Radwege
- Doch zu viel Fläche für Radwege

Falls AR-App

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass neben der Schule ein 39m hohes Gebäude platziert wird. Wie konnten Sie sich das hohe Gebäude vorstellen?

- Ich konnte es mir gut vorstellen
- Ich konnte es mir in etwa vorstellen
- Ich konnte es mir wenig vorstellen
- Ich konnte es mir gar nicht vorstellen

Empfanden Sie die Höhe des Gebäudes neben der Schule als zu hoch?

- Ja
- Nein

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie viele Gebäude in Planung sind. Wie empfanden Sie die Höhe der geplanten Gebäude?

- Die Höhe der Gebäude ist sehr hoch
- Die Höhe der Gebäude ist hoch
- Die Höhe der Gebäude ist angemessen
- Die Höhe der Gebäude ist niedrig
- Die Höhe der Gebäude ist sehr niedrig

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass Bäume geplant sind. Wie empfanden Sie die Anzahl der geplanten Bäume?

- Die Anzahl der Bäume ist angemessen
- Die Anzahl der Bäume ist zu wenig
- Die Anzahl der Bäume ist zu viel

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie die Planung der Verkehrsflächen für Fahrzeug-, Geh- und Radwege sind. Empfanden Sie die Verteilung der Verkehrsflächen als angemessen?

- Ja
- Nein
- Ich konnte es nicht erkennen

Falls nein, welche Aussagen treffen zu? (Mehrfachnennung möglich)

- Zu wenig Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu viel Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu wenig Fläche für Fußgängerwege
- Zu viel Fläche für Fußgängerwege
- Zu wenig Fläche für Radfahrwege
- Zu viel Fläche für Radfahrwege

Falls 2D/3D Planung

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass neben der Schule ein 39m hohes Gebäude platziert wird. Wie konnten Sie sich das hohe Gebäude vorstellen?

- Ich konnte es mir gut vorstellen
- Ich konnte es mir in etwa vorstellen
- Ich konnte es mir wenig vorstellen
- Ich konnte es mir gar nicht vorstellen

Empfanden Sie die Höhe des Gebäudes neben der Schule als zu hoch?

- Ja
- Nein

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie viele Gebäude mit ihrer geplanten Höhe in der Planung sind.

Wie empfanden Sie die Höhe der geplanten Gebäude?

- Die Höhe der Gebäude ist sehr hoch
- Die Höhe der Gebäude ist hoch
- Die Höhe der Gebäude ist angemessen
- Die Höhe der Gebäude ist niedrig
- Die Höhe der Gebäude ist sehr niedrig

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, dass Bäume geplant sind in der Planung. Wie empfanden Sie die Anzahl der geplanten Bäume?

- Die Anzahl der Bäume ist angemessen
- Die Anzahl der Bäume ist zu wenig
- Die Anzahl der Bäume ist zu viel

Ihnen wurde mitgeteilt bzw. Sie haben gesehen, wie die Planung der Verkehrsflächen für Fahrzeug-, Geh- und Radwege sind. Empfanden Sie die Verteilung der Verkehrsflächen als angemessen?

- Ja
- Nein

Falls nein, welche Aussagen treffen zu? (Mehrfachnennung möglich)

- Zu wenig Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu viel Fläche für Kraftfahrstraßen
- Zu wenig Fläche für Fußgängerwege
- Zu viel Fläche für Fußgängerwege
- Zu wenig Fläche für Radfahrwege
- Zu viel Fläche für Radfahrwege

Technische Fragen:

Haben Sie die AR-App genutzt?

- Ja
- Nein

Falls Ja,

Wie viel Zeit verbringen Sie am Tag mit Ihrem Mobilien Gerät?

- weniger als 1h
- 1 - 2h
- 2h - 4h
- mehr als 4h

Wie viel Erfahrung besitzen sie in Computer Spiele? (1 = gar keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Besitzen Sie Erfahrung in 3D Visualisierung? (1 = gar keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Besitzen Sie Erfahrung mit AR-Apps? (1 = gar keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Wie war die Bedienung der AR-App? (1 = kaum bedienbar, 5 = sehr einfache Bedienung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

War die Visualisierung der 3D-Planung ausreichend, damit Sie verstehen können was geplant ist zu bauen? (1 = nicht ausreichend , 5 = ausreichend)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Öffentlichkeitsbeteiligung (Bürgerbeteiligung):

Haben Sie Erfahrung in der Architektur? (1 = keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Haben Sie Erfahrung in der Stadtplanung? (1 = keine Erfahrung, 5 = sehr viel Erfahrung)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Beteiligen Sie sich bei der Öffentlichkeitsbeteiligung (Bürgerbeteiligung) von Bauprojekten der Stadt oder informieren Sie sich zu den Bauprojekten der Stadt?

- Ja
- Nein

Falls nein, wäre eine AR-App ein Anreiz für Sie, sich mehr mit den Bauprojekten zu beschäftigen?

- Ja
- Nein

Falls ja, würden Sie eine AR-App zum besagten Thema nutzen?

