



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

**Aus dem Institut für
Multimediale und Interaktive Systeme
der Universität zu Lübeck**

**Diskurse mit anderen Augen sehen –
AR-gestützte Beteiligungssysteme
in kommunalen politischen Diskursen**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

Aus der Sektion Informatik / Technik

vorgelegt von
Florian König
aus Freiburg im Breisgau

Lübeck, 2025

1. Berichtstatter/Berichtstatterin: Prof. Dr. rer. pol. Moreen Heine M.A.

2. Berichtstatter/Berichtstatterin: Prof. Dr.-Ing. Andreas Schrader

Tag der mündlichen Prüfung: 30.09.2025

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 06.10.2025

Kurzfassung

Digitale Beteiligungsformate spielen eine immer wichtigere Rolle in der kommunalen Bürgerbeteiligung, indem sie Einwohner und Interessengruppen einbinden und lokales Wissen nutzen. Zentrale Herausforderungen bestehen darin, komplexe Themen verständlich aufzubereiten und Beteiligungsprozesse zugänglich zu gestalten. Visualisierungen – insbesondere Augmented Reality (AR) – bieten Potenzial, um räumliche und abstrakte Informationen greifbarer zu machen.

Diese Arbeit untersucht, wie eine mobile AR-Anwendung gestaltet werden kann, um Bürger aktiv in Beteiligungsprozesse der Stadtplanung einzubeziehen. Dazu wurde eine mobile AR-App systematisch konzipiert, iterativ in einem menschenzentrierten Prozess entwickelt und hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit evaluiert. In einer randomisierten kontrollierten Laborstudie wurde sie mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen, um zu analysieren, inwiefern sie das Verständnis räumlicher Informationen sowie das Einbringen eigener Vorschläge unterstützt und welche Auswirkung der AR-Einsatz auf den Diskurs, die wahrgenommene Arbeitsbelastung sowie die Beteiligungsbereitschaft hat. Abschließend wurden basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen allgemeine Empfehlungen für die nutzerzentrierte Gestaltung und den nachhaltigen Einsatz von AR in Beteiligungsprojekten abgeleitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die entwickelte AR-App Nutzende dabei unterstützt, sich mit Beteiligungsprojekten auseinanderzusetzen, räumliche Informationen zu erfassen und eigene Vorschläge einzubringen. Augmented Reality zeigt Potenzial, die Beteiligungsbereitschaft zu steigern und vielfältigere Vorschläge zu fördern. In der vorliegenden Untersuchung ließen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede gegenüber einem analogen Werkzeug belegen. Dennoch liefert die Arbeit wertvolle Erkenntnisse zur Gestaltung gebrauchstauglicher AR-Anwendungen für die Bürgerbeteiligung. Sie verdeutlicht, dass AR das Potenzial hat, Beteiligungsprozesse zu bereichern, wenn technologische, nutzerzentrierte und organisatorische Faktoren optimal aufeinander abgestimmt werden.

Damit trägt die Arbeit zur Forschung im Bereich Mensch-Computer-Interaktion (HCI) bei, indem sie nutzerzentrierte Gestaltungsprinzipien für AR-basierte Beteiligungswerkzeuge entwickelt, umsetzt und im Rahmen eines Mixed-Methods-Ansatzes empirisch evaluiert. Der Beitrag liegt insbesondere in der systematischen Erprobung, wie AR-basierte Beteiligungswerkzeuge gestaltet sein sollten, um Beteiligung verständlich, zugänglich und wirksam zu unterstützen. Die Ergebnisse bieten darüber hinaus Anknüpfungspunkte für zukünftige Studien zur digitalen Beteiligung.

Schlüsselwörter

Beteiligung, Augmented Reality, Visualisierung, Diskurs

Abstract

Digital participation formats play an increasingly important role in municipal urban planning and public participation, as they help to engage residents and interest groups while leveraging valuable local knowledge. Key challenges include presenting complex topics in a comprehensible way and making participation more accessible. Visualizations – particularly Augmented Reality (AR) – have the potential to make spatial and abstract information more tangible.

This doctoral dissertation examines how a mobile AR application can be designed to actively engage citizens in public participation processes in urban planning. To this end, a mobile AR application was systematically designed and iteratively developed within a human-centred process, and its usability was evaluated. In a randomized controlled laboratory study, the app was compared to an analogue participation tool to analyse how it supports the understanding of spatial information and the development of individual proposals. Furthermore, the study investigated the impact of AR on discourse, perceived workload, and willingness to participate. Finally, based on the insights gained, general recommendations were derived for the user-centred design and sustainable implementation of AR in participation projects.

The results show that the developed AR app supports users in engaging with participation projects, understanding spatial information, and contributing their own proposals. While AR tends to increase willingness to participate and encourage more diverse contributions, no statistically significant differences compared to an analogue tool were found. Nonetheless, the study provides valuable insights into the design of usable AR applications for public participation. It demonstrates that AR has the potential to enhance participation processes provided that technological, user-centred and organisational factors are well aligned.

With these findings, the doctoral dissertation contributes to research in the field of Human-Computer Interaction (HCI) by developing, implementing, and empirically evaluating user-centred design principles for AR-based participation tools within a mixed-method approach. The contribution lies in the systematic exploration of how AR-based participation tools need to be designed to support participation in a more understandable, accessible, and effective way. The results also offer points of departure for future studies on digital participation.

Keywords

Participation, Augmented Reality, Visualization, Discourse

Erklärung zur Verwendung generativer künstlicher Intelligenz (KI)

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das generative KI-Modell ChatGPT-4 (OpenAI, <https://chatgpt.com>) für unterstützende Funktionen im Arbeitsprozess eingesetzt. Konkret diente es zur orthografischen und grammatikalischen Prüfung bestehender Texte, zur Unterstützung bei der Optimierung von R-Code – insbesondere zur Feinjustierung von Datenvisualisierungen – sowie zur Umwandlung von Literaturangaben in das BibTeX-Format.

Zudem wurde für die automatisierte Transkription von Audioaufzeichnungen das KI-Modell Whisper (OpenAI, <https://github.com/openai/whisper>) genutzt. Das Modell wurde ausschließlich lokal ausgeführt, sodass keine Daten an Dritte übertragen wurden. Weitere Details sind in Kapitel 6.1 beschrieben.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	I
Abstract	II
Inhaltsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Aufbau der Arbeit.....	5
2 Theoretische Grundlagen	7
2.1 Bürgerbeteiligung.....	7
2.1.1 Stufen und Formen der Beteiligung	8
2.1.2 Organisation kommunaler Beteiligung.....	11
2.1.3 Voraussetzungen erfolgreicher Beteiligung	13
2.1.4 Visualisierung in Beteiligungsprojekten	15
2.1.5 Digitale Beteiligung	18
2.2 Augmented Reality.....	19
2.2.1 Hardware	21
2.2.2 Software.....	22
2.2.3 Tracking.....	23
2.3 Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung.....	23
2.3.1 Methode.....	23
2.3.2 Ergebnisse	25
2.3.3 Zusammenfassung und Fazit zum Literaturreview	28
3 Methoden und Vorgehen.....	31
3.1 Forschungsfragen	32
3.2 Vorgehen	34
4 Anforderungsanalyse.....	39
4.1 Expertenworkshop (Anforderungsworkshop)	39
4.1.1 Methode.....	40
4.1.2 Ergebnisse	41
4.1.3 Diskussion	43
4.1.4 Fazit zum Workshop	44
4.2 Vorbereitende Arbeiten	44
4.2.1 Masterprojekt: Open Data AR (ODAR).....	45
4.2.2 Bachelorprojekt: Bürgerbeteiligung mit Augmented Reality.....	46
4.2.3 Bachelorarbeit: AR-Beteiligung am Beispiel der Stadtbegrünung.....	47
4.2.4 Bachelorprojekt: AR-Annotationen im öffentlichen Raum.....	48
4.2.5 Bachelorprojekt: Augmented to Explore.....	49

4.2.6	Fazit zu den vorbereitenden Arbeiten.....	50
4.3	Aufgaben und Prozessschritte	51
4.3.1	Aufgaben der Teilnehmenden	51
4.3.2	Aufgaben der Organisatoren.....	53
4.3.3	Fazit zur Aufgabenanalyse	54
4.4	Benutzer und Benutzerklassen	54
4.4.1	Technikskeptische unerfahrene Benutzer ohne Beteiligungserfahrung	57
4.4.2	Technikinteressierte Gelegenheitsbenutzer mit viel Beteiligungserfahrung	58
4.4.3	Technikaffine regelmäßige Benutzer mit etwas Beteiligungserfahrung	58
4.4.4	Weitere Benutzergruppe: Funktions- und Entscheidungsträger.....	59
4.4.5	Fazit zur Benutzeranalyse.....	59
4.5	Kontext und Rahmenbedingungen der Beteiligung	60
4.5.1	Räumlicher Kontext	60
4.5.2	Zeitlicher Kontext.....	61
4.5.3	Organisatorischer Kontext.....	63
4.6	Zusammenfassung der Anforderungen.....	64
5	Konzeption und Implementierung.....	67
5.1	Konzeption der mobilen Anwendung.....	67
5.1.1	Begründung der Hardware-Entscheidung	67
5.1.2	Grundsätzlicher Aufbau der mobilen AR-Anwendung.....	68
5.1.3	Einführung.....	69
5.1.4	Liste der Projekte.....	70
5.1.5	Startseite und Einstiegspunkte.....	72
5.1.6	Projektdetails	74
5.1.7	Vorschläge zu einem Projekt.....	76
5.1.8	Augmented-Reality-Ansicht.....	76
5.1.9	Vorschlagseditor.....	77
5.1.10	Feature-Set: Zusammenfassung der Funktionen	78
5.2	Erster Prototyp: Projekte und Vorschläge nachvollziehen	81
5.2.1	Projekte finden und sich über Projekte informieren	81
5.2.2	Vorschläge ansehen und vergleichen	82
5.3	Erste formative Evaluation.....	83
5.3.1	Ziele der Evaluation	83
5.3.2	Methode.....	84
5.3.3	Ergebnisse	86
5.3.4	Diskussion	88
5.3.5	Fazit zur ersten formativen Evaluation.....	89
5.4	Zweiter Prototyp: Zum Diskurs beitragen.....	90

5.4.1	Vorschläge kommentieren.....	90
5.4.2	Vorschläge hinzufügen und bearbeiten	90
5.4.3	Einführung in die App	92
5.5	Zweite formative Evaluation	93
5.5.1	Ziele der Evaluation	93
5.5.2	Methode.....	94
5.5.3	Ergebnisse	98
5.5.4	Diskussion	102
5.5.5	Fazit zur zweiten formativen Evaluation.....	105
5.6	Der finale Prototyp	106
5.6.1	Architektur.....	106
5.6.2	Design und Kontraste	107
5.6.3	Einführung und Unterstützung	109
5.6.4	Startseite und Navigationskonzept	110
5.6.5	Projektdetails	111
5.6.6	Vorschläge und AR-Ansicht.....	111
5.6.7	Vorschlag-Editor	114
6	Summative Evaluation	117
6.1	Methodik der Laborstudie	117
6.1.1	Teilnehmende	117
6.1.2	Instrumente.....	120
6.1.3	Aufgaben	125
6.1.4	Ablauf.....	126
6.1.5	Setting.....	127
6.1.6	Auswertung	129
6.2	Ergebnisse der Laborstudie	131
6.2.1	Vergleichbarkeit der Gruppen	131
6.2.2	Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik	135
6.2.3	Vergleich mit einem analogen Werkzeug	137
6.2.4	Vergleich: Verständnis räumlicher Informationen	137
6.2.5	Vergleich: Beitragen eigener Vorschläge.....	140
6.2.6	Vergleich: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte	142
6.2.7	Vergleich: Schwierigkeit und Arbeitsbelastung	144
6.2.8	Vergleich: Beteiligungsbereitschaft	148
6.3	Diskussion zur Laborstudie	150
6.3.1	Vergleichbarkeit der Gruppen	150
6.3.2	Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik	152
6.3.3	Vergleich mit einem analogen Werkzeug	152

6.3.4	Vergleich: Verständnis räumlicher Informationen	153
6.3.5	Vergleich: Beitragen eigener Vorschläge.....	154
6.3.6	Vergleich: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte	155
6.3.7	Vergleich: Schwierigkeit und Arbeitsbelastung	155
6.3.8	Vergleich: Beteiligungsbereitschaft	157
6.4	Limitationen der Laborstudie	159
6.5	Fazit zur Laborstudie.....	160
7	Übergreifende Diskussion	163
7.1	Allgemeine Gebrauchstauglichkeit (RQ1)	163
7.2	Vergleich von AR mit analoger Beteiligung (RQ2).....	166
7.3	Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen (RQ3)	170
7.4	Wissenschaftlicher Beitrag.....	184
7.5	Weiterführende Forschung	186
8	Zusammenfassung	189
	Literatur	191
	Abbildungen	203
	Tabellen.....	205
	Anhänge	206

1 Einleitung

Politische Beteiligung ermöglicht, lokales Wissen in Entscheidungen einfließen zu lassen und das Verständnis für geplante Maßnahmen zu verbessern (Walz et al., 2012). Obwohl es viele Beteiligungsformate gibt, werden diese häufig von vielen Personen nicht wahrgenommen (Konrad-Adenauer-Stiftung, 2023a, 2023b; Schoßböck et al., 2018).

Diese Herausforderung zeigt sich besonders in komplexen Themen wie der Stadtplanung. Unterschiedliche Stakeholder mit vielfältigen Sichtweisen und Erfahrungen erschweren die Kommunikation (Schrom-Feiertag et al., 2018; Spieker, 2021). Hinzu kommen strukturelle und inhaltliche Hürden wie komplexe Themen oder fehlendes Fachwissen, die eine breite Beteiligung erschweren können. Stadtplanung ist zudem gekennzeichnet durch komplexe Informationen über Entwicklungen, die oft in der Zukunft liegen und daher schwer vorstellbar sind. Da *Bürger*¹ in der Regel Laien in der Stadtplanung sind, lassen sich Wissen und Fähigkeiten beispielsweise beim Lesen abstrakter Pläne oder fachlicher Texte nicht einfach voraussetzen (Spieker, 2021). Dies kann den Dialog zusätzlich erschweren.

Eine Möglichkeit, um die Vorstellung zu erleichtern und die Verständigung zwischen Stakeholdern zu unterstützen, sind Visualisierungen. Während traditionelle Visualisierungswerkzeuge (z. B. Pläne, Zeichnungen oder Architekturmodelle) einen ersten Eindruck vermitteln können, gelten sie häufig als wenig verständlich und kaum interaktiv. Digitale Technologien wie Echtzeitsimulationen sowie Virtual und Augmented Reality bieten hingegen neue Potenziale, um Beteiligungsprozesse flexibler, anschaulicher und zugänglicher zu gestalten (Spieker, 2021).

In diesem Kapitel wird das übergeordnete Thema dieser Arbeit hergeleitet (Abschnitt 1.1) und der Aufbau der Arbeit vorgestellt (Abschnitt 1.2).

1.1 Motivation

Politische Beteiligung ist elementarer Bestandteil der Demokratie. In Deutschland sind Bürger regelmäßig aufgerufen, politische Vertreter auf kommunaler, Landes- oder Bundesebene zu wählen. Beteiligung geht jedoch über die alleinige Ausübung des Wahlrechts hinaus und kann auf allen Ebenen des föderalen Staats und über diverse Beteiligungsformate erfolgen. Diese reichen von einfachen Informationsveranstaltungen über dialogorientierte Beteiligung im Vorfeld von Entscheidungen bis hin zu direktdemokratischen entscheidungsorientierten Verfahren (vgl. Abschnitt 2.1.1). Beispiele für direktdemokratische

¹ In dieser Arbeit werden aus Gründen der besseren Lesbarkeit überwiegend das generische Maskulinum sowie neutrale Partizipformen verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen beziehen sich selbstverständlich auf alle Geschlechter.

Verfahren sind Referenden, Bürgerbegehren, Bürgerentscheide, Einwohnerversammlungen und Einwohneranträge (*Bürgerrechte*, 2023; Geißel et al., 2014, S. 18). Die Beteiligung von *Einwohnern*² und Interessengruppen kann dazu beitragen, lokales Wissen besser zu nutzen, Konfliktpotenziale frühzeitig zu erkennen und durch transparente Entscheidungsprozesse sowie die eigene Mitwirkung die Akzeptanz für Entscheidungen zu stärken (Walz et al., 2012). *Bürgerbeteiligung*³ kann somit eine Möglichkeit sein, „[...] trotz der zunehmenden Individualisierungs- und Differenzierungsprozesse weiterhin zu gemeinsamen Problemlösungen zu gelangen“ (Vetter & Remer-Bollow, 2017, S. 4).

Trotz der zentralen Rolle politischer Beteiligung im demokratischen System und der Vielzahl von Beteiligungsformaten nimmt nur ein Teil der Bürger diese Möglichkeiten wahr. So beteiligten sich im Jahr 2018 lediglich 9 % an Demonstrationen und 36 % an Unterschriftensammlungen (nicht institutionalisierte Beteiligung) sowie 6 % an Parteiarbeit oder Bürgerinitiativen und 32 % an Vereinsarbeit oder der Arbeit in Organisationen (organisatorische Beteiligung; Bundeszentrale für politische Bildung (bpb), 2021, S. 381). Zentrale Voraussetzungen für Beteiligung sind die Verfügbarkeit individueller Ressourcen und individuellen Wissens in der Beteiligungsdomäne sowie die Gelegenheit zur Beteiligung (Lowndes et al., 2006; Nanz & Fritsche, 2024, S. 49). Darüber hinaus können weitere strukturelle Beteiligungshürden die Möglichkeit oder den Willen zur Beteiligung beeinträchtigen (z. B. Registrierungsprozesse oder eingeschränkte Zeitfenster). Je höher diese Hürden sind, desto weniger Menschen nehmen aktiv an Beteiligungsprozessen teil (Schoßböck et al., 2018).

Besonders deutlich werden diese Herausforderungen in Projekten, die sich mit konzeptionellen Fragestellungen befassen, etwa bei Bauprojekten (räumlich begrenzt) oder in der Stadtplanung (übergreifende Planung, z. B., eines Stadtteils). Bürger und andere Stakeholder verfügen oft über sehr unterschiedliche Hintergründe und Wissensstände in der jeweiligen Beteiligungsdomäne (Schrom-Feiertag et al., 2018). Stadtplanerische Projekte sind oft abstrakt angelegt und zeichnen sich durch komplexe Zusammenhänge aus, die im Planungsprozess zu berücksichtigen sind. Besonders in frühen Planungsphasen, in denen die Umsetzung noch nicht begonnen hat oder erst am Anfang steht, fällt es daher häufig schwer, sich potenzielle Veränderungen vorzustellen (Wang & Lin, 2023).

Gleichzeitig betrifft die Gestaltung des öffentlichen Raums die Bürger unmittelbar, da sie deren alltäglichen Lebensraum direkt beeinflusst (Nanz & Fritsche, 2024, S. 32; Schöttle, 2019a, S. 120). Geplante Änderungen im Rahmen stadtplanerischer Maßnahmen (z. B. Bauvorhaben oder Infrastrukturprojekte) haben oft langfristige Auswirkungen auf die Lebensqualität der Einwohner. Die genannten Herausforderungen sowie die hohe gesellschaftliche Relevanz machen die Stadtplanung zu einem geeigneten Anwendungsfeld für diese Arbeit.

² Als *Einwohner* werden in dieser Arbeit alle in einer Kommune lebenden Menschen verstanden. Neben Bürgern mit vollem Wahlrecht zählen hierzu beispielsweise auch Kinder und Migrantinnen und Migranten.

³ Der Begriff *Bürgerbeteiligung* wird aufgrund seiner Verbreitung verwendet, schließt im Rahmen dieser Arbeit jedoch sämtliche Einwohnerinnen und Einwohner einer Kommune ein.

Besonders deutlich wird dies in konkreten Projekten wie der Planung von Spielplätzen, Grünflächen oder Verkehrsflächen. Diese Vorhaben sind stark im lokalen Kontext verankert, betreffen direkt das alltägliche Lebensumfeld der Menschen und sind teils schwer vorstellbar. Daher eignen sie sich gut, um digitale Beteiligungswerkzeuge wie Augmented Reality exemplarisch zu untersuchen.

Unter Stadtplanung wird die strategische Steuerung und Gestaltung räumlicher Strukturen verstanden (Henckel et al., 2010, S. 489–490). Sie umfasst sowohl gesamte Städte als auch kleinere Einheiten wie beispielsweise Stadtteile oder Quartiere und wird häufig synonym zu Städtebau und Stadtentwicklung verwendet. Aufgrund der Vielzahl an Akteuren und Anforderungen sind in der Stadtplanung komplexe Anforderungen und Zusammenhänge zu berücksichtigen (Henckel et al., 2010, S. 491). Diese Komplexität stellt Bürger als Laien in der Stadtplanung vor zwei wesentliche Herausforderungen: Erstens kann es schwierig sein, alle relevanten Faktoren und deren Wechselwirkungen zu verstehen. Zweitens kann es Bürgern schwerfallen, eigene Ideen so zu kommunizieren, dass sie für andere nachvollziehbar sind.

In besonderer Weise sind hiervon Gruppen betroffen, die sich aufgrund realer oder wahrgenommener persönlicher Zugangsbarrieren (z. B. fehlendes Wissen in der Beteiligungsdomäne, unzureichende Sprachkenntnisse oder rhetorische Fähigkeiten) oder organisatorischer Zugangsbarrieren (z. B. zeitlicher Rahmen und räumliche Erreichbarkeit von Veranstaltungen oder das gewählte Medium der Einladung) kaum an öffentlichen Diskursen beteiligen. Hierbei kann insbesondere der individuelle sozioökonomische Status (z. B. aufgrund von zu wenig Zeit, Geld oder Vorwissen) beeinflussen, ob Beteiligungsangebote wahrgenommen werden (Böhnke, 2011). Dies kann dazu führen, dass gerade jene Gruppen wenig Gehör finden, die ohnehin schlechter gestellt sind. Entsprechend ist bei der Planung von Werkzeugen und Prozessen zur Bürgerbeteiligung gezielt darauf zu achten, dass insbesondere Minderheiten und sozioökonomisch benachteiligte Gruppen explizit angesprochen und miteinbezogen werden. Es ist daher erforderlich, Einwohnern und Mitgliedern weiterer Interessengruppen einen möglichst niederschweligen Zugang zu Beteiligungsangeboten zu ermöglichen, sie über den Gegenstand sowie vorhandene Spielräume der Beteiligung zu informieren und sie bei deren Verständnis zu unterstützen.

Eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen, besteht in der Nutzung von Visualisierungen. Visuelle Darstellungen können Interesse wecken, Sachverhalte leichter verständlich machen und dadurch die Kommunikation und Verständigung unterstützen (Spieker, 2021, S. 47–48). Insbesondere dreidimensionale Visualisierungen ermöglichen in der Planungsphase eine anschauliche Präsentation und Überprüfung von Entwürfen (Henckel et al., 2010, S. 34).

Während sprachlich formulierte Zielsetzungen verschiedene räumliche Deutungen ermöglichen, besteht bei visuellen Darstellungen weniger Interpretationsspielraum, wodurch mögliche Konflikte oft erst sichtbar werden (Henckel et al., 2010, S. 493). Visualisierungen von räumlicher Planung und Bauvorhaben sind daher unverzichtbar.

Es ist herausfordernd, komplexe Projekte verständlich zu kommunizieren und ein gemeinsames Verständnis als Grundlage des Diskurses zu erreichen (Spieker, 2021). Während erfahrene Nutzer mit fachlichem Vorwissen (z. B. Stadtplaner) visuelle Informationen gezielter filtern und ihrer Aufmerksamkeit auf zentrale Informationen lenken können, kann es weniger erfahrenen Nutzern schwerfallen, sich in komplexen Darstellungen zurechtzufinden (Canham & Hegarty, 2010). Zudem erzeugen Bilder mehr Aufmerksamkeit als andere Medien, wie Sprache oder Text und deren Wahrnehmung und Verarbeitung erfordern weniger mentale Anstrengung (Spieker, 2021). Beim Austausch zwischen Laien bzw. zwischen Laien und Experten kann eine Visualisierung geplanter Vorhaben, vorgeschlagener Varianten und möglicher Auswirkungen das gegenseitige Verständnis unterstützen. Da bildliche Darstellungen ganzheitlich verarbeitet werden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass verschiedene Betrachter ein ähnliches mentales Modell des gezeigten Sachverhalts entwickeln (Spieker, 2021, S. 35). Insbesondere dreidimensionale Visualisierungen gelten als vielversprechendes Werkzeug, um durch eine visuelle gemeinsame Sprache (engl. „shared language“) die Kommunikation zwischen verschiedenen Stakeholdern zu fördern (Eilola et al., 2023) und Sprach- sowie Wissensgrenzen zu überbrücken.

Wie können geplante Änderungen, zukünftige Vorhaben und eigene Ideen visualisiert werden? Physische Modelle ermöglichen die Ansicht aus unterschiedlichen Perspektiven, aber Anpassungen an diesen Modellen sind oft aufwendig und zeitintensiv. Zeichnungen und Planskizzen können hingegen leichter verändert und an den aktuellen Planungsstand angepasst werden, unterstützen aber kaum das Verständnis von räumlichen Informationen (z. B. Objektdimensionen).

Während physische Modelle und zweidimensionale Zeichnungen ihre Grenzen haben, bieten digitale Technologien neue Möglichkeiten, um räumliche Planungen nicht nur anschaulicher, sondern auch interaktiver und flexibler zu gestalten. Eine besonders vielversprechende Technologie in diesem Zusammenhang ist *Augmented Reality* (AR), mit der die reale Umgebung mit virtuellen Objekten überlagert wird. Die dargestellten virtuellen Modelle können leicht und schnell angepasst werden und die dreidimensionale Darstellung erlaubt die Betrachtung aus unterschiedlichen Perspektiven. Diese Eigenschaften machen AR ideal, um Entwürfe der Stadtplanung zu visualisieren. Mit der AR-Technologie ist der sprichwörtliche Perspektivwechsel zwischen verschiedenen Positionen oder gegenwärtigen und geplanten Zuständen praktisch erlebbar. Auch komplexe und strittige Themen können auf diese Weise „mit anderen Augen“ bzw. aus einem „anderen Blickwinkel“ gesehen werden. Die visuelle Darstellung von Ideen und Vorschlägen kann helfen, genauere mentale Modelle zu entwickeln, da diese nun nicht länger allein von der individuellen Vorstellung abhängig sind. Zudem können digitale Werkzeuge wie AR-Anwendungen zeitlich und räumlich flexibel eingesetzt werden und hierdurch die Beteiligungshürde senken.

Während digitale Visualisierungswerkzeuge das Verständnis räumlicher Informationen und die Zusammenarbeit verschiedener Stakeholder erleichtern können (Eilola et al., 2023), hängt der Erfolg der Beteiligung auch zentral von der einfachen Nutzbarkeit der eingesetzten Werkzeuge ab (Reinwald et al.,

2013). Bei der Konzeption und Entwicklung solcher Werkzeuge ist es daher wichtig, eine leicht verständliche und erlernbare Bedienung sicherzustellen.

Diese Arbeit ist im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion (engl. *Human-Computer Interaction*, HCI) verortet und verfolgt ein gestaltungsorientiertes Erkenntnisinteresse. Ziel ist es, nutzerzentrierte Gestaltungsprinzipien für AR-basierte Beteiligungswerkzeuge zu entwickeln und empirisch zu überprüfen. Der Fokus liegt dabei weniger auf der Evaluation politischer Partizipation im engeren Sinne als auf der Frage, wie Technologien gestaltet sein können, um Beteiligung verständlich, zugänglich und wirksam zu machen. Für diese Arbeit wird daher die folgende übergeordnete Fragestellung abgeleitet:

Wie kann Augmented Reality als Beteiligungswerkzeug in der Stadtplanung gestaltet werden, um Nutzenden eine verständliche, interaktive und effektive Beteiligung zu ermöglichen?

Aufbauend auf dieser allgemeinen Fragestellung und auf Basis der nachfolgend im Kapitel 2 beschriebenen theoretischen Grundlagen werden im Kapitel 3 konkrete Forschungsfragen hergeleitet und das Vorgehen zu deren Beantwortung beschrieben.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit dient die Gestaltung eines Spielplatzes als konkretes Anwendungsszenario, um die Potenziale und Herausforderungen AR-basierter Visualisierungswerkzeuge exemplarisch zu untersuchen. Gerade bei überschaubaren, lokal stark verankerten Vorhaben wie der Spielplatzplanung kann Augmented Reality dazu beitragen, geplante Geräte, Flächen oder Stadtmobiliar in der tatsächlichen Umgebung besser vorstellbar zu machen, mögliche Änderungen anschaulich zu visualisieren und eigene Vorschläge verständlicher zu kommunizieren.

1.2 Aufbau der Arbeit

Dieser Abschnitt beschreibt den grundsätzlichen Aufbau der Arbeit. Als Basis werden im Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen dargestellt. Hier werden Konzepte, Methoden und Technologien zu den Themen Bürgerbeteiligung (Abschnitt 2.1) und Augmented Reality (Abschnitt 2.2) auf Basis der Literatur analysiert und diskutiert. Zudem wird im Abschnitt 2.3 ein durchgeführtes systematisches Literaturreview zum Einsatz von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung vorgestellt.

Im Kapitel 3 werden die Forschungslücke beschrieben und Forschungsfragen dieser Arbeit auf Basis der theoretischen Grundlagen hergeleitet und definiert (Abschnitt 3.1). Zudem wird das Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben (Abschnitt 3.2).

Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen wird im Kapitel 4 die Anforderungsanalyse für eine mobile AR-App in der kommunalen Bürgerbeteiligung beschrieben. Hierzu werden zunächst der Verlauf und die Ergebnisse eines Expertenworkshops mit Mitarbeitenden einer Kommune beschrieben (Abschnitt 4.1) sowie mehrere studentische Arbeiten vorgestellt, die sich mit Teilaspekten der Anforderungs-

rungsanalyse befassten und zur Vorbereitung dieser Arbeit ausgeschrieben und betreut wurden (Abschnitt 4.2). Anschließend werden die Analyse der Aufgaben (Abschnitt 4.3), der potenziellen Benutzer (Abschnitt 4.4) sowie des Nutzungskontexts (Abschnitt 4.5) beschrieben. Als Ergebnis der Anforderungsanalyse wird im Abschnitt 4.6 die Anforderungen einer mobilen AR-Beteiligungsapp zusammengefasst.

Die definierten allgemeinen Anforderungen wurden in einer eigens für diese Arbeit konzipierten und implementierten Beteiligungsapp („*Participate*“-App) umgesetzt, um diese zur Beantwortung der Forschungsfragen einzusetzen. Im Kapitel 5 ist der iterative Konzeptions- und Entwicklungsprozess der *Participate*-App beschrieben. Zunächst wird im Konzeptionskapitel (Abschnitt 5.1) ein Feature-Set hergeleitet und definiert. In den folgenden Abschnitten sind der erste Prototyp (Abschnitt 5.2), die erste formative Evaluation (Abschnitt 5.3), der zweite Prototyp (Abschnitt 5.4), die zweite formative Evaluation (Abschnitt 5.5) sowie die finale Version der App (Abschnitt 5.6) beschrieben.

Im Kapitel 6 werden das Vorgehen sowie die Ergebnisse einer randomisierten kontrollierten Laborstudie dargestellt. Der finale Prototyp wurde summativ evaluiert und in einem Mixed-Methods-Design hinsichtlich verschiedener typischer Aufgabenstellungen einem analogen Beteiligungswerkzeug gegenübergestellt und verglichen.

Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen werden in Kapitel 7 die Erkenntnisse aus der Analyse, Konzeption und Evaluation der App sowie die Ergebnisse der Laborstudie zusammengeführt und hinsichtlich ihrer Implikationen für die Forschung und Praxis diskutiert. Hierbei werden die Forschungsfragen explizit adressiert und auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse beantwortet. Zudem werden der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit sowie weiterführende Fragestellungen diskutiert. Abschließend werden im Kapitel 8 die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und ein Fazit gezogen.

2 Theoretische Grundlagen

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der gebrauchstauglichen Gestaltung einer AR-Anwendung zur Unterstützung von Bürgerbeteiligung im Kontext kommunaler Planungs- und Entscheidungsprozesse. In diesem Kapitel werden die Grundlagen der für diese Arbeit relevanten Themen dargestellt und offene Fragen im Forschungsfeld aufgezeigt. Die nachfolgenden Abschnitte bieten dazu eine Einführung in die Themenbereiche Bürgerbeteiligung (Abschnitt 2.1) und Augmented Reality (Abschnitt 2.2). Außerdem werden das Vorgehen und die Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews zur bisherigen Forschung über konkrete AR-Anwendungen in der Bürgerbeteiligung dargestellt (Abschnitt 2.3).

2.1 Bürgerbeteiligung

Dieses Kapitel liefert eine systematische Einführung in zentrale Begriffe, Modelle und Merkmale der Bürgerbeteiligung. Dabei werden verschiedene Formen, Stufen und Rahmenbedingungen dargestellt. Das Kapitel stellt damit die notwendige theoretische Grundlage dar, um Beteiligungsprozesse einordnen und analysieren zu können. Es schafft ein Verständnis dafür, welche Anforderungen von Beteiligungswerkzeugen zu erfüllen sind, insbesondere im Hinblick auf Zugänglichkeit, Transparenz und Mitgestaltungsmöglichkeiten. Im Folgenden werden zentrale Konzepte und Begriffsabgrenzungen detaillierter vorgestellt:

Die Beteiligung von Bürgern und Einwohnern ist ein zentrales Prinzip demokratischer Staaten und in Deutschland auch auf kommunaler Ebene verankert. Eine Befragung im Vorfeld der Bundestagswahl 2017 zeigt, dass 71.4 % der Bürgerinnen und Bürger die Einführung von Verfahren zur direkten Mitgestaltung wie etwa Agenda-Initiativen befürworten (Grotz & Lewandowsky, 2019). Dies verdeutlicht den Wunsch nach mehr Mitsprache und politischem Einfluss. Zugleich machen viele der berechtigten Personen nicht von ihren Rechten und Möglichkeiten zur Beteiligung Gebrauch (vgl. Kapitel 1).

In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema wird häufig von *Beteiligung* und *Partizipation* gesprochen, wobei die Begriffe inhaltlich nicht immer klar voneinander abgegrenzt sind. Beide Konzepte werden je nach Kontext unterschiedlich verwendet und zum Teil synonym gebraucht.

Partizipation bezeichnet in einem breiten Verständnis jede Form der Einbindung von Bürgern oder Interessengruppen in Entscheidungs- oder Entwicklungsprozesse, unabhängig vom institutionellen Rahmen oder davon, ob der Input letztlich entscheidungsrelevant ist (Fels, 2015). In enger gefassten Definitionen, etwa im politikwissenschaftlichen Kontext, beschreibt Partizipation dagegen vor allem das freiwillige Engagement von Bürgern mit dem Ziel der Einflussnahme auf politische Entscheidungen (Schöttle, 2019b, S. 28; Woyke, 2021, S. 749).

Darüber hinaus lassen sich unterschiedliche Abstufungen der Beteiligung feststellen, die sich durch das Maß an Einfluss unterscheiden. So kann zwischen bloßer Mitwirkung ohne Entscheidungsmacht und

echter Mitentscheidung unterschieden werden (Tischer, 2012, S. 71). Diese Differenzierung zeigt, dass Beteiligung unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann. Sie reicht von unverbindlicher Information über beratende Formate bis hin zu echter Mitentscheidung. Teilweise wird Partizipation hierbei als Beteiligung mit Entscheidungsmandat verstanden (Tischer, 2012, S. 71).

Im Folgenden wird *Beteiligung* als Oberbegriff für verschiedene Formen der Einbindung verstanden. *Partizipation* bezeichnet dabei insbesondere Verfahren, bei denen Bürger aktiv und mit tatsächlicher Einflussmöglichkeit an politischen Entscheidungsprozessen mitwirken können. Auf dieser Grundlage werden Beteiligungs- und Partizipationsverfahren im weiteren Verlauf hinsichtlich zentraler Merkmale unterschieden: dem Ausmaß der Mitbestimmung, dem Formalisierungsgrad, der Legitimität und Institutionalisierung sowie den zugrundeliegenden politischen Zielsetzungen.

2.1.1 Stufen und Formen der Beteiligung

Verfahren der Bürgerbeteiligung oder Partizipation können im vorgesehenen Ausmaß der Mitbestimmung, ihrem Formalisierungsgrad, ihrer Legitimität und Institutionalisierung sowie den mit der Beteiligung verbundenen Zielen sehr unterschiedlich ausfallen. Diese Unterscheidungsmerkmale werden nachfolgend differenziert beschrieben.

In der Literatur werden unterschiedliche Stufen der Beteiligung definiert, die teilweise von Nicht-Partizipation (z. B. instrumentalisierte oder manipulative Verfahren) über Vorstufen der Beteiligung (z. B. reine Information) bis zur vollständigen Entscheidungsmacht gehen (Arnstein, 1969; Wright et al., 2007). Andere Publikationen setzen erst bei den Vorstufen der Beteiligung an und definieren unterschiedliche Höchststufen der Mitbestimmung (Fels, 2015; Schoßböck et al., 2018). Verschiedene in der Literatur vorkommende Stufen der Partizipation sind in Tabelle 1 dargestellt. Im engeren Sinne werden unter Partizipation demnach nur solche Beteiligungsverfahren gezählt, bei denen tatsächliche Mitbestimmung möglich ist.

Neben den Stufen der Partizipation können Beteiligungsverfahren nach ihrem Formalisierungsgrad, ihrer Legitimität und Institutionalisierung sowie dem Ziel der politischen Partizipation unterteilt werden (Tabelle 2). Der Formalisierungsgrad beschreibt hierbei, wie sehr die Organisation der Beteiligung an formale Vorgaben, gesetzlich geregelte Abläufe und garantierte Verbindlichkeit der Ergebnisse gebunden ist. Unterschieden wird hier zwischen *formeller Beteiligung* (klare gesetzliche Vorgaben) und *informeller Beteiligung* (frei in der inhaltlichen und methodischen Ausgestaltung; Walz et al., 2012). Formelle Beteiligung folgt hierbei klaren Vorgaben zu Fristen, zum Teilnehmerkreis, zum Ablauf und zur Verbindlichkeit des Ergebnisses. Sie ist oft gesetzlich vorgeschrieben und organisatorisch verankert (Walz et al., 2012). Informelle Beteiligung hingegen hat keine oder nur wenig rechtliche Formalisierung und ist daher frei in der inhaltlichen und methodischen Ausgestaltung (Walz et al., 2012).

Stufen der Partizipation	(Arnstein, 1969)	(Wright et al., 2007)	(Fels, 2015)	(Schoßböck et al., 2018)	Bewertung der Beteiligungsstufen
Selbstständige Organisation/Bürgermacht	✓	✓			„Degrees of citizen power“ (Arnstein, 1969)/ „Partizipation“ (Wright et al., 2007)
Entscheidungsmacht	✓	✓		✓	
Teilweise Entscheidungskompetenz	✓	✓	✓	✓	
Mitbestimmung		✓			
Kooperation/Einbeziehung	✓	✓	✓	✓	„Degrees of tokenism“ (Arnstein, 1969)/ „Vorstufen der Partizipation“ (Wright et al., 2007)
Konsultation/Anhörung	✓	✓	✓	✓	
Information	✓	✓	✓	✓	
Erziehung und Behandeln/Therapie	✓	✓			„Nicht-Partizipation“ (Arnstein, 1969; Wright et al., 2007)
Instrumentalisieren/Manipulation	✓	✓			

Tabelle 1: Stufen/Level der Beteiligung und Partizipation

Die Dimension der Legitimität und Institutionalisierung beschreibt, wie sehr ein Beteiligungsverfahren formal strukturiert ist und den gesellschaftlichen Normvorstellungen entspricht. Hierbei wird zwischen *konventioneller, institutionalisierter (verfasster) Partizipation* und *unkonventioneller, nicht institutionalisierter (nicht verfasster) Partizipation* (Woyke, 2021) unterschieden. Konventionelle, institutionalisierte Beteiligungsverfahren sind gesellschaftlich anerkannt und werden durch rechtliche und organisatorische Strukturen geregelt. Unkonventionelle, nicht institutionalisierte Beteiligungsverfahren hingegen finden außerhalb formeller Institutionen statt und können außerhalb gesellschaftlich akzeptierter Normen stattfinden.

Hinsichtlich des Ziels der politischen Partizipation kann zwischen *direktdemokratischer entscheidungsorientierter Beteiligung* und *deliberativer, dialogorientierter Beteiligung* unterschieden werden (Vetter & Brettschneider, 2023). In der direktdemokratischen Beteiligung dürfen Bürger direkt politische Entscheidungen treffen (bindende Verfahren) oder ihre Präferenz zu Gesetzesvorhaben äußern (Geißel et al., 2014, S. 17–18). In deliberativen, dialogorientierten Beteiligungsverfahren stehen die Diskussion, der Austausch von Argumenten und die Konsensfindung im Vordergrund.

Qualitativ hochwertige Beteiligung erfordert, dass Bürger sich im Vorfeld informiert und eine eigene Meinung gebildet haben (Schöttle, 2019b, S. 29). Daher finden auch vor direktdemokratischen Beteiligungsverfahren häufig dialogorientierte Austauschformate statt, in denen Bürger ihre Perspektiven einbringen können (Geißel et al., 2014, S. 19–20; Vetter & Brettschneider, 2023). Zudem werden informelle dialogorientierte Beteiligungsverfahren auch zur Entscheidungsvorbereitung und zum Agenda-Setting eingesetzt (Geißel et al., 2014, S. 16). Eine trennscharfe Abgrenzung der verschiedenen Beteiligungsformen ist daher nicht immer möglich.