- Ja
- Nein

Bauprojekt:

Wie nehmen Sie das Bauprojekt wahr? (1 = wenig Überzeugt, 5 = sehr Überzeugt)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Anhang 3:

Zeichenerklärung

1. Planungsrechtliche Festsetzungen nach BauGB

- ① - ⑳ Baufeld
- WA Allgemeines Wohngebiet
- MU1-3 Urbanes Gebiet
- GE Gewerbegebiet
- GEe Eingeschränktes Gewerbegebiet
- SO Sondergebiet für Einzelhandel, Büro, Dienstleistung und Wohnen
- GH 9,60 m Maximalhöhe des Gebäudes
- min Mindesthöhe des Gebäudes
- GH 9,60 m Max. Anzahl der Vollgeschosse
- IV
- 114.31 Geländehöhe in m über NHN
- Baugrenze
- Baulinie
- Arkade
- a abweichende Bauweise
- Abgrenzung unterschiedlicher Nutzung
- Straßenbegrenzungslinie
- PV Private Verkehrsfläche
- Verkehrsfläche, Erschließungsstraße *
- Verkehrsfläche, Mischfläche *
- Verkehrsfläche, Bereich für Fußgänger und Fahrradfahrer *
- Verkehrsfläche, Gehweg *
- G + R Verkehrsfläche, Geh- und Radweg *
- P Verkehrsfläche, öffentliche Parkierung *
- F Verkehrsfläche, öffentliche Fahrradstellplätze *
- Verkehrsfläche, Verkehrsgrün *
- (* Die Zweckbestimmung und Aufteilung des Straßenraumes sind unverbindlich)
- Öffentliche Grünfläche: Parkanlage u. Spielflächen (Puffer zur Vermeidung der Schutzgebietsübernutzung durch Erholungssuchende)
- Umgrenzung von Flächen für die Regelung des Wasserabflusses - Regenwasserversickerung

- Vorgezogene Artenschutzmaßnahme siehe I. Ziffer 9.2 der planungsrechtlichen Festsetzungen
- GBF Flächen für den Gemeinbedarf: Anlagen für soziale, sportliche und kulturelle Zwecke, öffentliche Verwaltung und Schulnutzung
- TGG Tiefgarage im öffentlichen Raum
- TGa Tiefgarage
- GTGa Gemeinschaftstiefgarage
- Geh- und Fahrrecht zugunsten der Allgemeinheit
- Geh-, Fahr- und Leitungsrecht zugunsten der Ver- und Entsorgungsträger
- Bereiche für Ein- und Ausfahrt
- Anzupflanzende Bäume, PFG 1 (Verkehrsfläche), PFG 1b (Baugrundstücke)
- Anzupflanzende Bäume, PFG 2 (Verkehrsfläche), PFG 2b (Baugrundstücke)
- Anzupflanzende Bäume, PFG 3 (Verkehrsfläche)
- Anzupflanzende Bäume, PFG 4 (öffentliche Grünfläche)
- Bäume Erhalt
- Fläche für Versorgungsanlagen: Elektrizität
- Lärmschutzwand, Abmessungen siehe Planeintrag
- Grenze des räumlichen Geltungsbereiches

2. Örtliche Bauvorschriften nach LBO

- FD 0°-5° Flachdach, 0°-5° Dachneigung

3. Nachrichtliche Übernahme

- Denkmalgeschützte Gebäude und Außenanlagen
- Bäume Bestand
- Bäume entfallend
- FFH-Gebiet und Naturschutzgebiet Alter Flugplatz Karlsruhe
- Bestand

Anhang 4:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<LinearLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical"
    android:paddingLeft="16dp"
    android:paddingRight="16dp">
    <TableLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content">
        <TableRow
            android:layout_width="272dp"
            android:layout_height="match_parent">
            <Button
                android:id="@+id/position1"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="position1" />
            <Button
                android:id="@+id/position2"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="position2" />
            <Button
                android:id="@+id/position3"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="position3" />
        </TableRow>
        <TableRow
            android:layout_width="258dp"
            android:layout_height="match_parent">
            <Button
                android:id="@+id/altBtnPlus"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="altitude +" />
            <Button
                android:id="@+id/altBtnMinus"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="altitude -" />
            <Button
                android:id="@+id/xBtnPlus"
                android:layout_width="77dp"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="X +" />
            <Button
                android:id="@+id/xBtnMinus"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="X -" />
        </TableRow>
        <TableRow
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="match_parent">
            <Button
                android:id="@+id/yBtnMinus"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="Y -" />
            <Button
                android:id="@+id/yBtnPlus"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="Y +" />
            <Button
                android:id="@+id/switchBestand"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="SwBd" />
            <Button
                android:id="@+id/switchNutzung"
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:text="SwNgt" />
        </TableRow>
    </TableLayout>
    <LinearLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent">
        <com.esri.arcgisruntime.toolkit.ar.ArcGISMapView
            android:id="@+id/arView"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="match_parent">
        </com.esri.arcgisruntime.toolkit.ar.ArcGISMapView>
    </LinearLayout>
</LinearLayout>
```