Dimension	Level	Beschreibung
Formalisierungsgrad	Formelle Beteiligung	Formelle Beteiligung folgt klaren Vorgaben zu Fristen, zum Teilnehmerkreis, zum Ablauf und zur Verbindlichkeit des Ergebnisses (Walz et al., 2012). Sie ist oft gesetzlich vorgeschrieben und organisatorisch verankert.
	Informelle Beteiligung	Informelle Beteiligung hat keine oder nur wenig rechtliche Formalisierung und ist daher frei in der inhaltlichen und methodischen Ausgestaltung (Walz et al., 2012). Sie folgt in der Regel keiner spezifischen Gesetzesgrundlage.
Legitimität und Institutionalisierung	Konventionelle, institutionalisierte (verfasste) Partizipation	Konventionelle Beteiligung ist in der Regel institutionalisiert sowie gesetzlich garantiert und geregelt (Woyke, 2021). Beispiele sind die Teilnahme an Wahlen, die Beteiligung in einer Partei oder das Ausüben politische Ämter (Schöttle, 2019b, S. 30). Sie ist im Einklang mit gesellschaftlichen Normen und Werten und wird von der breiten Öffentlichkeit als legitim anerkannt.
	Unkonventionelle, nicht institutionalisierte (nicht verfasste) Partizipation	Unkonventionelle Beteiligung ist in der Regel nicht institutionalisiert und muss etablierten gesellschaftlichen Normen nicht entsprechen. Typische Bottom-up-Formen sind Unterschriftenaktionen, legale Demonstrationen oder Boykotte (Woyke, 2021). Einige partizipative Formate wie Beteiligungsworkshops können – abhängig vom Kontext – sowohl im Rahmen institutionalisierter Verfahren stattfinden (Top-down) als auch von Bürgern oder zivilgesellschaftlichen Gruppen selbst initiiert werden (Bottom-up).
Ziel der politischen Partizipation	Direktdemokratische Entscheidungen	In der direktdemokratischen Beteiligung dürfen Bürger direkt politische Entscheidungen treffen (<i>bindende Verfahren</i>) oder eine Präferenz zu Gesetzesvorhaben abgeben (<i>konsultative Verfahren</i> ; Geißel et al., 2014, S. 18). Beispiele sind Bürgerentscheide und Bürgerbegehren. Ergänzend dazu können vorbereitende Beteiligungsformate eingesetzt werden, bei denen Bürger ihre Sichtweisen einbringen, ohne selbst zu entscheiden. Direktdemokratische Entscheidungen sollen hierbei die repräsentative Demokratie sinnvoll ergänzen (Vetter & Brettschneider, 2023).
	Deliberativ, dialogorientierter Diskurs	In der deliberativen, dialogorientierten Beteiligung stehen Dialog, Diskussion und der Austausch von Argumenten im Vordergrund. Ziel ist es, durch beratende Verfahren – etwa Bürgerforen oder Runde Tische – zu legitimierten, gemeinsam getragenen Lösungen zu gelangen (Vetter & Brettschneider, 2023). Darüber hinaus können Bürger durch das Setzen politischer Agenden zur politischen Willensbildung und Entscheidungsfindung beitragen (Geißel et al., 2014, S. 17).

Tabelle 2: Dimensionen der politischen Partizipation

Der Reformansatz des *Open Government* wird heute als Leitbild für offenere und kollaborative Verwaltungs- und Regierungsstrukturen verstanden, in dem die Kooperation mit externen Interessengruppen, insbesondere der Zivilgesellschaft, gefördert und dadurch eine Steigerung von Legitimität, Effizienz und Innovationsfähigkeit angestrebt wird (Wirtz et al., 2019). Dabei gelten Transparenz, Partizipation und Kollaboration als zentrale Prinzipien einer offenen Regierung und Verwaltung (Schoßböck et al., 2018; Abbildung 1). Ursprünglich wurde der Begriff *Open Government* verwendet, um eine abstrakte Öffnung von Staat und Verwaltung zu beschreiben, die sich zunächst auf einen verbesserten Zugang zu Verwaltungsinformationen konzentrierte (Janda, 2012, S. 15).

In einem Memorandum von Barack Obama gab dieser dem Begriff eine neue bzw. erweiterte Bedeutung. *Open Government* schließt hier weitere Methoden zur Öffnung des Staates ein und beschreibt eine

transparente, partizipative und kollaborative Verwaltung (Janda, 2012, S. 12; Kubicek & Aichholzer, 2016). Open Government kann demnach als die Öffnung des Staates in den drei Dimensionen Transparenz (offene Daten und Informationen), Partizipation (direkte und dauerhafte Möglichkeit der Einflussnahme) und Kollaboration (auf Wissen und Kompetenzen der Bürger zugreifen und mit diesen zusammenarbeiten) verstanden werden. Hierbei sind die Ziele des Open Government eine bessere Legitimität staatlichen Handelns und die Erhaltung der Handlungsfähigkeit der Verwaltung (Janda, 2012, S. 12–13).

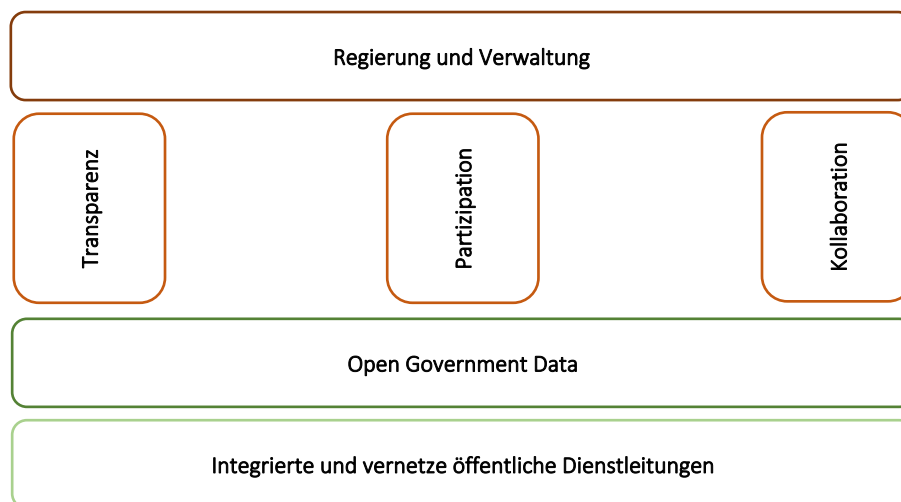


Abbildung 1: Partizipation im Open Government (nach Kubicek & Aichholzer, 2016)

2.1.2 Organisation kommunaler Beteiligung

Wichtige Faktoren für den Erfolg von Beteiligung sind der Zeitpunkt, der Zeitraum und der Ablauf des Beteiligungsprozesses. Die Wirksamkeit öffentlicher Beteiligung hängt wesentlich von einer gut strukturierten Organisation, ausreichender zeitlicher Vorbereitung sowie einer sinnvollen Platzierung im Planungsprozess ab (Abas et al., 2023). Der konkrete Ablauf einer Beteiligung hängt von Faktoren, wie den Zielen, der Zielgruppe und der gewählten Methodik ab. Es lassen sich aber eine Reihe von Phasen definieren, die in jedem Beteiligungsprojekt durchlaufen werden (Walz et al., 2012; vgl. Abbildung 2). Mit jeder Phase gehen wiederum spezifische Aufgaben einher.

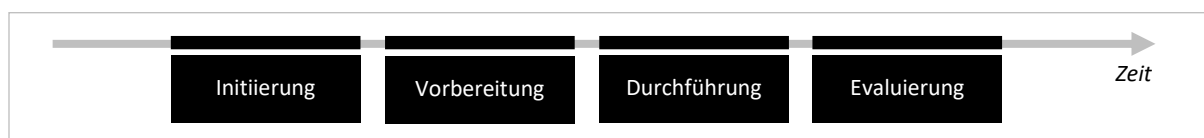


Abbildung 2: Phasen der Bürgerbeteiligung (nach Walz et al., 2012)

Der Ausgangspunkt (Initiierung) der Beteiligung liegt häufig bei der öffentlichen Verwaltung, die Bürger über Information, Konsultation oder aktive Beteiligung in Planungs- und Entscheidungsprozesse einbindet (Abas et al., 2023). Neben diesen verwaltungsmittelierten Verfahren können Beteiligungsthemen jedoch auch durch Einwohner und Interessengruppen an die Stadt herangetragen werden (Stadt Heidelberg, 2019). Beteiligungsprozesse lassen sich somit danach unterscheiden, ob sie auf Initiative

der Entscheidungsträger (top-down) oder der betroffenen Akteure (bottom-up) zurückgehen (Kersting, 2013; Schöttle, 2019a, S. 119–125; Thewes et al., 2014).

In der Initiierungsphase werden die Ziele der Beteiligung definiert, der Handlungsspielraum ausgelotet und Hintergrundinformationen zum Gegenstand der Beteiligung eingeholt (Walz et al., 2012). Im Fall formaler Beteiligung muss sichergestellt werden, dass der Beteiligungsprozess den gesetzlichen Vorgaben genügt. Bereits in dieser frühen Phase ist es wichtig, die Entscheidungsträger der Politik zu involvieren (sofern der Prozess nicht ohnehin von diesen angestoßen wurde), da ein erfolgreicher Beteiligungsprozess ohne ihre Unterstützung nicht möglich ist. Wenn die politischen Entscheidungsträger die Ergebnisse des Beteiligungsverfahrens nicht akzeptieren, verliert der gesamte Beteiligungsprozess seine Wirkung und wird letztlich bedeutungslos (Walz et al., 2012). Zudem wird die Steuerung des Beteiligungsprozesses organisiert, die sich durch den gesamten Prozess zieht.

In der Vorbereitungsphase wird ein Beteiligungskonzept erstellt und die Beteiligung vorbereitet. Hierzu werden insbesondere für die Zielgruppe Informationen zum Beteiligungsgegenstand und -verfahren veröffentlicht.

Anschließend erfolgt die Durchführung der eigentlichen Beteiligung. Je nach Beteiligungsformat können hier Stellungnahmen abgegeben, Lösungsvorschläge diskutiert oder neue Lösungen erarbeitet werden. Die genaue Ausgestaltung dieser Phase hängt von den gewählten Methoden, der Intensität und der Größenordnung ab (Walz et al., 2012).

In der Evaluierungsphase werden der Verlauf und die Ergebnisse der Beteiligung aufbereitet und im Sinne der Transparenz veröffentlicht. Zudem können auch Erfahrungen aus dem Beteiligungsprozess dokumentiert und ausgewertet werden (Walz et al., 2012).

Bei der Dauer von Beteiligungsverfahren gibt es große Unterschiede. Dabei kann ein Beteiligungsprozess je nach angewandter Methode und Zielsetzung einen Tag (z. B. 21st Century Town Meeting), mehrere Tage (z. B. Zukunftswerkstatt) oder auch bis zu mehreren Monaten (z. B. Bürgerhaushalt) oder gar Jahren (z. B. Bürgerrat) dauern (Nanz & Fritsche, 2012). Auch im Falle von Online-Beteiligung lässt sich keine einheitliche Dauer nennen. Üblicherweise dauert eine Onlinebeteiligung selbst bei thematisch begrenzten Verfahren länger als einen Tag und ist meist auf mehrere Tage oder Wochen ausgelegt (Nanz & Fritsche, 2012).

Zu Beginn eines Projekts ist der Gestaltungsspielraum am größten und nimmt im weiteren Verlauf immer weiter ab. Ein häufiges Phänomen in der Bürgerbeteiligung ist, dass das Interesse an Information oder aktiver Beteiligung anfangs gering ist und erst im Verlauf zunimmt (Abbildung 3). Dadurch entsteht das Problem, dass die Beteiligung gering ist, wenn noch Einfluss möglich wäre, und gegen Ende zunimmt, wenn kaum noch Spielraum für Änderungen besteht. Dieses Phänomen wird als Beteiligungsparadox bezeichnet (Wolf et al., 2020). Aus diesem Grund sollte Bürgerbeteiligung zu einem möglichst

frühen Zeitpunkt durchgeführt werden, um einen größtmöglichen Gestaltungs- und Entscheidungsspielraum zu erhalten (Fels, 2015). Zudem kann auf Konfliktpotenziale und Anregungen am besten reagiert werden, wenn diese möglichst früh im Prozess bekannt werden (Walz et al., 2012).

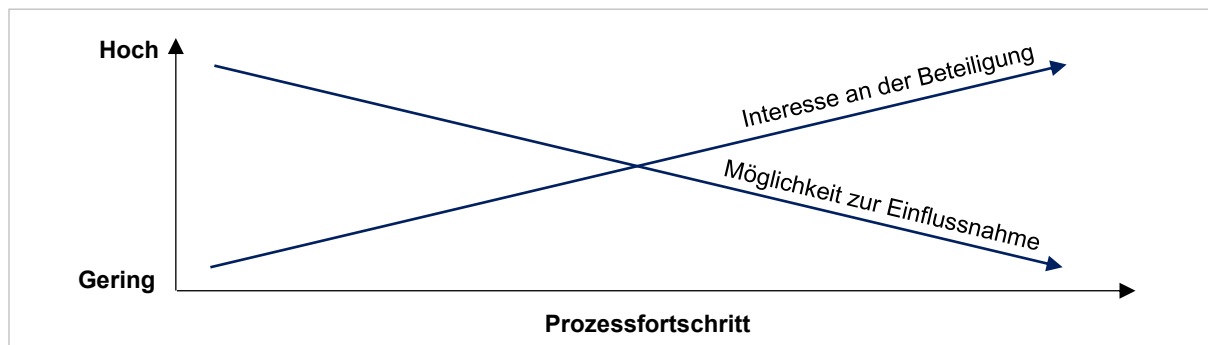


Abbildung 3: Beteiligungsparadox (eigene Darstellung nach Wolf et al., 2020)

2.1.3 Voraussetzungen erfolgreicher Beteiligung

Damit Beteiligungsangebote auch von den Bürgern oder anderen Akteuren angenommen werden, müssen eine Reihe von Mindestanforderungen erfüllt sein (Lowndes et al., 2006): Bürger benötigen individuelle Ressourcen, um sich beteiligen zu können („can do“), sie sollten den Wunsch zur Beteiligung haben („like to“), sie müssen in die Lage versetzt werden, sich zu beteiligen („enable to“), zur Teilnahme angeregt werden („asked to“) und schließlich auch Zugang zu Ergebnissen und Rückmeldungen erhalten („respond to“).

Individuelle Ressourcen umfassen neben rhetorischen und technischen Fähigkeiten auch Faktoren wie die Zeit, Geld, Selbstvertrauen oder Vorwissen. Diese Faktoren sind häufig abhängig vom sozioökonomischen Status und können entscheidend dafür sein, ob Beteiligungsangebote wahrgenommen werden (Böhnke, 2011). Je höher etwaige Beteiligungshürden sind, desto weniger Menschen beteiligen sich aktiv (Schoßböck et al., 2018).

Der **Wille, sich zu beteiligen**, hängt oft mit einem Gefühl von Zugehörigkeit und Identifikation mit der jeweiligen Gemeinschaft oder politischen Einheit zusammen (z. B. einer Kommune). Dieses Zugehörigkeitsgefühl kann gezielt gefördert werden – etwa durch wertschätzende Kommunikation oder sichtbare Beteiligungserfolge – und so die Beteiligungsbereitschaft erhöhen (Lowndes et al., 2006).

Um Bürgern die **Möglichkeit zur Beteiligung** zu geben, sind geeignete Gelegenheiten und eine entsprechende Infrastruktur bereitzustellen. Hierbei haben gesellschaftliche Netzwerke und Organisationen (z. B. Vereine oder andere Gruppen) eine wichtige Funktion, da Beteiligung häufig durch diese verstärkt werden kann (Lowndes et al., 2006).

Ebenso wichtig ist die **aktive Einladung zur Beteiligung**: Eine direkte Einladung zur Meinungsäußerung kann entscheidend dafür sein, ob sich jemand beteiligt oder nicht (Lowndes et al., 2006). Unterschiedliche Menschen bevorzugen dabei unterschiedliche Formate – eine methodische Vielfalt erhöht

somit die Reichweite. Schließlich ist **Rückmeldung** ein zentraler Erfolgsfaktor. Nur wenn Teilnehmende nachvollziehen können, wie ihre Beiträge berücksichtigt wurden, entsteht Vertrauen in das Verfahren.

Neuere Studien ergänzen dieses Verständnis um institutionelle und organisationale Faktoren: So betonen Kurkela et al. (2023), dass Beteiligung nicht nur eine Frage individueller Fähigkeiten und Motivation ist, sondern auch eine organisatorische Herausforderung darstellt. Drei Voraussetzungen sind dabei besonders relevant: (1) Die **strukturelle Verankerung der Beteiligung** (z. B. durch klare Zuständigkeiten sowie Schnittstellen zur Zivilgesellschaft), (2) eine **partizipationsförderliche Organisationskultur** (z. B. durch Offenheit und Wertschätzung von Beiträgen von Bürgern) und (3) **ausreichende Ressourcen** (z. B. Personal, Expertise, Zeit und Geld).

Darüber hinaus kommt dem **Management** eine zentrale Rolle als Querschnittsfunktion zu (Kurkela et al., 2023): Nur wenn Beteiligung von Führungskräften aktiv unterstützt, koordiniert und in bestehende Abläufe integriert wird, kann sie wirkungsvoll und nachhaltig umgesetzt werden. Beteiligung erfordert damit nicht nur individuelle Bereitschaft auf Seiten der Bürger, sondern auch institutionelle Fähigkeit und Bereitschaft auf Seiten der Verwaltung.

Diese Voraussetzungen für Beteiligung sind besonders relevant für sogenannte *leise Gruppen*. Menschen dieser Gruppen beteiligen sich selten an öffentlichen Diskursen, da sie reale oder wahrgenommene Zugangsbarrieren erleben. Hierbei kann es sowohl persönliche Zugangsbarrieren (z. B. fehlendes Wissen in der Beteiligungsdomäne, unzureichende Sprachkenntnisse oder rhetorische Fähigkeiten) als auch organisatorische Zugangsbarrieren (z. B. zeitlicher Rahmen und räumliche Erreichbarkeit von Veranstaltungen oder das gewählte Medium der Einladung) geben. Entsprechende Barrieren sollten daher im Sinne der Chancengleichheit abgebaut werden.

Beteiligungswerkzeuge können zudem neue Hürden schaffen (z. B. durch Registrierungsprozesse oder technische Hürden). Je höher die Beteiligungshürden, desto geringer ist die Beteiligung (Schoßböck et al., 2018). Für eine breite Beteiligung ist daher die Akzeptanz des genutzten Werkzeugs bzw. der Technologie entscheidend (Fegert et al., 2020).

Bürgerbeteiligung lässt sich analog zu informationstheoretischen Modellen als Kommunikationsprozess mit Sender, Nachricht und Empfänger verstehen (Spieker, 2021). Demnach müssten sich in einem idealen Kommunikationsprozess Sender und Empfänger abwechseln und dabei Informationen austauschen. In diesem Prozess „ist Kommunikation [erfolgreich], wenn die Bedeutung vom Empfänger so aufgefasst wird, wie sie vom Absender gemeint ist“ (Spieker, 2021, S. 33). Spieker (2021, S. 27–28) beschreibt drei Probleme, die beim Kommunikationsprozess im Rahmen der Bürgerbeteiligung auftreten können: Beim *Repräsentationsproblem* kommen gar nicht erst alle Informationen beim Empfänger an, sodass die Zielgruppe der Beteiligung nicht oder nur in Teilen erreicht werden kann. Beim *Kommunikationsproblem* hingegen kommen die Informationen zwar beim Empfänger (der Zielgruppe) an, es gelingt

jedoch nicht, ein gemeinsames Verständnis des Sachverhalts aufzubauen. Und beim *Verständigungsproblem* führen Defizite in der Kommunikation (z. B. Monologe statt Diskurs) dazu, dass kein Konsens gefunden werden kann. Alle drei Probleme können mithilfe von Visualisierungen gemindert oder gelöst werden (Spieker, 2021). Im folgenden Abschnitt wird daher näher auf den Einsatz von Visualisierungen in Beteiligungsprojekten sowie auf Arten von Visualisierungen eingegangen.

2.1.4 Visualisierung in Beteiligungsprojekten

Um sich an Beteiligungsprozessen aktiv zu beteiligen oder eigene Ideen einzubringen, ist ein Verständnis der Fragestellung, des Möglichkeitsraums sowie konkreter Handlungsoptionen erforderlich. Bürger sowie andere Stakeholder verfügen jedoch häufig über sehr unterschiedliche Hintergründe und Wissensstände in der jeweiligen Beteiligungsdomäne (Schrom-Feiertag et al., 2018). Das individuelle Vorwissen hat dabei einen großen Einfluss auf das Verständnis:

Personen mit geringerem domänenspezifischem Vorwissen sind beim Verständnis visueller Informationen stärker auf klar strukturierte und aussagekräftige Visualisierungen angewiesen. Ihnen fehlt häufig die Fähigkeit, zwischen relevanten und irrelevanten Aspekten komplexer Darstellungen zu unterscheiden. Studien zeigen, dass erfahrene Nutzer mit fachlichem Vorwissen visuelle Informationen gezielter filtern und ihre Aufmerksamkeit auf inhaltlich bedeutsame Bereiche lenken (Canham & Hegarty, 2010). Der Umgang mit Visualisierungen unterscheidet sich hierbei abhängig vom fachlichen Hintergrund und von kognitiven Voraussetzungen (Hall et al., 2022): Personen mit entsprechender Erfahrung oder räumlicher Fähigkeit arbeiten deutlich effizienter und genauer mit Visualisierungen.

Diese Unterschiede können die Kommunikation erschweren und das gemeinsame Verständnis beeinträchtigen. Dies gilt insbesondere für Stadtplanungsprojekte. Da diese Projekte in frühen Phasen oft abstrakt sind, fällt es insbesondere Laien schwer, sich mögliche Ergebnisse anhand schematischer Darstellungen und Pläne vorzustellen.

Zudem sind Stadtplanungsprozesse aufgrund der Vielzahl an Akteuren und Anforderungen oft hochkomplex (Henckel et al., 2010, S. 491). Dies stellt Bürger ohne Fachexpertise vor zwei Herausforderungen: Zum einen gilt es, die relevanten Faktoren und Zusammenhänge zu verstehen. Zum anderen sollten sie ihre eigenen Ideen so kommunizieren, dass sie für andere nachvollziehbar sind.

Nach der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988) kann eine hohe kognitive Belastung das Verständnis erheblich erschweren. Insbesondere abstrakte Darstellungen erfordern eine erhöhte mentale Anstrengung. Visualisierungen reduzieren diese Belastung, indem sie räumliche Informationen direkt vermitteln, wodurch mehr kognitive Ressourcen für das Verstehen der Stadtplanung zur Verfügung stehen.

Um die Welt zu verstehen und zukünftige Zustände sowie Veränderungen vorherzusagen, bilden Menschen sogenannte *mentale Modelle*. Diese sind gedankliche Abbilder von Aspekten der realen Welt (Stiller, 1999, S. 60). Entscheidungen, Erwartungen und geplante Interaktionen mit der Umwelt basieren

auf diesen mentalen Modellen und hängen daher maßgeblich von deren Genauigkeit und Korrektheit ab.

In Beteiligungsprojekten der Stadtplanung spielen mentale Modelle zukünftiger Entwicklungen eine zentrale Rolle, um geplante Bauprojekte nachvollziehen und bewerten zu können. Studien zeigen, dass insbesondere realitätsnahe 3D-Visualisierungen das Verständnis von Ursachen und Wirkungen geplanter Maßnahmen fördern und damit den Aufbau realistischer Vorstellungen unterstützen können (Eilola et al., 2023). Insbesondere dreidimensionale Visualisierungen ermöglichen in der Planungsphase eine anschauliche Darstellung und Überprüfung von Entwürfen (Henckel et al., 2010, S. 34).

Visuelle Darstellungen helfen, Informationen schneller und leichter zu erfassen. Sie dienen als externe Ressource, um eine eigene Vorstellung eines Sachverhalts aufzubauen und ein gemeinsames Verständnis zu fördern (Eilola et al., 2023). Im Fall von Bauprojekten können zweidimensionale Darstellungen hierbei nur einen Teil der Informationen darstellen, sodass beispielsweise Informationen zur Größe und Tiefe weiterhin auf Erfahrung basieren. Diese Lücke können dreidimensionale Modelle (physisch oder virtuell) schließen, wodurch eine fundiertere Grundlage für den Diskurs entsteht. Die Verwendung von 3D-Modellen kann besonders für die Zusammenarbeit mit Personen hilfreich sein, die sich wenig mit räumlichem Design auskennen (Eilola et al., 2023; Hassan et al., 2014).

Während sprachlich formulierte Zielsetzungen verschiedene räumliche Lösungen ermöglichen, bieten visuelle Darstellungen weniger Interpretationsspielraum, wodurch mögliche Konflikte sichtbar werden (Henckel et al., 2010, S. 493). Visuelle Darstellungen können beim Austausch zwischen verschiedenen Stakeholdern als gemeinsame visuelle Sprache dienen, da sie helfen, Informationen eindeutiger zu vermitteln und Missverständnisse zu reduzieren (Eilola et al., 2023).

Da bildliche Darstellungen ganzheitlich verarbeitet werden, fördern sie die Entwicklung gemeinsamer mentaler Modelle (Spieker, 2021, S. 35). Insbesondere in der Kommunikation zwischen Laien sowie zwischen Laien und Experten erleichtern Visualisierungen den Austausch über geplante Vorhaben, alternative Szenarien und deren potenzielle Auswirkungen. Auf diese Weise wird ein gemeinsames Verständnis gefördert.

Digitale Visualisierungswerkzeuge können demnach das Verständnis und die Entscheidungsfindung erleichtern. Ist ihre Bedienung jedoch zu komplex, kann die kognitive Belastung steigen, sodass weniger mentale Ressourcen für die eigentliche Informationsverarbeitung zur Verfügung stehen (Sweller, 1988). Die Nutzbarkeit eines Visualisierungswerkzeugs hängt oft stark von der Expertise der Nutzenden ab – ein Architekt kann ein komplexes Werkzeug deutlich leichter bedienen als eine unerfahrene Person (Onyimbi et al., 2018). Insbesondere digitale Kompetenzen spielen dabei eine entscheidende Rolle. Deshalb sollten Visualisierungswerkzeuge so gestaltet sein, dass sie die kognitive Belastung minimieren und eine direkt verständliche, leicht erlernbare Bedienung ermöglichen. Wichtige Usability-Aspekte,

wie Selbstbeschreibungsfähigkeit und Lernförderlichkeit (vgl. Abschnitt 3.2), sollten gezielt berücksichtigt werden, um kognitive Hürden zu reduzieren und eine effiziente Nutzung sicherzustellen.

Arten von Visualisierungen in der Stadtplanung: Neben den klassischerweise für Bau- und Stadtplanungsprojekte verwendeten Papierplänen und Architekturmodellen, werden häufig eine Reihe weiterer Visualisierungsformen eingesetzt (Spieker et al., 2017). Die folgenden Abschnitte zu Arten von Visualisierungen basieren auf den Erkenntnissen von Spieker et al. (2017), die verschiedene Visualisierungsformen für Bau- und Stadtplanungsprojekte systematisch analysieren. Dazu zählen realistische Renderings (Bilder oder Filme), interaktive 2D- oder 3D-Pläne (z. B. Google Maps), mobile Augmented Reality (AR) Apps, Echtzeitsimulationen vor Ort oder Virtual-Reality-Darstellungen (z. B. als CAVE oder mit Head-Mounted Displays; HMDs).

Die Auswahl einer geeigneten Visualisierung hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter Kosten (Entwicklung und Betrieb), Zeitaufwand (Erstellung und Anpassung), Verständlichkeit (insbesondere für Laien), Blickwinkel, Interaktivität, Raumbezug, Zugänglichkeit sowie die realistische und glaubwürdige Darstellung (Spieker et al., 2017). Die Autoren geben einen systematischen Überblick über die Vor- und Nachteile verschiedener Visualisierungsformen in Beteiligungsprozessen, die in Tabelle 3 zusammengefasst sind.

Visualisierungsform	Vorteile	Nachteile
Architekturmodelle	günstig; übersichtlich; kein separates Ausgabemedium erforderlich	für Laien schwer verständlich; Größenverhältnisse schwer verständlich; festes physisches Modell
Pläne (2D, Papier)	günstig; akkurat; für Experten sehr informativ; wenig Vorlauf erforderlich	unübersichtlich; für Laien schwer verständlich; nicht interaktiv
Renderings (Bilder/Film)	realistische, detaillierte und hochauflösende Darstellung; leicht verständlich; einfache Erstellung	eingeschränktes Blickfeld; keine Interaktion möglich; potenziell irreführend/manipulativ (z. B. durch Blickwinkel)
Interaktive Pläne (2D/3D)	hohe Zugänglichkeit; keine speziellen Hardwarevoraussetzungen	begrenzte räumliche Tiefe; keine Anpassung der Daten möglich
Augmented Reality (Smartphone/Tablet)	hohe Immersion und Verständlichkeit; handelsübliche Geräte ausreichend	teuer und aufwendig in der Erstellung; Darstellung auf kleiner Displaygröße
Echtzeitsimulation	hohe Interaktivität; freie Perspektivenwahl; handelsübliche Geräte ausreichend	hohe technische Anforderungen und Kosten (bei hohem Detailgrad)
VR (z. B. CAVE oder Headset; HMD)	freie Perspektivenwahl; einfacher Vergleich von Alternativen	hohe Kosten für Entwicklung; erfordert spezielle und teure Hardware; begrenzte Mobilität

Tabelle 3: Vor- und Nachteile verschiedener Visualisierungsformen (nach Spieker et al., 2017)

Während einige Visualisierungsformen kostengünstig sind (z. B. Papierpläne), verursachen andere hohe Entwicklungskosten (z. B. Echtzeitsimulationen oder VR-Visualisierungen) oder erfordern spezielle Hardware (z. B. VR-Headsets; Spieker et al., 2017). Zudem erfordern viele digitale Visualisierungen einen längeren Vorlauf zur Erstellung der Inhalte.

Architekturmodelle und Papierpläne sind leicht und günstig verfügbar aber insbesondere für Personen mit wenig Planungserfahrung schwer zu interpretieren. Interaktive Darstellungen wie Echtzeitsimulationen sowie VR- oder AR-Visualisierungen können dabei helfen, Planungen zu verstehen und ermöglichen eine freie Perspektivenwahl. AR-Visualisierungen lassen sich auf handelsüblichen Smartphones oder Tablets ausführen, während für VR- und Echtzeitsimulationen teilweise leistungsstarke Hardware erforderlich ist.

Eine weitere Herausforderung bei der Nutzung von Visualisierungen in Beteiligungsprozessen ist die Wahrnehmung und Glaubwürdigkeit der Darstellung. Laut Spieker et al. (2017) können bestimmte Blickwinkel in Renderings oder Simulationen missverständlich oder bewusst irreführend sein. Studien zeigen, dass realistischen und 3D-Visualisierungen tendenziell mehr Vertrauen entgegengebracht wird als zweidimensionalen Darstellungen (Judge & Harrie, 2020). Deshalb sollten Visualisierungen transparent gestaltet sein und eine neutrale, objektive Perspektive bieten, um eine faire und fundierte Entscheidungsfindung in Beteiligungsprozessen zu ermöglichen.

2.1.5 Digitale Beteiligung

Als besondere Form der Bürgerbeteiligung kann E-Partizipation durch die Verwendung elektronischer neuer Medien („new media“) helfen, klassische Hemmnisse der Bürgerbeteiligung zu überwinden (Kubicek & Aichholzer, 2016; Nanz & Fritsche, 2012). Digitale Beteiligungsformate werden insbesondere dann als vorteilhaft wahrgenommen, wenn sie einfach, zeitsparend und ortsunabhängig sind – Merkmale, die traditionelle Zugangshürden wie physische Anwesenheit oder lange Verfahrensdauern reduzieren können (Aichholzer & Rose, 2020; Mertes et al., 2022).

Elektronische Beteiligung ist für Bürger zeitlich und örtlich deutlich flexibler nutzbar als klassische Beteiligungsformate (z. B. Bürgerfragestunde) und ermöglicht dadurch „eine schnelle und unmittelbare Meinungsäußerung“ (Nanz & Fritsche, 2012). Auch auf der Seite der Verwaltung können beispielsweise Onlineumfragen sehr viel leichter durchgeführt werden als per Briefpost. Digitale Tools wie E-Konsultationen oder E-Petitionen gelten dabei als niedrigschwellig nutzbare Formate, die insbesondere in frühen Phasen politischer Prozesse wie der Themensetzung oder Problemerkennung wirkungsvoll eingesetzt werden können (Aichholzer & Rose, 2020).

Mit der zunehmenden Verbreitung von Smartphones ist auch mobile Beteiligung möglich. Im Jahr 2023 gaben 82.2 % der Befragten in Deutschland an, ein Smartphone zu nutzen, und der Anteil der Smartphone-Nutzer wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter steigen (Statista, 2024a). Eine Umfrage aus dem Jahr 2021 mit insgesamt leicht höheren Zahlen zeigt, dass bei den Altersgruppen von 14 bis 59 Jahren eine sehr breite Smartphone-Nutzung vorliegt (jeweils über 92 %); lediglich bei der Gruppe der über 60-Jährigen (85.2 %) und insbesondere der über 70-Jährigen (68.2 %) sinkt der Anteil der Smartphone-Nutzer (VuMA, 2021). Die Abweichungen dürften unter anderem auf Unterschiede in

der Stichprobe zurückzuführen sein, zumal die generelle Nutzungstendenz weiterhin steigt. Diese Entwicklung eröffnet neue Möglichkeiten: Mobile Beteiligung ist zeitlich und räumlich noch flexibler als klassische Onlinebeteiligung und kann dazu beitragen, die Beteiligungshürde weiter zu senken.

Digitale Kommunikationsformate können die aktive Beteiligung von Personen erleichtern, die sich in klassischen Präsenzveranstaltungen aufgrund sozialer Hierarchien oder dominanter Diskussionskulturen nicht oder nur schwer einbringen würden. Ein besonderer Vorteil deliberativer Onlineformate liegt darin, dass sie durch Anonymität den Austausch von Meinungen unabhängig von sozialen Statusmerkmalen ermöglichen („anonymity allows an exchange of ideas without regarding hierarchical factors such as social status“; Aichholzer & Rose, 2020, S. 127). Dadurch sinkt die Hemmschwelle zur Beteiligung, insbesondere bei Themen mit Alltagsbezug, die Bürger stark ansprechen. Zudem kann die zusätzliche Zeit zwischen Beiträgen und Antworten auf diese die Qualität des Diskurses steigern, da neue Argumente recherchiert oder diese zunächst reflektiert werden können (Nanz & Fritsche, 2012).

Allerdings kann E-Partizipation auch neue Zugangsbarrieren schaffen, insbesondere für weniger technikaffine oder ältere Menschen. Ein zentrales Problem vieler digitaler Beteiligungsverfahren besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen komplexitätsbedingten Anforderungen (z. B. Sicherheit, technisches Verständnis) und einem inklusiven Zugang herzustellen (Aichholzer & Rose, 2020). Studien zeigen, dass digitale Beteiligungsformate derzeit besonders häufig von jungen, gut gebildeten und technikaffinen Personen genutzt werden, wodurch sich bestehende Ungleichheiten eher reproduzieren als abbauen („there is an overrepresentation of young white males with a high educational background“; Aichholzer & Rose, 2020, S. 128). Zudem kann die Notwendigkeit der Authentifizierung eine zusätzliche Beteiligungshürde darstellen (Schoßböck et al., 2018).

Diese Mechanismen können den Teilnehmerkreis der Beteiligung verschieben. Es ist daher von zentraler Bedeutung, digitale Beteiligungsangebote so zu gestalten, dass sie von möglichst vielen Menschen genutzt werden können. Benutzerfreundlichkeit, Zeitersparnis und Ortsunabhängigkeit zählen nachweislich zu den wichtigsten Einflussfaktoren für die Beteiligungsbereitschaft (Mertes et al., 2022) und sollten bei der Entwicklung digitaler Beteiligungsangebote gezielt berücksichtigt werden. Auch unterstützende Maßnahmen wie barrierearme Gestaltung und ergänzende Offlineangebote können dazu beitragen, gesellschaftlich breitere Zielgruppen zu erreichen (Aichholzer & Rose, 2020).

2.2 Augmented Reality

In diesem Kapitel werden zentrale technische Grundlagen und Eigenschaften von Augmented Reality erläutert. Dazu zählen Funktionsweisen, Hardwarearten, Softwareplattformen und Trackingmethoden. Dieser Überblick ermöglicht es, die eingesetzte Technologie hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen im Kontext von Beteiligung zu bewerten und darauf aufbauend Designentscheidungen abzuleiten.

Augmented Reality (AR) bezeichnet das Anreichern der real-physischen Umgebung mit digitalen Artefakten. Eine häufig zitierte Definition von AR basiert auf drei Charakteristika (Azuma, 1997): Augmented Reality verbindet das Reale mit dem Virtuellen („combines real and virtual“), ist in Echtzeit interaktiv („is interactive in real time“) und ist im dreidimensionalen Raum verankert („is registered in three dimensions“).

AR wird häufig für die visuelle Anreicherung der Umgebung genutzt, grundsätzlich können aber auch andere Sinne angesprochen werden (z. B. auditiv, olfaktorisch, gustatorisch). Je nach Virtualitätsgrad (Abbildung 4) wird die Realität hierbei mehr oder weniger stark überlagert. AR ist in diesem Sinne von virtueller Realität (VR) abzugrenzen, bei welcher der Bezug zur real-physischen Umgebung durch die vollständige Virtualisierung mindestens eines Sinnes weitestgehend verloren geht.

Das Interesse an AR ist in den letzten Jahren stetig gestiegen (vgl. Abschnitt 2.3). Ein Hauptgrund hierfür ist die bessere Verfügbarkeit von AR-Hardware, wie beispielsweise der Microsoft HoloLens oder der Magic Leap, welche die Entwicklung von und Forschung zu professionellen AR-Anwendungen angetrieben hat (Qiao et al., 2019). Zudem erlauben immer leistungsfähigere Mobilgeräte (z. B. Smartphones) und mächtige Entwicklungswerkzeuge auch komplexere mobile AR-Anwendungen (Qiao et al., 2019). Insbesondere durch die gesteigerte Prozessorleistung, hochauflösende Kameras, schnelle Netzwerkverbindungen und eine Vielzahl integrierter Sensoren (z. B. GPS und Gyroskop) können AR-Anwendungen auf diesen Geräten ausgeführt werden, ohne dass zusätzliche und möglicherweise kostenintensive Hardware benötigt wird (Irshad & Rambli, 2017).

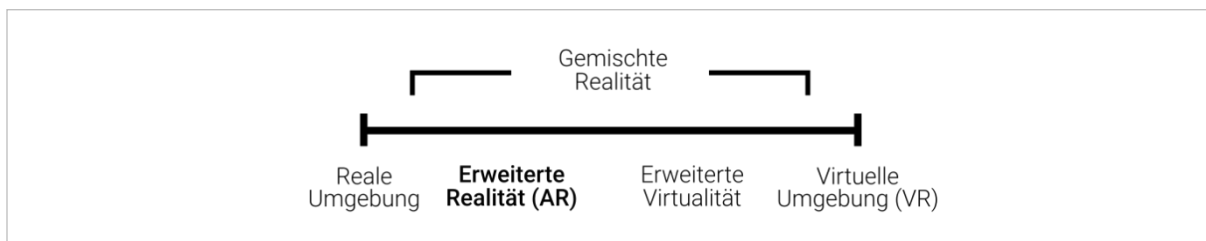


Abbildung 4: Reality-Virtuality-Continuum (nach Milgram et al., 1995)

Eine weitere Entwicklung ist die allmähliche Verbreitung von webbasierten AR-Anwendungen, deren breite Nutzung bisher durch unzureichende Netzwerkbandbreiten eingeschränkt war (Qiao et al., 2019). Die größten Vorteile webbasierter AR-Anwendungen sind ihre Unabhängigkeit von bestimmten mobilen Plattformen, wie z. B. Android oder iOS, sowie die Möglichkeit, sie im Webbrowser ohne vorherige Installation nutzen zu können. Dem entgegen stehen ein zum Teil reduzierter Funktionsumfang und eine geringere Leistungsfähigkeit als bei dedizierter AR-Hardware oder nativen Apps.

Typische Anwendungsgebiete für AR sind unter anderem Unterhaltung, Ingenieurwesen, Architektur und Stadtentwicklung, Archäologie, Medizin, Assistenz, Bildung, berufliches Training sowie Sightseeing und Museen (Berryman, 2012; Li et al., 2018; Ras et al., 2017). Mithilfe von AR können dabei

digitale Artefakte in der physischen Umgebung des Nutzers platziert werden, um beispielsweise Produkte oder Prototypen zu präsentieren, ohne dass ein physischer Bau erforderlich ist. Entsprechend können auch zur Demonstration städtebaulicher Veränderungen Gebäude gezeigt werden, die nicht mehr oder noch nicht existieren. Da dadurch keine teuren physischen Modelle erforderlich sind, können viele verschiedene Versionen eines Objekts visualisiert werden. Zudem ist es möglich, ergänzende Informationen wie virtuelle Annotationen zu realen oder ebenfalls virtuellen Objekten in der erweiterten Realität darzustellen.

Um die drei Anforderungen an Augmented Reality (Virtuelles mit Realem kombinieren, Echtzeitinteraktion und im Raum verankert) erfüllen zu können, ist spezielle Hardware und Software erforderlich. In den folgenden Abschnitten werden gängige Möglichkeiten für Hardware (Abschnitt 2.2.1), Software (Abschnitt 2.2.2) und Trackingtechnologien (Abschnitt 2.2.3) vorgestellt.

2.2.1 Hardware

Gemäß der Definition von AR ist eine zentrale Voraussetzung die Kombination von Realem und Virtuellem. Es gibt verschiedene Ansätze, dieses Ziel erreichen. Wichtige Ansätze sind hierbei optical See-through-Displays, videobasierte AR Displays, projektionsbasiertes AR sowie Eye-multiplexed AR-Displays (Billinghurst et al., 2015; Syed et al., 2023).

Optical See-through-Displays kombinieren die Ansicht der realen Umgebung und virtueller Elemente durch den Einsatz eines halbdurchsichtigen Spiegels oder eines Prismas (Syed et al., 2023). Der halbdurchsichtige Spiegel reflektiert die Darstellung virtueller Elemente auf einem Bildschirm und lässt zugleich einfallendes Licht durch, um den Blick auf die Umgebung nicht zu verdecken. Alternativ kann ein Prisma eingesetzt werden, um das Bild der Umgebung mit Bild der virtuellen Elemente zu kombinieren. Videobasierte AR Displays verwenden eine oder mehrere Kameras, um die Umgebung aufzunehmen (Syed et al., 2023). Dieses Video wird dann in Echtzeit mit virtuellen Elementen angereichert und auf einem Bildschirm ausgegeben. Projektionsbasiertes AR kommt ohne Bildschirme aus, indem das Bild der virtuellen Szene direkt auf Oberflächen in der realen Umgebung projiziert wird (z. B. auf eine Wand oder ein Objekt; Syed et al., 2023). Hierzu werden der Blickwinkel des Benutzers und die relative Position und Orientierung des physischen Objekts ermittelt und daraus die interaktive Projektion generiert. In der vierten Variante, dem Eye-multiplexed AR-Display, erfolgt die Kombination der Ansicht der realen Umgebung und der virtuellen Elemente erst durch die kognitive Verarbeitung durch den Nutzer (Syed et al., 2023). Hierzu wird die virtuelle AR-Szene auf einem Bildschirm dargestellt, der sich selbst in der Umgebung befindet. Der Bildschirm sollte hierbei möglichst in der Nähe des Betrachters sein, um eine kombinierte Vorstellung zu erleichtern, und damit der Bildschirm nicht als Teil der Umgebung wahrgenommen wird.

Neben der Art und Weise, wie Reales und Virtuelles kombiniert wird, lassen sich AR Bildschirme danach unterscheiden, wie weit der Bildschirm vom Auge des Betrachters entfernt ist („Eye-to-World

spectrum“; Billinghurst et al., 2015). Hier können mit aufsteigendem Abstand der Darstellung vom Auge die drei Formen Head-attached Displays, Handheld Displays und Spatial Displays unterschieden werden. Zu den Head-attached Displays gehören beispielsweise AR-Headsets (HMDs) wie die Microsoft HoloLens⁴ oder die Meta Quest⁵. Sie zeichnen sich vor allem durch die geringe Distanz zwischen Auge und Display aus, was einen ungestörten Blick ermöglicht. Handheld Displays dagegen befinden sich in einigem Abstand vom Auge des Betrachters und nehmen in der Regel nur einen kleinen Teil des Sichtfelds ein. In diese Klasse fallen vor allem AR-Anwendungen auf Smartphones und Tablets. Spatial Displays befinden sich im Raum und haben damit den größten Abstand zum Auge des Betrachters. Typische Beispiele sind öffentliche Bildschirme oder feste Arbeitsplätze, bei denen semitransparente Spiegel eingesetzt werden (Billinghurst et al., 2015).

2.2.2 Software

Für mobile Geräte (Smartphones und Tablets) sind die beiden wichtigsten Softwareframeworks für Augmented Reality ARKit von Apple und ARCore von Google (Arena et al., 2022). ARKit wurde im Jahr 2017 vorgestellt und erlaubt die Entwicklung von AR-Anwendungen für iOS-Geräte. ARCore wurde im Jahr 2018 vorgestellt und erlaubt die Entwicklung für Android- und iOS-Geräte. Die zentralen Funktionen von ARCore und ARKit sind die Bewegungserkennung (Position des Geräts relativ zur Umgebung), die Umwelterkennung (z. B. die Erkennung von Oberflächen) und die Einschätzung der Umgebung (z. B. der aktuellen Lichtverhältnisse; Apple, o. J.; Google for Developers, 2024).

Mithilfe des Unity-Pakets AR Foundation lassen sich AR-Apps gleichzeitig für verschiedene Plattformen (z. B. Android, iOS, HoloLens 2) entwickeln (Unity Technologies, 2024). AR Foundation greift dabei auf die Schnittstellen der jeweiligen Plattformen zu (z. B. auf ARKit für iOS) und stellt deren Funktionalität abstrahiert bereit. Auf diese Weise kann eine Anwendung in Unity erstellt und anschließend für verschiedene Plattformen veröffentlicht werden, ohne dass diese an die Schnittstellen der jeweiligen Plattformen angepasst werden muss.

Eine weitere Möglichkeit zur plattformunabhängigen Entwicklung von AR-Anwendungen sind webbasierte AR-Anwendungen. Ein bekanntes Framework für webbasierte AR-Anwendungen ist AR.js (AR.js Organization, o. J.). AR.js ist nach eigener Darstellung eine leichtgewichtige Softwarebibliothek zur Darstellung von Augmented Reality im Web. Es werden sowohl Bild-Tracking als auch Marker-Tracking und ortsbasiertes AR unterstützt.

⁴ <https://www.microsoft.com/de-de/hololens>

⁵ <https://www.meta.com/de/quest/>

2.2.3 Tracking

Mit Augmented Reality wird die physische Umgebung mit virtuellen Objekten überlagert. Damit die Darstellung dieser Objekte möglichst realistisch erscheint, ist es erforderlich, die Bewegungen und Position des Geräts im Raum zu erfassen und daraus die korrekte Position und Orientierung der virtuellen Objekte im Raum zu berechnen. Dieser Prozess wird als *Tracking* bezeichnet und ermöglicht eine korrekte Einbettung der virtuellen Objekte in die reale Umgebung. Grundsätzlich können zwei Arten des Trackings unterschieden werden (Syed et al., 2023): markerbasiertes und markerloses Tracking.

Das markerbasierte Tracking nutzt künstliche Merkmale in der Umgebung, um eine Ankerposition im Raum zu bestimmen. Diese Merkmale können beispielsweise Bilder, QR- oder Bar-Codes, LED-Marker oder RFID-Tags sein. Markerloses Tracking kommt ohne künstlich angebrachte Merkmale aus und bestimmt die Position in der Umgebung mithilfe von Sensordaten (z. B. magnetisch oder akustisch), visuellen Informationen (z. B. sichtbares Licht, Infrarot oder 3D-Strukturen) oder der GPS-Position.

Da die Positionsgenauigkeit von Smartphones um mehrere Meter abweichen kann, ist GPS-Tracking für AR-Anwendungen, die eine hohe Präzision erfordern, oft unzureichend (vgl. Abschnitt 4.2.3). Je nach verwendeter Hardware können sogar zweistellige Abweichungen erreicht werden (Merry & Bettinger, 2019).

2.3 Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung

Dieses Kapitel fasst bestehende Forschung zum Einsatz von Augmented Reality (AR) im Kontext von Bürgerbeteiligung zusammen. Es stellt dar, welche Anwendungsbereiche bisher erprobt wurden und welche Fragestellungen dabei im Fokus standen. Diese Bestandsaufnahme hilft, die eigene Untersuchung im Forschungskontext einzuordnen und bestehenden Forschungsbedarf zu identifizieren.

Für einen umfassenden Überblick über den Stand der Forschung zum Einsatz von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung wurde ein systematisches Literaturreview durchgeführt. Betrachtet wurden hierbei wissenschaftliche Arbeiten, in denen eine konkrete AR-Anwendung eingesetzt und evaluiert wurde. Rein theoretische Arbeiten wie Literaturreviews waren hingegen nicht Teil des Reviews. Die Ziele des Literaturreviews waren, einen Überblick über die bisherige Forschung zu geben, Forschungsfragen zu identifizieren und Forschungslücken aufzuzeigen. Zudem sollte untersucht werden, auf welcher technischen Basis (z. B. Hardware und Softwareframeworks) bisherige AR-Anwendungen entwickelt wurden.

2.3.1 Methode

Im Februar 2024 wurden die vier Datenbanken ScienceDirect, Scopus, Semantic Scholar und Google Scholar durchsucht. Die Suchanfrage wurde an das jeweilige Datenbankformat angepasst, enthielt aber stets dieselben Stichwörter (siehe Tabelle 4).

Die Suche wurde zudem auf den Zeitraum von 2010 bis 2024 begrenzt, da sich die AR-Technologie in den letzten Jahren stark weiterentwickelt hat und ältere Ergebnisse daher für die Untersuchung des Stands der Technik kaum noch relevant sind. Zudem zeigt die relative Suchhäufigkeit in den Google Trends, dass die Technologie um das Jahr 2010 stark an Relevanz gewonnen hat (siehe Abbildung 5). Hier ist zu Beginn des Jahres 2010 ein deutlicher Anstieg der Suchanfragen zum Stichwort „Augmented Reality“ zu erkennen.

Insgesamt ergab die Suche in den genannten Datenbanken 19.044 Treffer. Die Sortierung der Treffer war, soweit ersichtlich, nach Relevanz. Um die Trefferzahl handhabbar zu machen, wurden die Ergebnisse beginnend auf der ersten Seite so lange auf Basis des Titels ausgewählt bzw. ausgeschlossen, bis über 50 Ergebnisse in direkter Folge ausgeschlossen wurden.

Datenbank	Suchanfrage
Science Direct	augmented AND reality AND planning AND participation AND (app OR prototype) AND project
Scopus	ALL (augmented AND reality AND planning AND participation AND (app OR prototype) AND project) AND PUBYEAR > 2009
Semantic Scholar	augmented reality planning participation app prototype project
Google Scholar	augmented AND reality AND planning AND participation AND (app OR prototype) AND project

Tabelle 4: Suchanfragen im Literaturreview

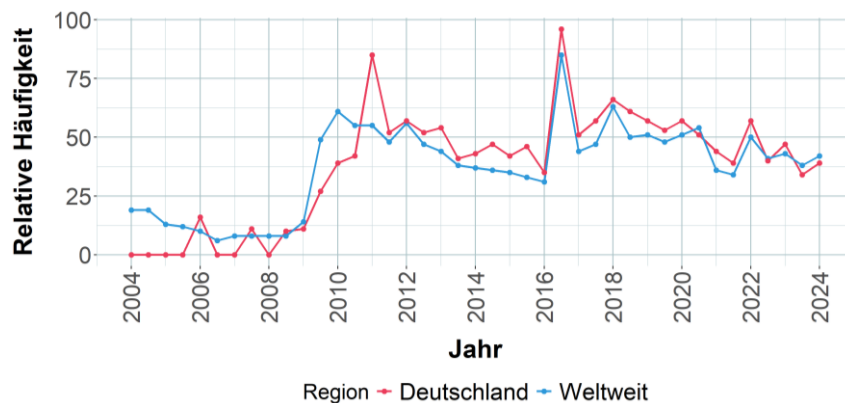


Abbildung 5: Relevanz von „Augmented Reality“ in den Google Trends (Google, o. J.)

Anschließend wurden Artikel ausgeschlossen, die weder in deutscher noch in englischer Sprache verfasst waren oder auf die kein Zugriff bestand (weder kostenlos noch kostenpflichtig). Ein Überblick über die gefundenen, angesehenen und ausgewählten Ergebnisse ist in Abbildung 6 dargestellt. Im nächsten Schritt wurde anhand des Abstracts sowie des Methodenteils diejenigen Publikationen ausgewählt, die sich mit dem Einsatz von AR in der öffentlichen Beteiligung oder Stadtplanung beschäftigen und hierfür eine (oder mehrere) konkrete AR-Anwendungen eingesetzt und evaluiert haben. Zudem wurden Duplikate zusammengeführt.

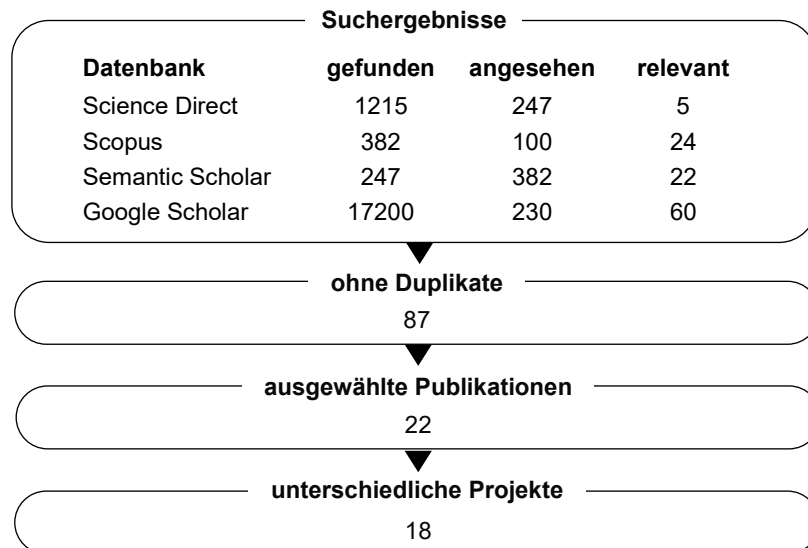


Abbildung 6: Vorgehen bei der Literatursuche

Insgesamt wurden 22 Publikationen basierend auf den Kriterien ausgewählt (eine vollständige Liste ist in Anhang A dokumentiert). Die älteste Publikation ist aus dem Jahr 2011 und die neueste aus dem Jahr 2023. Gut die Hälfte der Studien (54,55 %) wurde seit 2020 veröffentlicht, während sich die übrigen Studien (45,45 %) auf die neun Jahre davor verteilen (Abbildung 7). In drei Fällen berichten mehrere (zwei bzw. drei) Publikationen über verschiedene Zeitpunkte desselben Projekts. Die ausgewählten Publikationen berichten demnach aus 18 unabhängigen Projekten bzw. Einzelstudien.

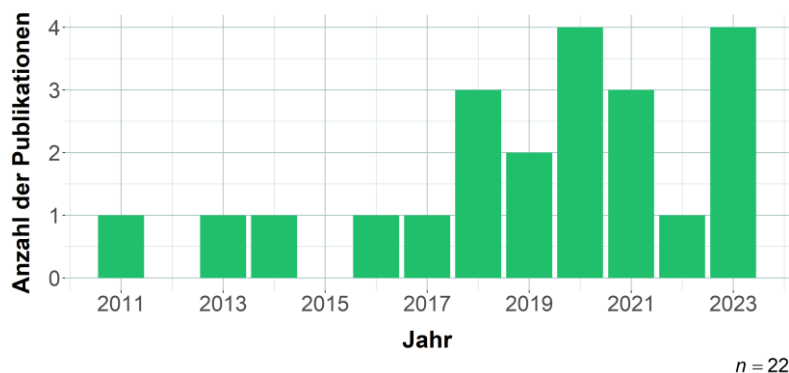


Abbildung 7: Zeitliche Verteilung der ausgewählten Publikationen

2.3.2 Ergebnisse

Forschungsfragen: Am häufigsten wird die Wirkung des AR-Einsatzes auf die Beteiligungsbereitschaft, die wahrgenommene Beteiligung oder auf die Vielfalt der Beteiligungsteilnehmer untersucht (Alissandrakis & Reski, 2017; Allen et al., 2011; Awang et al., 2020; Fegert et al., 2020; Sanacipoor & Emami, 2020; Saßmannshausen et al., 2021). Zudem wurde untersucht, wie AR den Beteiligungsprozess verbessern kann (Latino et al., 2019; Schrom-Feiertag et al., 2018), wie die Technologie in bestehende

Prozesse eingebunden werden kann und wo Herausforderungen und Limitationen von AR im Beteiligungsprozess liegen (Saßmannshausen et al., 2021). In mehreren Artikeln wurde der Einfluss von AR auf den Wissenszuwachs (z. B. Reaver, 2023; Reinwald et al., 2014; Yagol et al., 2018) bzw. auf die Verständlichkeit und korrekte Interpretation des Gesehenen untersucht (Boos et al., 2023). Teilweise lag der Fokus auch darauf, welchen Einfluss AR auf die Ergebnisse und Entscheidungen (Boos et al., 2023; Dan et al., 2021; Imottesjo & Kain, 2018) oder die Zusammenarbeit (Wang & Lin, 2023) haben kann. Zudem wurde untersucht, welchen Einfluss AR (und VR) auf Bürger und Initiatoren von Beteiligung hat (Fegert et al., 2019).

Einige Artikel untersuchen vorrangig technisch-organisatorische Aspekte einer AR-Anwendung bzw. ihres Einsatzes. Betrachtet wurden hierbei zum Beispiel Gebrauchstauglichkeit, Immersion, Genauigkeit oder Verständlichkeit des Designs (z. B. Ahmadi Oloonabadi & Baran, 2023; Dan et al., 2021; Reinwald et al., 2013) oder die Kosten im Zusammenhang mit der Entwicklung und dem Einsatz von AR-Anwendungen für die Bürgerbeteiligung (Kodeboyina & Varghese, 2016). Zudem wurde der Einfluss von Farbtönen (Piga et al., 2021) oder des Detailgrads der Darstellung (Boos et al., 2023) auf das Nutzungserlebnis untersucht. Auch Tracking-Methoden waren in einem Artikel ein Schwerpunkt (Imottesjo et al., 2020).

Angestrebtes Beteiligungslevel: Von den 22 in den ausgewählten Artikeln beschriebenen AR-Anwendungen konnten 19 verwendet werden, um sich zu einem Beteiligungsprojekt oder zu Vorschlägen in einem Beteiligungsprojekt zu informieren (Abbildung 8). In sechs Anwendungen bestand die Möglichkeit, mehrere Designvorschläge miteinander zu vergleichen, und bei acht Anwendungen konnten eigene Ideen beigetragen werden. Bei keiner der betrachteten Anwendungen bestand die Möglichkeit, existierende Vorschläge weiterzuentwickeln, also diese als Grundlage zu verwenden und eigene Ideen hinzuzufügen. Diese Beteiligungsformen lassen sich hinsichtlich des Ausmaßes der Teilhabe den zuvor beschriebenen Stufen der Beteiligung nach Arnstein (1969) bzw. Wright et al. (2007) zuordnen (vgl. Abschnitt 2.1.1). Die Formen des Informierens und Vergleichens sind demnach der Stufe „Information“ zuzuordnen, während das Beitragen und Weiterentwickeln mindestens auf der Stufe „Konsultation“ und – je nach Ausgestaltung – auch der Stufe „Kooperation“ entsprechen können. Eine Einstufung auf höheren Stufen hängt jedoch von der zugestandenen Entscheidungsmacht ab.

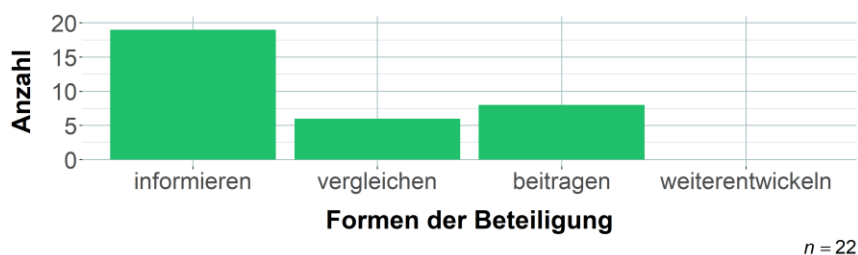


Abbildung 8: Beteiligungsformen in AR-Beteiligungswerkzeugen

Ziele des AR-Einsatzes: Die Studien wurden zudem daraufhin analysiert, welche Ziele mit dem Einsatz von AR verbunden wurden. Eines der am häufigsten genannten Ziele ist, das Wissen über ein Beteiligungsprojekt allgemein zu erweitern (z. B. Awang et al., 2020; Piga et al., 2021; Reinwald et al., 2014; Yagol et al., 2018) oder spezifisch geplante Bauprojekte leichter vorstellbar zu machen (z. B. Boos et al., 2023; Fegert et al., 2019; Kodeboyina & Varghese, 2016; Reinwald et al., 2013; Schrom-Feiertag et al., 2018). In diesem Zusammenhang wurde auch eine bessere visuelle Zugänglichkeit (Dan et al., 2021) sowie eine Verbesserung von Lernergebnissen (Reaver, 2023) genannt.

Ein zweiter Schwerpunkt bei den Zielen des AR-Einsatzes ist die Steigerung der Bereitschaft oder Motivation, sich zu beteiligen (z. B. Allen et al., 2011; Awang et al., 2020; Boos et al., 2023; Fegert et al., 2020; Sanaeipoor & Emami, 2020; Saßmannshausen et al., 2021). Hierbei wird zum Beispiel Vielfalt bei der Beteiligung angestrebt (Imottesjo & Kain, 2018) oder Bürger sollen zur Beteiligung ermutigt werden (Fegert et al., 2019). In einigen Artikeln wird davon gesprochen, durch den Technologieeinsatz insbesondere jüngere Menschen für Beteiligung motivieren zu können (Reinwald et al., 2013; Saßmannshausen et al., 2021).

Zudem werden in mehreren Artikeln die Unterstützung von Entscheidungen und insbesondere das Ermöglichen schneller, einfacher und effizienter Entscheidungen als Ziele genannt (z. B. Boos et al., 2023; Dan et al., 2021; Schrom-Feiertag et al., 2018). Weitere Ziele sind ein besseres Verhältnis zwischen Bürgern und Entscheidungsträgern (Ahmadi Oloonabadi & Baran, 2023), die stärkere Einbindung von Bürgern in Planungs- und Entscheidungsprozesse (Alissandrakis & Reski, 2017) sowie die Möglichkeit der kollaborativen Stadtgestaltung (Imottesjo et al., 2020; Imottesjo & Kain, 2022).

Forschungsdesign: In vier Studien (Awang et al., 2020; Boos et al., 2023; Imottesjo & Kain, 2022; Reinwald et al., 2014) wurde der Einsatz von AR in der Beteiligung mit einem anderen Werkzeug verglichen (18.2 %). In drei Studien (Ahmadi Oloonabadi & Baran, 2023; Boos et al., 2023; Saßmannshausen et al., 2021) wurde verschiedene Varianten einer AR-Darstellung verglichen (13.6 %; z. B. Detailgrad der Darstellung oder unterschiedliche Orte). In vier Studien (18.2 %) wurde die Darstellung in AR mit der Darstellung in VR verglichen (Fegert et al., 2020; Imottesjo & Kain, 2022; Piga et al., 2021; Schrom-Feiertag et al., 2018). In 18 der 22 Artikel (81.8 %) wurde eine Benutzerstudie durchgeführt und in einer weiteren Studie ist dies geplant. Hierbei gibt es große Unterschiede in der Teilnehmerzahl ($M = 56.53$, $SD = 79.45$, Min. = 4, Max. = 339). Der Median liegt bei 22 Teilnehmenden. Für eine Studie wurde keine Teilnehmerzahl angegeben. Zudem wird in acht Artikeln zusätzlich oder alternativ eine Expertenevaluation (36.4 %) und in drei Artikeln eine technische Evaluation beschrieben (13.6 %).

Setting: In 16 Studien (72.7 %) wurde Augmented Reality im Außenbereich bzw. vor Ort verwendet (in situ) und in sechs Studien (27.3 %) wurde Augmented Reality im Innenbereich, meist als Projektion auf einen Tisch, verwendet (tabletop).

Geräte und Betriebssysteme: In 14 Studien (63.6 %) wurden Smartphones, in einer Studie Tablets und in drei weiteren Studien (13.6 %) beide Gerätetypen für die Darstellung der Augmented-Reality-Inhalte verwendet. In zwei Studien (9.1 %) wurden Augmented-Reality-Headsets (HMDs) verwendet. Hier kam entweder die Microsoft HoloLens oder das Google Cardboard zum Einsatz. In zwei weiteren Studien (9.1 %) wurden alle drei Gerätetypen für die Darstellung der AR-Inhalte verwendet (Smartphone, Tablet und HMD). In den Studien, in denen Smartphones oder Tablets eingesetzt wurden, liefen die Anwendungen in sieben Fällen unter Android (31.8 %), in vier Fällen unter iOS (18.2 %), einmal unter Windows Mobile 6.1 (4.5 %) und in zwei Fällen sowohl unter Android als auch unter iOS (9.1 %). In vier Fällen wurde kein Betriebssystem angegeben (18.2 %).

Tracking: Um Inhalte im Raum zu platzieren, muss die Position des AR-Gerätes im Raum bestimmt werden. Hierfür wurden in den Studien verschiedene Ansätze verfolgt (Abbildung 9). In neun Studien wurden Marker verwendet, um AR-Inhalte zu positionieren (40.9 %), in sechs Studien wurde hierfür GPS (27.3 %) und bei einer Studie eine Tiefenkamera verwendet (4.5 %). Für drei Studien wurden die Inhalte manuell ausgerichtet (13.6 %) und in drei weiteren Studien wurde die Methode nicht angegeben (13.6 %). Von den Studien, die GPS zur Platzierung der AR-Inhalte verwendet haben, wurde in drei Fällen die GPS-Genauigkeit als Problem diskutiert und in mindestens einer Studie wurde die Ausrichtung mittels GPS anschließend manuell korrigiert.

Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz von AR: Der Erfolg von AR in der Beteiligung hängt davon ab, wie einfach das System verwendet werden kann (Reinwald et al., 2013). Der zusätzliche Aufwand und die für die Bedienung erforderlichen technischen Fähigkeiten sollten demnach so gering wie möglich gehalten werden (Reinwald et al., 2013).

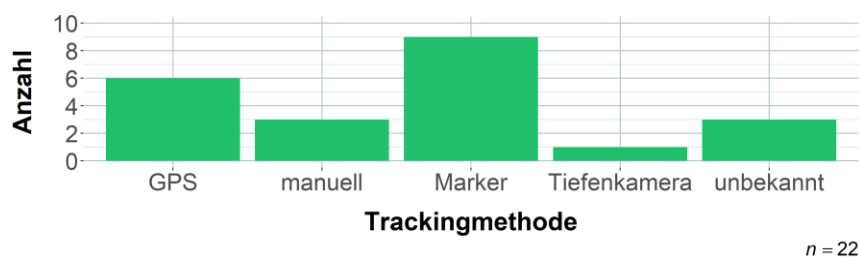


Abbildung 9: Tracking-Methoden

2.3.3 Zusammenfassung und Fazit zum Literaturreview

Das Interesse an AR in der Beteiligung schwankt in den letzten Jahren, zeigt jedoch insgesamt eine steigende Tendenz (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 7). Im Literaturreview konnten 22 Artikel identifiziert werden, in denen konkrete AR-Anwendungen für die Bürgerbeteiligung vorgestellt und wissenschaftlich untersucht wurden. Das Review gibt einen guten Überblick über organisatorische (z. B. Ziele), technische (z. B. eingesetzte Hardware und Software) und methodische Aspekte (z. B. Studiendesign und Forschungsziele) des AR-Einsatzes in wissenschaftlichen Studien.

Während Benutzer sich mit den meisten Anwendungen über ein Beteiligungsprojekt informieren können, bieten nur einige Anwendungen die Möglichkeit, Vorschläge direkt zu vergleichen oder eigene Vorschläge einzubringen. Die Möglichkeit, existierende Vorschläge mit eigenen Ideen weiterzuentwickeln, besteht in keiner der untersuchten Anwendungen. Die beobachteten Beteiligungsformen entsprechen, wie in Abschnitt 2.1.1 beschrieben, vorwiegend den niedrigeren Stufen der Beteiligung (z. B. Information, Konsultation), während weitergehende Formen wie Kooperation oder Mitentscheidung in den untersuchten Anwendungen nicht vorgesehen sind. Ein aktuelles systematisches Review zum Einsatz von 3D-Visualisierungen in der Stadt- und Landschaftsplanung kommt zu dem Ergebnis, dass diese überwiegend der Informationsvermittlung dienen und bislang kaum für digitale Kommunikation genutzt werden (Eilola et al., 2023). Ein ähnliches Bild zeigt sich in einem thematisch weiter gefassten systematischen Literaturreview zur lokalen Bürgerbeteiligung: Auch dort dominieren informierende (57 %) und konsultative (23 %) Formate, während aktive Beteiligung seltener ist (20 %; Abas et al., 2023).

Das Ziel des AR-Einsatzes ist immer die Verbesserung des Beteiligungsprozesses, wobei sehr unterschiedlich ist, was genau verbessert werden soll. Häufig genannte Schwerpunkte sind die Vermittlung von Wissen und die anschauliche Darstellung von Informationen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die allgemeine Erhöhung der Beteiligung oder die gezielte Steigerung der Beteiligungsbereitschaft bestimmter Gruppen. Zudem werden mit dem AR-Einsatz eine bessere Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Bürgern oder zwischen Bürgern und Entscheidungsträgern bzw. Planern angestrebt. Dadurch soll das Verhältnis zwischen verschiedenen Stakeholdern verbessert und schnellere sowie fundiertere Entscheidungen ermöglicht werden.

Smartphones sind mit Abstand die am häufigsten verwendete AR-Hardware. Dies liegt insbesondere an der breiten Verfügbarkeit und der damit verbundenen geringeren Zugangshürde. Die Positionierung von AR-Inhalten im Raum erfolgt am häufigsten mittels AR-Markern. Dies liegt vermutlich an ihrer einfachen Implementierung und der hohen Genauigkeit bei der Positionsbestimmung. In immerhin gut einem Drittel der Artikel wird die Ortsbestimmung über GPS beschrieben, wobei sie mehrfach auch als ungenau beschrieben wurde oder in den Studien sogar manuell korrigiert werden musste.

3 Methoden und Vorgehen

Wie einleitend beschrieben, ist Beteiligung ein wichtiges Element der Demokratie, das unter anderem Akzeptanz und Transparenz fördern kann. Dennoch nehmen viele Menschen aufgrund persönlicher oder struktureller Hürden nicht daran teil. Digitale Werkzeuge und interaktive Visualisierungen haben das Potenzial, auch komplexe Themen verständlich zu machen. Sie können Beteiligung durch anschauliche Darstellungen sowie ein gemeinsames Verständnis niederschwelliger gestalten und so auch Folgen von Diskriminierungen aufgrund unterschiedlicher Merkmale verringern (vgl. Kapitel 1).

Diese Arbeit ist primär im Forschungsgebiet der Mensch-Computer-Interaktion (HCI) angesiedelt. Die HCI beschäftigt sich mit der Gebrauchstauglichkeit (engl. *Usability*) von Mensch-Computer-Systemen sowie der Benutzererfahrung (engl. *User Experience*, UX). Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit von Augmented Reality (AR) im Anwendungskontext der kommunalen Bürgerbeteiligung (Abbildung 10). Zur Bearbeitung der Forschungsfragen ist jedoch eine interdisziplinäre Perspektive erforderlich.

Neben theoretischen und methodischen Erkenntnissen der HCI- und Usability-Forschung werden daher auch interdisziplinäre Ansätze berücksichtigt. Dazu gehören neben Informatik und UX- sowie Interface-Design auch Erkenntnisse aus der Politikwissenschaft (z. B. Theorien der Partizipation), der Kommunikationswissenschaft (z. B. Diskursanalyse), der Kognitionswissenschaft (z. B. Informationsverarbeitung und mentale Modelle) sowie den Sozialwissenschaften und der empirischen Nutzerforschung (z. B. Usability-Studien).

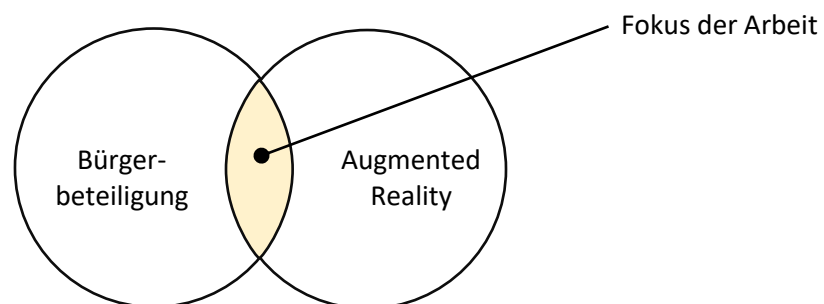


Abbildung 10: Illustration der behandelten Themengebiete

Im vorherigen Kapitel wurden die theoretischen Grundlagen der Themen Beteiligung und Augmented Reality beschrieben (Abschnitte 2.1 und 2.2). Zudem wurde in einem systematischen Literaturreview der Stand der Forschung zum Einsatz von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung dokumentiert (Abschnitt 2.3).

Auf dieser Grundlage werden in diesem Kapitel die Forschungsfragen dieser Arbeit hergeleitet und formuliert (Abschnitt 3.1). Darüber hinaus wird das Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben (Abschnitt 3.2).

3.1 Forschungsfragen

Beteiligung (Mitwirkung) und Partizipation (Mitentscheidung; vgl. Abschnitt 2.1) setzen voraus, dass Bürger die Gelegenheit erhalten, ihre Meinung zu kommunizieren und Ideen einzubringen. Dies kann sowohl in Form konsultativer Beteiligung (z. B. durch das Sammeln von Ideen) als auch deliberativer Beteiligung (z. B. durch den Austausch über Vorschläge oder Co-Design-Ansätze) erfolgen (Arnstein, 1969; vgl. Abschnitt 2.1). In der bisherigen Forschung wurde Augmented Reality vor allem eingesetzt, um Bauprojekte oder Vorhaben der Stadtplanung zu visualisieren, und bleibt damit auf der Beteiligungsstufe der Information (vgl. Literaturreview in Abschnitt 2.3). Lediglich in 36 % ($n = 8$) der betrachteten Studien konnten sich Bürger mit eigenen Ideen beteiligen. In keiner der gefundenen Studien konnte auf bestehenden Vorschlägen aufgebaut oder diese weiterentwickelt werden. Eine Unterstützung des Diskurses und der kollaborativen Entwicklung von Lösungen durch AR ist somit nicht vorgesehen und müsste zumindest teilweise außerhalb der AR-Anwendung stattfinden – etwa indem vorgeschlagene Änderungen manuell integriert und anschließend zur Betrachtung in AR erneut bereitgestellt werden. Dies kann den Diskurs unterbrechen und zu einem Medienbruch führen. In dieser Arbeit wird daher neben den in der Literatur untersuchten Beteiligungsaufgaben **Informieren** und **Beitragen** auch das (direkte) **Weiterentwickeln** als zusätzliche Beteiligungsform mit einbezogen. Dadurch können deliberative Beteiligungsprozesse unmittelbarer unterstützt und mit anschaulicher Visualisierung begleitet werden. Dieser Ansatz erlaubt den multidirektionalen Austausch zwischen allen Stakeholdern (Abbildung 11) sowie die iterative Verbesserung von Vorschlägen. In dieser Arbeit wurden daher alle drei genannten Beteiligungsformen (Informieren, Beitragen und Weiterentwickeln) einbezogen.

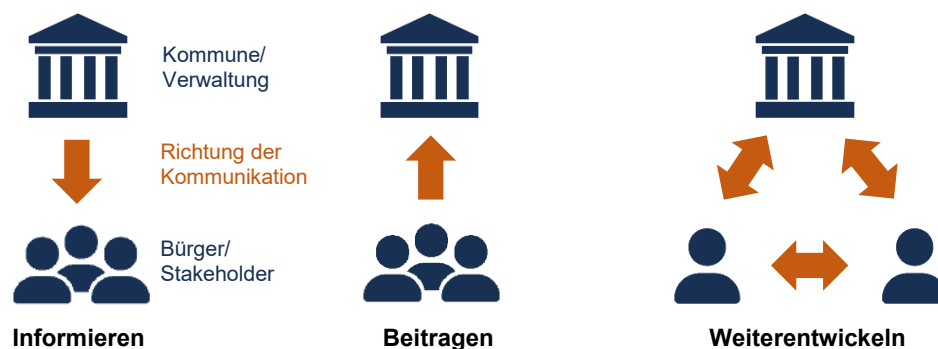


Abbildung 11: Informationsaustausch in verschiedenen Beteiligungsformen und -aufgaben

Obwohl erste Studien zeigen, dass Augmented Reality (AR) die Verständlichkeit und Zugänglichkeit in Beteiligungsprozessen verbessern kann, besteht weiterhin eine Forschungslücke hinsichtlich fundierter Gestaltungsempfehlungen für AR-Werkzeuge, die über reine Informationsvermittlung hinausgehen.

Insbesondere fehlen Anwendungen, die es Teilnehmenden ermöglichen, nicht nur eigene Ideen einzubringen, sondern auch bestehende Vorschläge direkt weiterzuentwickeln (Abschnitt 2.3.2). Damit bleibt offen, wie AR so gestaltet werden kann, dass möglichst viele Menschen aktiv, verständlich und effektiv an Planungsprozessen mitwirken können.

Aus diesen Fragestellungen und Anforderungen lassen sich drei konkrete Forschungsfragen für diese Arbeit ableiten. Die erste Frage untersucht, inwieweit die mobile AR-Anwendung für die drei Beteiligungsaufgaben **Informieren**, **Beitragen** und **Weiterentwickeln** geeignet ist:

RQ1: *Erfüllt die entwickelte AR-Anwendung die notwendigen **Voraussetzungen** hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, visueller Ästhetik und Arbeitsbelastung, um als Beteiligungswerkzeug in der Stadtplanung eingesetzt zu werden?*

Nachdem die grundsätzliche Gebrauchstauglichkeit untersucht und sichergestellt wurde, wird in einer zweiten Forschungsfrage analysiert, wie sich der Einsatz von Augmented Reality auf die Bürgerbeteiligung auswirkt. Hierzu wird eine AR-Anwendung mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen.

Augmented Reality kann als Visualisierungstechnologie vor allem die Kommunikation und das Verständnis räumlicher Sachverhalte unterstützen. Daher wird untersucht, welchen Einfluss der Einsatz von AR auf das Verständnis räumlicher Informationen, auf Diskursbeiträge (Vorschläge) sowie auf den Diskurs selbst hat. Zudem wird der Einfluss auf die Beteiligungsbereitschaft und die wahrgenommene Arbeitsbelastung analysiert. Die zweite Forschungsfrage lautet:

RQ2: *Welche Auswirkungen hat der Einsatz eines gebrauchstauglichen und ansprechend gestalteten AR-Beteiligungswerkzeugs in der Stadtplanung im **Vergleich** zu einem analogen Werkzeug?*

Um diese Frage beantworten zu können, werden fünf Teilaspekte betrachtet. Da das Ziel des Einsatzes von AR in Beteiligungsprojekten insbesondere darin besteht, das Verständnis räumlicher Informationen zu verbessern und das Einbringen eigener Ideen zu erleichtern, wird er Einfluss von AR auf diese beiden Aspekte gezielt untersucht. Darüber hinaus wird angenommen, dass der Einsatz von AR die Beteiligung auch auf inhaltlicher Ebene beeinflussen kann. Daher wird analysiert, welchen Einfluss AR auf die Ausgestaltung von Vorschlägen und deren inhaltliche Qualität hat. Zusätzlich werden mögliche Auswirkungen auf die Beteiligungsbereitschaft sowie auf die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung betrachtet. Zusammenfassend werden im Rahmen der zweiten Forschungsfrage (RQ2) die folgenden Aspekte untersucht:

RQ2.1 Verständnis räumlicher Informationen

RQ2.2 Beitragen eigener Vorschläge

RQ2.3 Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte

RQ2.4 Beteiligungsbereitschaft

RQ2.5 Wahrgenommene Arbeitsbelastung

Um über die konkrete Anwendung hinauszugehen, werden zudem Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den Einsatz von Augmented Reality in der Beteiligung abgeleitet. Die dritte Frage bezieht sich daher auf Anforderungen und Designlösungen für eine gebrauchstaugliche mobile AR-Anwendung. Die dritte Forschungsfrage lautet:

RQ3: *Welche Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen sind für die Gebrauchstauglichkeit einer AR-Anwendung entscheidend, die es Nutzerinnen und Nutzern ermöglicht, sich über kommunale Beteiligungsprojekte in der Stadtplanung zu informieren, zu diesen beizutragen und diese weiterzuentwickeln?*

3.2 Vorgehen

Ausgehend von den zuvor beschriebenen Forschungsfragen (siehe Abschnitt 3.1) und der interdisziplinären Perspektive mit einem HCI-Schwerpunkt folgt diese Arbeit den Prinzipien des Design Science Research (DSR). DSR beschreibt einen wissenschaftlichen Forschungsansatz zur Entwicklung innovativer Artefakte mit sowohl praktischem Nutzen als auch wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn (Hevner et al., 2004). In diesem Prozess wird ein Artefakt systematisch entwickelt und evaluiert, um ein relevantes Problem in einem konkreten Anwendungskontext zu lösen. Das Vorgehen in dieser Arbeit orientiert sich dabei an einer Variante des DSR, die explizit für HCI-Projekte angepasst wurde (Adam et al., 2021).

Innerhalb des DSR-Rahmens wird in dieser Arbeit ein menschenzentrierter Gestaltungsprozess als primäre Methodik angewandt, um eine gebrauchstaugliche mobile AR-Anwendung zu entwickeln – das zentrale Artefakt im Sinne des DSR. Um den Einfluss von AR auf die Beteiligungserfahrung zu untersuchen, muss zudem die Gebrauchstauglichkeit der Anwendung sichergestellt werden. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf den Benutzern sowie auf deren Aufgaben und Zielen. Um diese zu verstehen und um daraus Anforderungen für die Anwendung ableiten zu können, orientiert sich das Vorgehen an den Empfehlungen der ISO-Norm für die „Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme“ (DIN EN ISO 9241-210, 2020).

Gemäß der Norm gilt eine interaktive Anwendung dann als gebrauchstauglich, wenn sie bestimmten Benutzern ermöglicht, in einem bestimmten Kontext bestimmte Aufgaben effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erledigen. Um dies zu gewährleisten, empfiehlt die Norm einen Entwicklungsprozess, der sich an den Bedürfnissen der Nutzenden orientiert. Dies umfasst insbesondere ein gutes Verständnis der Benutzer, ihrer Aufgaben und des Nutzungskontexts, die Einbindung der Benutzer bereits während des Entwicklungsprozesses sowie eine iterative Verbesserung der Gestaltungslösung durch fortlaufende Evaluierung. Neben der Usability spielt auch die gesamte Nutzererfahrung eine Rolle, die interdisziplinär betrachtet werden sollte.

Adam et al. (2021) beschreiben drei zentrale Modi des DSR in HCI-Projekten: *Interior Mode*, *Exterior Mode* und *Gestalt Mode*. Der Interior Mode konzentriert sich auf die technische Gestaltung und Gebrauchstauglichkeit eines digitalen Systems, während der Exterior Mode den Einfluss des Systems auf die Nutzenden und ihr Verhalten untersucht. Der Gestalt Mode kombiniert diese beiden Perspektiven und betrachtet die Mensch-Computer-Interaktion als gesamtheitliches System.

Diese Arbeit adressiert alle drei Modi des DSR. Einerseits liegt der Fokus auf der systematischen Entwicklung einer interaktiven AR-Anwendung, wobei Usability-Prinzipien und nutzerzentrierter Gestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 berücksichtigt werden (Interior Mode). Andererseits wird durch empirische Untersuchungen, insbesondere eine randomisierte kontrollierte Laborstudie, analysiert, wie Nutzende mit der Anwendung interagieren, welche kognitiven Effekte AR in Beteiligungsprozessen hat und wie sich die Nutzungserfahrung im Vergleich zu analogen Beteiligungswerkzeugen unterscheidet (Exterior Mode). Schließlich werden technologische, kognitive und soziale Perspektiven kombiniert, um sowohl die technische Gestaltung der AR-App als auch deren Einfluss auf die Beteiligungserfahrung zu optimieren (Gestalt Mode). Dabei werden interdisziplinäre Erkenntnisse aus Informatik, Politikwissenschaft, Sozialwissenschaft und Kognitionswissenschaft integriert, um eine umfassende Betrachtung der Gestaltung und Nutzung von AR in Beteiligungsprozessen sicherzustellen.

Da die Gebrauchstauglichkeit ein zentrales Ziel der Entwicklung war, wurde dieser Aspekt in allen Phasen des Design- und Entwicklungsprozesses berücksichtigt (vgl. RQ1). Die folgende Abbildung (Abbildung 12) zeigt das methodische Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen (Kapitel 3.1).

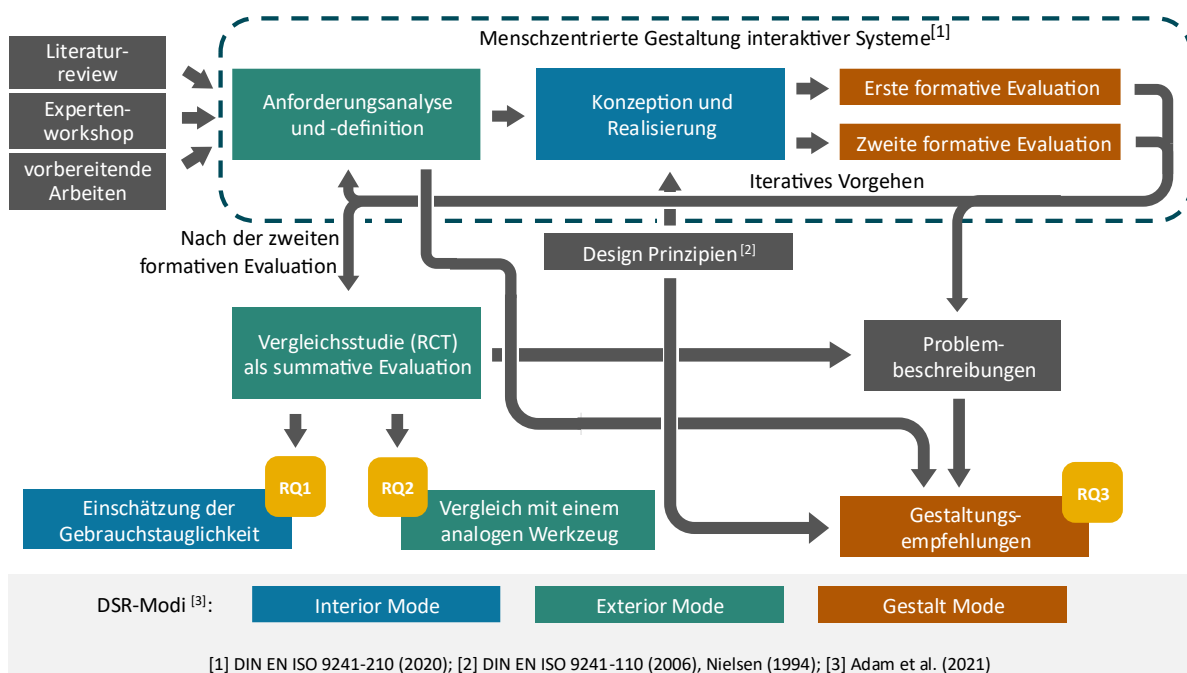


Abbildung 12: Illustration des Vorgehens

Die Zuordnung der Phasen zu den DSR-Modi erfolgt gemäß der dominanten Zielrichtung der jeweiligen Phase. In der praktischen Umsetzung überschneiden sich die Modi oft – zum Beispiel, wenn technische Artefakte gleichzeitig auf ihre Wirkung auf das Nutzungserlebnis untersucht werden.

Die ersten Schritte im menschenzentrierten Entwicklungsprozess sind das Verständnis des Nutzungskontexts einschließlich der Nutzenden und ihrer Aufgaben sowie die Definition geeigneter Anforderungen (DIN EN ISO 9241-210, 2020). Hierzu wurde eine Anforderungsanalyse durchgeführt und systematisch Anforderungen hergeleitet.

Als Grundlage wurden zunächst wichtige theoretische Grundlagen betrachtet (Kapitel 2). Hierzu wurden als Erstes Grundlagen zu den Themen Bürgerbeteiligung (Abschnitt 2.1) und Augmented Reality (Abschnitt 2.2) recherchiert. Zudem wurde der aktuelle Stand der Forschung und Technik zum Einsatz von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung betrachtet und hierzu ein systematisches Literaturreview durchgeführt (Abschnitt 2.3).

Um eine hohe Gebrauchstauglichkeit der zu entwickelnden AR-Anwendung zu gewährleisten, wurden die Usability-Heuristiken nach Nielsen (1994b) sowie die Grundsätze der Dialoggestaltung (Dialogkriterien) nach DIN EN ISO 9241-110 (2006) als zwei etablierte Frameworks herangezogen. Sie wurden gezielt während der Konzeption der mobilen Anwendung eingesetzt, indem die Heuristiken (z. B. Konsistenz und Lernförderlichkeit) direkt in die Gestaltung des Benutzerinterfaces eingeflossen sind. Darüber hinaus werden sie in der Diskussion genutzt, um die gewonnenen Erkenntnisse in einen breiten HCI-Kontext einzuordnen und Gestaltungsempfehlungen für zukünftige AR-Anwendungen abzuleiten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prinzipien befindet sich im Anhang G.

Neben den genannten theoretischen Grundlagen und Usability-Frameworks wurde ein Expertenworkshop mit Mitarbeitenden einer Kommune durchgeführt (Kapitel 4.1), um Herausforderungen und Potenziale aus kommunaler Sicht zu ergründen. Darüber hinaus wurden verschiedene Studierendenprojekte und Abschlussarbeiten ausgeschrieben und betreut, um alternative Herangehensweisen für den AR-Einsatz und technische Aspekte wie Tracking-Technologien zu erproben (Kapitel 4.2).

Auf Basis der definierten Anforderungen wurde eine mobile AR-App konzipiert, realisiert und iterativ weiterentwickelt (Kapitel 5). Nachdem die Anwendung konzipiert und verschiedene Design-Varianten gegeneinander abgewogen worden waren, wurde das finale Konzept als prototypische Smartphone-App umgesetzt. In einer randomisierten kontrollierten Laborstudie wurde der finale Prototyp summativ evaluiert (Kapitel 6).

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde die Anwendung für verschiedene Aufgaben durch Teilnehmende verwendet (Experimentalgruppe) und mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen (Kontrollgruppe). Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die abschließende Diskussion und die Ableitung von Gestaltungsempfehlungen ein (Kapitel 7).

Als Anwendungsszenario für die Beteiligungswerkzeuge wurde die Gestaltung eines kommunalen Spielplatzes gewählt. Dieses Szenario vereint typische Merkmale stadtplanerischer Beteiligung: Es ist lokal stark verankert, betrifft eine vielfältige Gruppe von Stakeholdern (z. B. Eltern, Kinder, Anwohner) und stellt Anforderungen an die Vermittlung räumlicher Informationen. Gleichzeitig ist es klar abgegrenzt und damit gut für eine systematische Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit geeignet. Die Entscheidung fiel daher bewusst auf ein Vorhaben, das realitätsnah, zugänglich und übertragbar ist.

Das methodische Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen umfasst sowohl einen menschenzentrierten Designprozess als auch empirische Untersuchungen zur Evaluation der entwickelten AR-Anwendung. Es lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- In dieser Arbeit wurden systematisch Anforderungen für eine mobile AR-Anwendung abgeleitet und diese in einem iterativen und nutzerzentrierten Designprozess konzipiert, implementiert und weiterentwickelt. Zur Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit und visuellen Ästhetik (RQ1) wurde die Anwendung sowohl formativ als auch summativ evaluiert, wobei Usability-Kriterien (ISO 9241-110, Nielsen-Heuristiken) und Nutzerfeedback in die iterative Weiterentwicklung eingeflossen sind.
- Um den Einfluss von AR auf die Beteiligungserfahrung zu untersuchen, wurde neben der App auch ein analoges Beteiligungswerkzeug entwickelt und in einer randomisierten kontrollierten Laborstudie verglichen (RQ2).
- Die Gestaltungsempfehlungen für zukünftige AR-Anwendungen wurden auf Basis der Anforderungsanalyse, der Evaluationsergebnisse und der iterativen Weiterentwicklung abgeleitet und hierbei allgemeine Usability-Heuristiken auf den Anwendungskontext angewandt (RQ3).

Die drei Forschungsfragen lassen sich jeweils überwiegend einem der drei Modi des Design Science Research zuordnen, wobei zwischen den Perspektiven gewisse Überschneidungen bestehen: RQ1 adressiert vor allem den Interior Mode, indem die technische und gestalterische Qualität der Anwendung untersucht wird. RQ2 entspricht primär dem Exterior Mode, da die Wirkung der Anwendung auf das Verhalten und Erleben der Nutzenden im Fokus steht. RQ3 nimmt eine übergreifende Perspektive ein und ist dem Gestalt Mode zuzuordnen, da hier aus interdisziplinärer Sichtweise Gestaltungsempfehlungen für den Einsatz von AR in Beteiligungsprozessen abgeleitet werden.

4 Anforderungsanalyse

Für die Beantwortung der Forschungsfragen (Kapitel 3.1) werden in diesem Kapitel zunächst Anforderungen für eine gebrauchstaugliche AR-basierte Teiligungsanwendung hergeleitet. Dies entspricht dem zuvor vorgestellten Vorgehen zur menschenzentrierten Gestaltung interaktiver Systeme (Kapitel 3.2).

Zu Beginn der Analysephase wurde ein Expertenworkshop mit Mitarbeitenden der Verwaltung der Hansestadt Lübeck – einer Großstadt in Norddeutschland mit 223.156 Einwohnern (Stand 2024; Hansestadt Lübeck, 2025b) – durchgeführt, um direkte Einblicke in die Sicht einer kommunalen Verwaltung auf Bürgerbeteiligung und den Einsatz von Augmented Reality in Teiligungsprozessen zu gewinnen. Die Ziele, der Ablauf und die Ergebnisse des Workshops werden im Abschnitt 4.1 dargestellt und diskutiert.

Zudem wurden zur Erprobung verschiedener Technologien und Ansätze zum Einsatz von AR in der Beteiligung vier Projekt- und Abschlussarbeiten mit unterschiedlichen Schwerpunkten ausgeschrieben und betreut. Die Arbeiten sowie die zentralen Ergebnisse werden kurz vorgestellt (Abschnitt 4.2).

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem Workshop, den vorbereitenden Arbeiten sowie den theoretischen Grundlagen (Kapitel 2) folgt in diesem Kapitel eine detaillierte Analyse der Aufgaben (Abschnitt 4.3) und Benutzer (Abschnitt 4.4) sowie des räumlich-zeitlichen (Abschnitt 4.5.1 bzw. 4.5.2) und organisatorischen Kontexts (Abschnitt 4.5.3).

Die zusammengefassten Anforderungen (Abschnitt 4.6) bilden die Grundlage für die anschließende Konzeption der mobilen AR-Anwendung.

4.1 Expertenworkshop (Anforderungsworkshop)

Zur Vorbereitung der Analyse und der Planung des Studiendesigns wurde mit Mitarbeitenden der Verwaltung der Hansestadt Lübeck ein Workshop zum Thema „Anforderungsworkshop E-Partizipation“ durchgeführt (Abbildung 13). Er fand im August 2021 in den Räumlichkeiten des Joint eGov and Open Data Innovation Lab (JIL) statt.

Der Workshop hatte zum Ziel Erfahrungen aus der Praxis zu gewinnen, mögliche Herausforderungen und Potenziale beim Einsatz von E-Partizipationsangeboten zu identifizieren und deren Ursachen beziehungsweise Voraussetzungen zu diskutieren. Die im Workshop gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage, um konkrete Anforderungen für E-Partizipationsangebote im Allgemeinen und für AR-gestützte Beteiligung im Speziellen zu formulieren sowie um Beteiligungsthemen auszuwählen, die sich für die Evaluation der AR-Beteiligungsanwendung eignen.

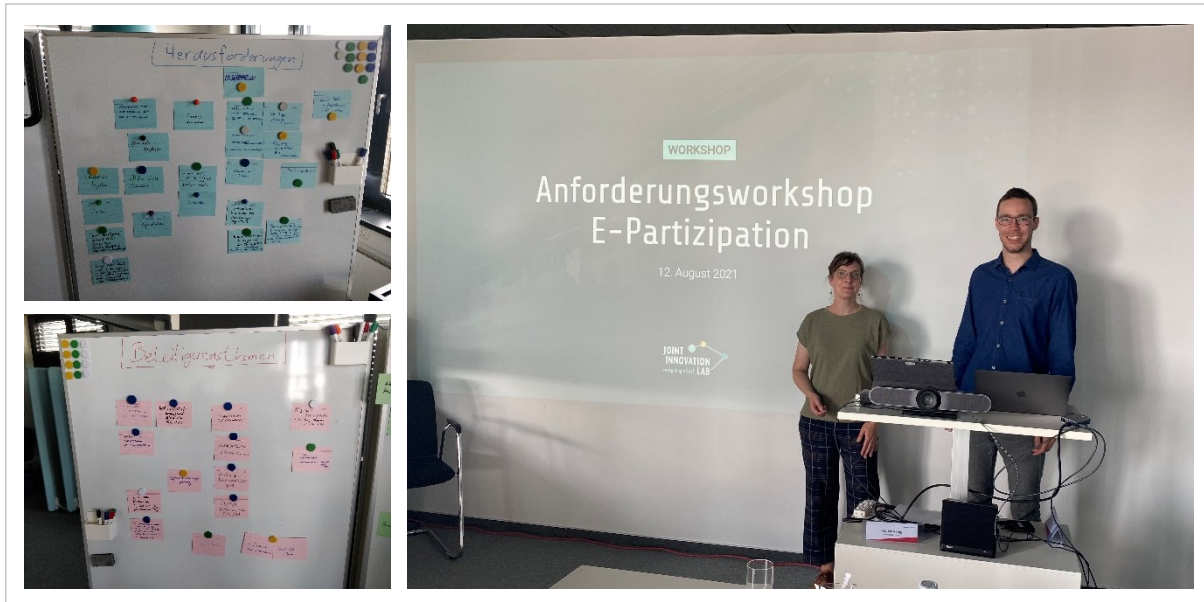


Abbildung 13: Eindrücke vom Anforderungsworkshop

4.1.1 Methode

Der Anforderungsworkshop E-Partizipation wurde in Kooperation mit der Stabsstelle Digitalisierung, Organisation und Strategie der Hansestadt Lübeck geplant und durchgeführt. Am Workshop nahmen 13 Personen teil. Sie kamen aus verschiedenen Fachbereichen der Hansestadt Lübeck sowie von einem Lübecker Digitalisierungsunternehmen. Insgesamt waren zwölf Unterbereiche aus den vier Fachbereichen „Bürgermeister“, „Umwelt, Sicherheit, Ordnung“, „Kultur und Bildung“ sowie „Planen und Bauen“ vertreten.

Nach der Begrüßung durch das Moderationsteam und die wissenschaftliche Leitung des JIL folgte eine thematische Einführung sowie die Vorstellung von Ablauf und Zielsetzung des Workshops.

Im ersten Abschnitt des Workshops waren die Teilnehmer aufgefordert, zunächst allein, dann in Teams und zuletzt als Tischgruppe (angelehnt an die 1-2-4-all-Methode; Liberating Structures, o. J.) Beteiligungsthemen, Motivationen und Gründe für Beteiligung, bisherige Erfahrungen sowie Herausforderungen der Bürgerbeteiligung zu sammeln. Hierzu wurden jeweils farbige Karteikarten verwendet, die anschließend gemeinsam an Whiteboards geordnet und gruppiert wurden.

Im zweiten Abschnitt des Workshops sollten die Teilnehmer Ursachen und Lösungen für eine Auswahl der zuvor gesammelten Herausforderungen aufschreiben. Hierfür wurden acht Herausforderungen (A bis H) von den Moderatoren ausgewählt und gleichmäßig auf die Tische der Teilnehmer verteilt. Mögliche Ursachen wurden zunächst am Tisch diskutiert und dokumentiert. Anschließend wurden die Karten (Herausforderung und zugehörige Ursachen) in mehreren Iterationen an den jeweils nächsten Tisch weitergegeben.

Nach einer Mittagspause wurde den Teilnehmern eine Einführung zum Thema Augmented Reality gegeben. Hierbei hatten die Teilnehmer in einem praktischen Teil die Gelegenheit, verschiedene Augmented-Reality-Apps auszuprobieren. Ziel war es, den Teilnehmern ein Gefühl für die Technologie und ihre Potenziale zu vermitteln, um sie auf die anschließende Diskussion vorzubereiten. Die Teilnehmer wurden hier gebeten, auf Karteikarten zu schreiben, wofür Augmented Reality ihrer Einschätzung nach im Kontext der Bürgerbeteiligung eingesetzt werden könnte, beziehungsweise welche Potenziale sie im Einsatz der Technologie sehen. Dabei sollte auch auf die zuvor gesammelten Herausforderungen Bezug genommen werden.

Abschließend hatten die Teilnehmer Gelegenheit für weitere Fragen und Anmerkungen, bevor sie in einer Blitzlichtrunde ihre persönlichen Highlights des Workshops nannten.

4.1.2 Ergebnisse

Bei den Ergebnissen des Workshops handelt es sich um qualitative Daten in Form einzelner Aussagen und Meinungen der Teilnehmenden bzw. Gruppen von Teilnehmenden. Um die erhobenen Daten aufzubereiten und darin Muster zu erkennen, wurden die Beiträge thematisch gruppiert. Hierbei wurden die einzelnen thematischen Abschnitte des Workshops (Gründe für Beteiligung, Beteiligungsthemen, Herausforderungen und Potenziale des Einsatzes von AR in der Bürgerbeteiligung) separat ausgewertet.

Gründe und Motivation für Beteiligung: Im Rahmen des Workshops wurden 29 Beiträge gesammelt, aus welchen Gründen oder mit welcher Motivation Beteiligung durchgeführt wird. Die Beiträge lassen sich in sechs Kategorien einteilen (Abbildung 14): *Akzeptanz und Legitimation* (z. B. Akzeptanz, Legitimation, Transparenz, Zustimmung), *Bürgernähe der Verwaltung* (z. B. Verwaltung ist für Bürger da, Förderung von Engagement), *Austausch und Wissen nutzen* (z. B. Ideenpool aufbauen, Dialog und Austausch, Wünsche der Bürger), *Realitätscheck* (z. B. bedarfsgerechte Planung, Stimmungsbild einholen, Prioritäten setzen), *Vorhaben und Perspektiven darstellen* (z. B. Veranschaulichung von Vorhaben, Informationen als Basis für Beteiligung) sowie *Prozesse optimieren* (z. B. sinnvoller Einsatz von Steuergeldern oder Prozessoptimierung). Eine vollständige Liste der Beiträge ist im Anhang B.1 dargestellt.

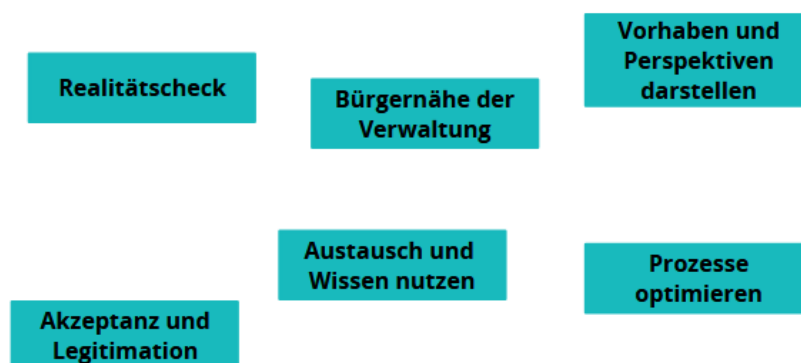


Abbildung 14: Kategorisierung von Gründen für Beteiligung

Beteiligungsthemen: Zum zweiten Schwerpunkt des Workshops wurden 19 Beiträge zu relevanten Beteiligungsthemen gesammelt. Diese lassen sich in sechs Kategorien gruppieren. Die erste Kategorie ist *Digitalisierung* und umfasst Themen wie Smart City, Digitale Kommunikation und E-Government. Die zweite Kategorie ist *Natur- und Klimaschutz*. Hier wurden die Themen Waldwirtschaft, Erhalt von Naturräumen, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel eingeordnet. In der dritten Kategorie *Kinder und Jugendliche* geht es um alles, was Kinder und Jugendliche betrifft aber auch um Kinderbetreuung und Unterstützungsangebote. Die vierte Kategorie ist *Stadtentwicklung und Anregungen* und umfasst Themen wie Stadtleben, Stadtteilplanungen sowie Ideen, Anregungen und aktuelle Fragen. In der letzten Kategorie sind verschiedene *Fachplanungen* zusammengefasst. Als Themen wurden hier Sportentwicklungsplan, Flächennutzungsplan, Verkehrsentwicklungsplan, Fachplanung (z. B. Radschnellwege) sowie Rahmenpläne (informelle Planungen) genannt. Eine vollständige Liste der Beiträge ist im Anhang B.2 dargestellt.

Herausforderungen: Der dritte Schwerpunkt des Workshops waren mögliche Herausforderungen der digitalen Bürgerbeteiligung. Insgesamt haben die Teilnehmenden des Workshops 28 Herausforderungen identifiziert. Diese lassen sich in die sechs Kategorien organisatorische Herausforderungen, rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen, Zugang und Repräsentativität, Vorbehalte der Teilnehmenden, Positionsheterogenität sowie den Umgang mit Ergebnissen einordnen. Die Kategorie mit den meisten Beiträgen ($n = 9$) ist *Zugang und Repräsentativität*. Hier wurden zum einen direkte Zugangsbarrieren wie Sprache und Kommunikation (Leichte Sprache als Lösungsvorschlag) sowie technische Schwierigkeiten (insbesondere bei älteren Menschen) genannt. Zum anderen wurde als Herausforderungen benannt, verschiedene Gruppen (auch Nichtinteressierte) zu erreichen, nicht nur die „Vocal Minority“ anzusprechen und „Hijacking“ von Veranstaltungen durch Interessengruppen zu verhindern. Ebenfalls viele Beiträge gab es für *organisatorische Herausforderungen* ($n = 5$). Hier wurde der Ressourcenbedarf (z. B. für Planung, Durchführung, Dokumentation und Umsetzung), die Corona-Pandemie und lange Zeitaläufe (z. B. „Wenn die Ergebnisse der Beteiligung umgesetzt sind, hat die Zielgruppe andere Bedürfnisse“) genannt. Zudem waren notwendige Prozessanpassungen und die Wahl der richtigen Methoden weitere genannte Herausforderungen (z. B. „Wie erhält man möglichst positives Feedback?“). Genauso viele Beiträge gab es für *rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen* ($n = 5$). In diese Kategorie fallen Aspekte, wie der Kinder- und Jugendschutz, Datensicherheit und gesetzliche Vorgaben, aber auch ganz praktische rechtliche Herausforderungen, die sich aus dem Verwaltungskontext ergeben (z. B. ist Social Media durch die Verwaltung nicht nutzbar). Weitere Beiträge bezogen sich auf mögliche *Vorbehalte* (z. B. Motivation und Komfortzone verlassen), eine erwartete *Positionsheterogenität* (z. B. Zielkonflikte und Generationenkonflikt) sowie auf den *Umgang mit Ergebnissen* (z. B. verbindliche Umsetzung und Rückkopplung von Ergebnissen; jeweils $n = 3$). Eine vollständige Liste der identifizierten Herausforderungen ist im Anhang B.3 dargestellt.

Potenziale: Der vierte Schwerpunkt waren mögliche Potenziale des Einsatzes von AR in der Bürgerbeteiligung. Hierzu wurden 21 Potenziale identifiziert, die sich in die fünf Kategorien Bauvorhaben und

Stadtplanung visualisieren, Alternativen oder bestimmte Aspekte visualisieren, Daten visualisieren, Fachbegriffe und Übersetzungen sowie sonstige Potenziale einteilen lassen. Die Kategorien mit den meisten Beiträgen waren *zukünftige Bauvorhaben und Stadtplanung visualisieren* (z. B. Planungsvisualisierung, virtueller Rundgang oder Zukunftsszenarien) sowie *Alternativen oder bestimmte Aspekte visualisieren* (z. B. Bauvorhaben, Varianten visualisieren oder verschiedene Blickwinkel; jeweils $n = 6$). Weitere Potenziale wurden in der *Übersetzung und Visualisierung von Texten* (z. B. Visualisierung von Fachbegriffen oder Übersetzung in verschiedene Sprachen) sowie der *Visualisierung von Daten* (z. B. Solarkataster, digitaler Zwilling oder Visualisierung von Geldflüssen) gesehen. Drei weitere Beiträge konnte nicht zugeordnet werden und wurden unter *sonstige Potenziale* gesammelt (z. B. „App / Internet“). Eine vollständige Liste der identifizierten Potenziale von AR in der Bürgerbeteiligung ist im Anhang B.4 dargestellt.

4.1.3 Diskussion

Der durchgeführte Workshop ermöglichte wertvolle Einblicke in die Perspektiven der Verwaltung hinsichtlich der Gründe für Bürgerbeteiligung, relevanter Beteiligungsthemen, potenzieller Herausforderungen sowie der Potenziale des Einsatzes von Augmented Reality (AR) in Beteiligungsprozessen.

Die thematische Gruppierung der Ergebnisse zeigt, dass die App verschiedene Motivationen und Bedürfnisse berücksichtigen sollte. Die Kategorien „Akzeptanz und Legitimation“, „Bürgernähe der Verwaltung“ und „Austausch und Wissen nutzen“ verdeutlichen, dass die App nicht nur als Informationsmedium dienen sollte, sondern auch den Dialog zwischen Verwaltung und Bürgern sowie Bürgern untereinander fördern sollte. Zudem zeigt die große Bandbreite an relevanten Themen, dass die App möglichst flexibel für verschiedene Themen einsetzbar sein sollte. Besonders viel Potenzial sahen die Teilnehmenden jedoch für Themen der Stadtplanung, die räumlich darstellbar und sichtbar sind. Eher konzeptionelle Themen wie die Darstellung von Finanzflüssen spielten hingegen eine untergeordnete Rolle.

Im Workshop wurden Herausforderungen insbesondere im Bereich Zugang und Repräsentativität gesehen. Diese Einschätzung deckt sich mit Erkenntnissen aus der Literatur (vgl. Abschnitt 2.1.3 und 2.1.5; z. B. Aichholzer & Rose, 2020; Schoßböck et al., 2018). Technische Hürden sollten daher so weit wie möglich abgebaut werden und sprachliche Hürden beispielsweise durch Leichte Sprache abgemildert werden. Aufgrund der breiten Zielgruppe ist sicherzustellen, dass unterschiedliche Erwartungen und technische Barrieren, etwa durch Sehbeeinträchtigungen oder geringe Technologieerfahrung, berücksichtigt werden.

Eine weitere Gruppe von Herausforderungen sind organisatorische und rechtliche Rahmenbedingungen. Hierbei sind die besonderen Anforderungen der öffentlichen Verwaltung zu beachten und eine Integration in bestehende Prozesse sollte möglichst gut unterstützt werden. Zudem zeigte sich eine gewisse Skepsis hinsichtlich der praktischen Umsetzbarkeit des AR-Einsatzes, insbesondere im Hinblick auf die potenziellen Kosten für die Erstellung aufwendiger 3D-Objekte und -Animationen. Auch in der Literatur

werden Entwicklungs- und Wartungskosten als möglicher Nachteil digitaler Beteiligungswerkzeuge genannt (z. B. für VR; Spieker et al., 2017). Obwohl der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Wirkung der AR-Visualisierung liegt, sollte diese Herausforderung aufgrund ihrer Bedeutung für die langfristige Akzeptanz und den praktischen Einsatz berücksichtigt werden.

Die häufig genannten Aspekte aus der Themengruppe Visualisierung – insbesondere zur Darstellung von Bauvorhaben und Varianten – können dabei helfen, komplexe Sachverhalte anschaulich und zugänglich zu machen. Auch in der Literatur wird darauf hingewiesen, dass Visualisierungen das Verständnis erleichtern (Henckel et al., 2010, S. 34; Spieker, 2021, S. 47–48) und den Austausch zwischen verschiedenen Stakeholdern unterstützen können (Eilola et al., 2023). Die Möglichkeit, virtuell durch geplante Stadtteile zu navigieren oder Varianten von Bauvorhaben zu vergleichen, wurde im Workshop als Potenzial gesehen, um Partizipation attraktiver zu gestalten.

4.1.4 Fazit zum Workshop

Aus dem Workshop lassen sich verschiedene Anforderungen an die zu entwickelnde AR-Beteiligungsapp ableiten: Die App sollte einfach bedienbar sein und mit leicht verständlicher Sprache arbeiten, um eine breite Zielgruppe zu erreichen. Um langfristig Ressourcen zu sparen und die Flexibilität zu erhöhen, sollte die App leicht an verschiedene Szenarien und Beteiligungsprojekte angepasst werden können oder sogar mehrere unterschiedliche Projekte parallel unterstützen. Für eine gute Integration in bestehende Strukturen und Abläufe sollte darauf geachtet werden, dass die Ergebnisse der Beteiligung in geeigneter Form exportiert und neue Projektdaten importiert werden können. Die Visualisierung von Vorschlägen sollte den Vergleich verschiedener Varianten ermöglichen. Hierin wird auch Potenzial gesehen, um die Attraktivität der Beteiligung für interessierte Bürger zu steigern. Zudem sollten rechtliche Rahmenbedingungen sowie Fragen des Datenschutzes und der Datensicherheit bei der Konzeption berücksichtigt werden.

4.2 Vorbereitende Arbeiten

In diesem Kapitel werden fünf Projekt- und Abschlussarbeiten vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit entweder allein oder gemeinsam mit einem Kollegen betreut wurden (siehe Tabelle 5). Bei allen fünf Arbeiten wurde eine Anwendung für Smartphone-basiertes AR in der Beteiligung umgesetzt. Hierbei wurden bewusst unterschiedliche technische Ansätze gewählt, um diese miteinander vergleichen zu können. Die Arbeiten unterscheiden sich hinsichtlich des verwendeten Frameworks (ARKit, AR.js und AR Foundation), der Methode zur Platzierung virtueller Elemente (3D-Marker, Bild-Marker, QR-Code, GPS-basiert), des räumlichen Kontexts der Anwendung (freie Platzierung, augmentiertes Modell, Bild-Marker) sowie der Form der Beteiligung (informieren, kommentieren, beitragen). Die einzelnen Abschnitte basieren auf unveröffentlichten Berichten und Abschlussarbeiten der Studierenden sowie auf eigenen Notizen, die während der Betreuung entstanden sind.

Kurztitel des Projekts	Level	Plattform	Framework	Tracking	Setting	Kapitel
Open Data AR (ODAR)*	Information	iOS	ARKit (+ AR.js)	3D-/Bild-Tracking	Outdoor/ am Modell o. Plan	4.2.1
Bürgerbeteiligung mit Augmented Reality*	Information + Kommentare	Web/iOS	AR.js/ARKit	3D-/Marker-Tracking	Indoor/ am Modell	4.2.2
AR für die Stadtbegrünung	Information + Beitragen	iOS	ARKit	GPS-Tracking	Outdoor/ ortsunabhängig	4.2.3
AR-Annotationen*	Information + Beitragen	Web/iOS	AR.js/ARKit	GPS-Tracking**	Outdoor/ ortsunabhängig	4.2.4
Augmented to Explore*	Information	Android	AR Foundation	Bild-Tracking	In- & Outdoor/ am Stadtplan	4.2.5

**) gemeinsame Betreuung des Projekts mit einem Kollegen, **) geplant, Speichern & Laden nicht umgesetzt*

Tabelle 5: Überblick vorbereitender Arbeiten

4.2.1 Masterprojekt: Open Data AR (ODAR)

In einem von Autor dieser Arbeit mitbetreuten Masterprojekt (im Rahmen des Mastermoduls Mobile Systeme) haben sich Studierende mit der Darstellung von Informationen mithilfe von Augmented Reality beschäftigt (Beerepoot et al., 2020). Das Ziel des Projekts war, frei verfügbare Daten (Open Data) zu verwenden und diese zu nutzen, um in der Stadt Lübeck ausgehängte Stadtpläne sowie ein 3D-Modell der Stadt, mit virtuellen Informationen anzureichern.

Der im Projekt entwickelte Prototyp kann auf zwei verschiedene Arten genutzt werden (Abbildung 15). Eine Möglichkeit ist die Anreicherung eines physischen 3D-Modells der Hansestadt am Kohlmarkt in Lübeck (Abbildung 15, D). Das 3D-Modell selbst dient hierbei als Anker für die Positionierung der virtuellen Inhalte (3D-Marker). Die zweite Möglichkeit ist die Verwendung an den im Stadtgebiet ausgehängten Stadtplänen (Abbildung 15, B). Hierbei werden Muster auf den Plänen erkannt (Image-Marker, z. B. das Icon einer bestimmten Kirche) und mit zusätzlichen Informationen angereichert.

Zunächst sollte für die Entwicklung das Framework AR.js verwendet werden. Der größte Vorteil dieses Frameworks ist die plattformübergreifende Verfügbarkeit der Anwendung, die von Nutzenden direkt aus dem Webbrowser gestartet werden kann und keine Installation auf dem Smartphone erfordert.

Der größte Nachteil dieser Technologie ist ihre begrenzte Leistungsfähigkeit und ihr eingeschränkter Funktionsumfang. Beispielsweise war das Scannen von 3D-Objekten in AR.js nicht möglich. Aus diesem Grund fiel im Projektverlauf die Entscheidung, für die Entwicklung das Framework ARKit zu verwenden. Aufgrund der Anforderung, das 3D-Modell als Marker zu verwenden, wurde zum Zeitpunkt der Entwicklung keine plattformübergreifende Lösung gefunden. Mit ARKit konnte das Modell eingescannt und als Marker verwendet werden. Die App ist ausschließlich für iOS-Geräte verfügbar.

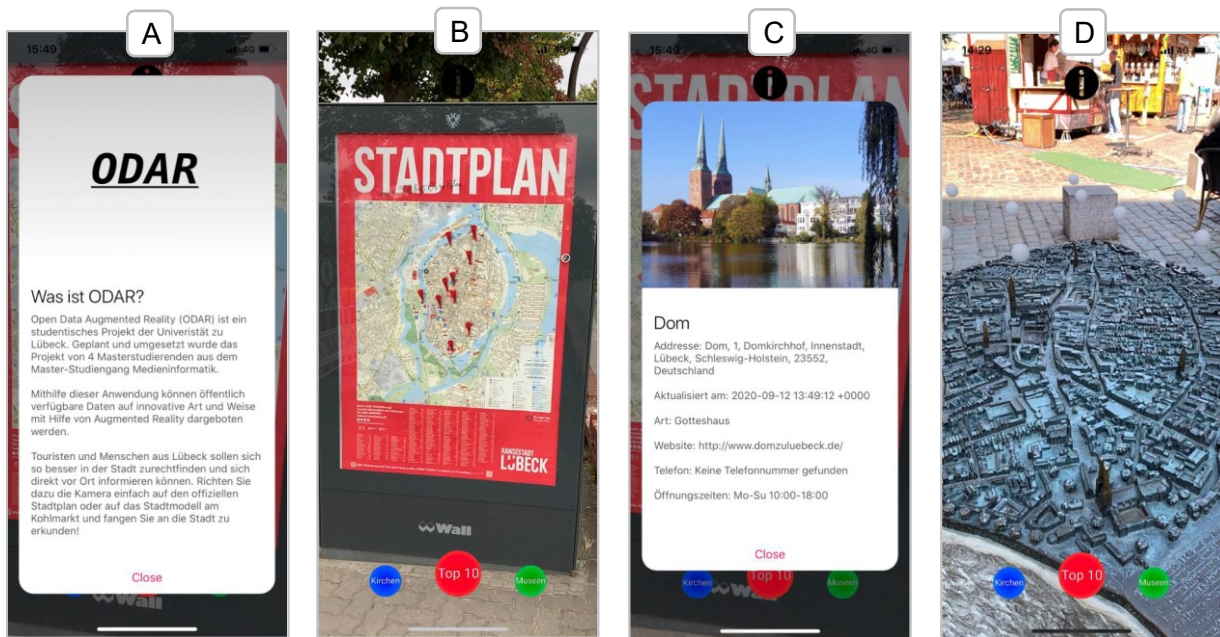


Abbildung 15: Screenshots der App aus dem Projektbericht (Beerepoot et al., 2020)

4.2.2 Bachelorprojekt: Bürgerbeteiligung mit Augmented Reality

Im Bachelorprojekt „Bürgerbeteiligung mit Augmented Reality“ ging es darum, ein physisches Modell mithilfe von Augmented Reality mit zusätzlichen Informationen und Funktionen anzureichern (Brunsendorf et al., 2021). Für das Projekt wurden Klemmbausteine verwendet, um ein einfaches Modell eines Straßenzugs zu gestalten (Abbildung 16, A). Nutzende können mit der App das Klemmbausteinmodell mit weiteren Informationen augmentieren (z. B. Label und Beschreibung eines Gebäudes) und einzelne Elemente (z. B. ein Gebäude) über die App annotieren (Abbildung 16, B & C). Zudem kann gezielt nach bestimmten Elementen oder Kategorien gesucht werden. Durch eine Funktion zum gezielten Ein- oder Ausblenden bestimmter Elemente können verschiedene Versionen oder Zeitpunkte miteinander verglichen werden.

Im Rahmen des Projekts wurden zwei Prototypen mit unterschiedlichen Technologien prototypisch realisiert. Der erste Prototyp basiert auf dem JavaScript Framework AR.js und kann ohne Installation im Webbrowser verwendet werden. Die größte Stärke dieses Prototyps ist die Plattformunabhängigkeit und die direkte Verwendbarkeit der App im Webbrowser. Allerdings zeigte sich im Projekt, dass die AR-Visualisierung oft instabil war (z. B. Kippen des Modells um 90 Grad oder versetzte Darstellung; siehe Abbildung 16, D) und das Framework keine direkte Interaktion der Nutzenden mit den AR-Elementen erlaubte (z. B. Antippen von AR-Elementen). Die Interaktion wurde im Projekt über die Verwendung eines AR-Cursors gelöst, der durch die Bewegung des Smartphones auf einem Element platziert werden kann. In der Evaluation zeigte sich, dass diese Interaktionsform oft nicht verstanden wurde. Ein weiterer Nachteil ist, dass AR.js auf die Verwendung eines AR-Markers (z. B. ein QR-Code in der Mitte des Modells) angewiesen ist.

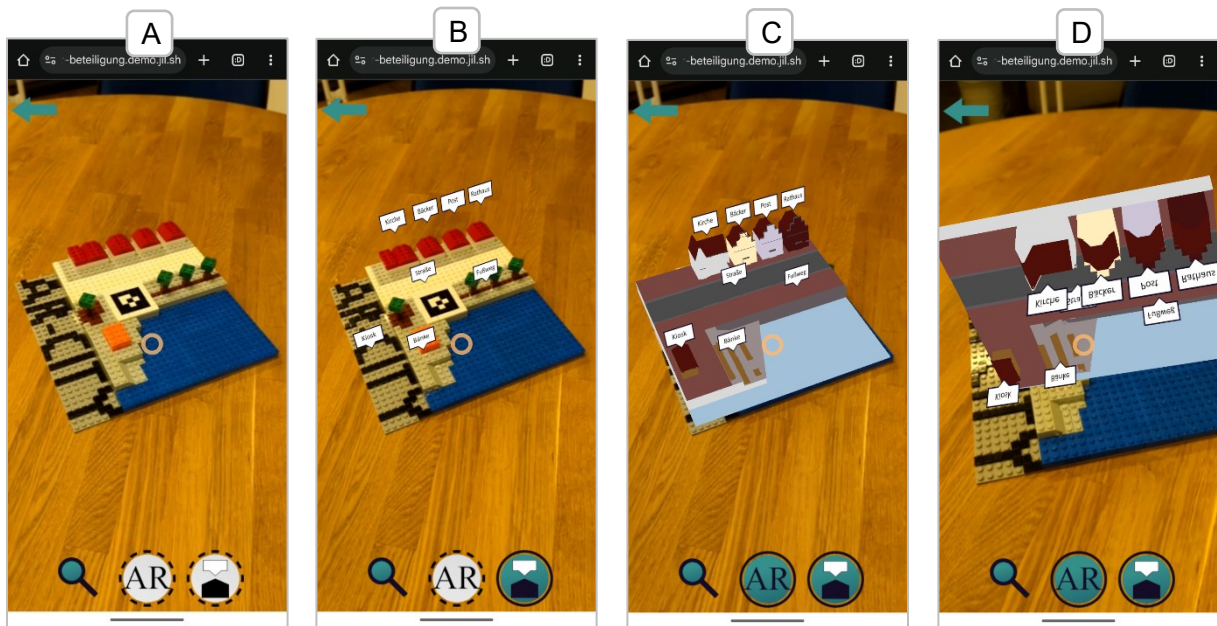


Abbildung 16: Screenshots der App (reproduziert nach Brunsendorf et al., 2021)

Der zweite Prototyp wurde mit dem Framework ARKit realisiert. Die App muss vor der Verwendung auf einem Smartphone installiert werden und ist ausschließlich für das Betriebssystem iOS verfügbar. In dieser App wurde das sogenannte „Reference Object Scanning“ verwendet, bei dem das 3D-Modell eingescannt und als Marker verwendet wird. Auf diese Weise kann auf das Anbringen zusätzlicher Marker verzichtet werden. Zudem ist in dieser App die direkte Interaktion mit den virtuellen Elementen möglich.

4.2.3 Bachelorarbeit: AR-Beteiligung am Beispiel der Stadtbegrünung

In einer vom Autor dieser Arbeit ausgeschrieben und betreuten Bachelorarbeit zum Thema „Augmented Reality zur Unterstützung der Bürgerbeteiligung am Beispiel der Begrünung der Hansestadt Lübeck“ wurde der Einsatz von Augmented Reality in der kommunalen Bürgerbeteiligung untersucht (Fares, 2022). Das Ziel der Bachelorarbeit war, zu untersuchen, inwieweit AR bei der Planung von Grünanlagen eingesetzt werden kann. Hierbei wurde mit der Entwicklungsumgebung Unity prototypisch eine AR-App für Smartphones entwickelt und hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit für die Zielgruppe (in diesem Fall Bürger in Lübeck) untersucht. Zudem wurden technische Fragestellungen, wie das Positionieren von AR-Elementen auf Grundlage von GPS-Koordinaten, betrachtet.

Mit der entwickelten Smartphone-App können Nutzer sich frei durch die Stadt bewegen und virtuelle Bäume pflanzen (siehe Abbildung 17, A bis D). Auf einer Infoseite konnten Nutzer sich zur Wirkung von Städten auf das Wohlbefinden und zur Bedeutung von Bäumen in der Stadt informieren (B). Beim Pflanzen der virtuellen Bäume wird den Nutzern zunächst eine halbtransparente Vorschau des Baumes gezeigt (C), ehe die Bäume nach dem Platzieren ohne Transparenz dargestellt werden (D).

In der Arbeit wurden zwei technische Limitationen der Anwendung hervorgehoben. Zum einen wurde auf eine große Ungenauigkeit der GPS-Koordinaten beim Speichern platzierter Bäume und beim Darstellen der aus Vorschlägen geladenen Bäume hingewiesen. Hier kam es zu Abweichungen von mehreren Metern, sodass beispielsweise die Idee von in Reihe platzieren Bäumen nach dem Speichern und Laden nicht wiederzuerkennen war (Fares, 2022). Zum anderen war es erforderlich die Genauigkeit der 3D-Modelle zu reduzieren, um eine flüssige Nutzung der Anwendung zu ermöglichen. Hierzu wurde die Anzahl der Dreiecke, aus denen sich die Bäume zusammensetzen, stark reduziert (Fares, 2022).

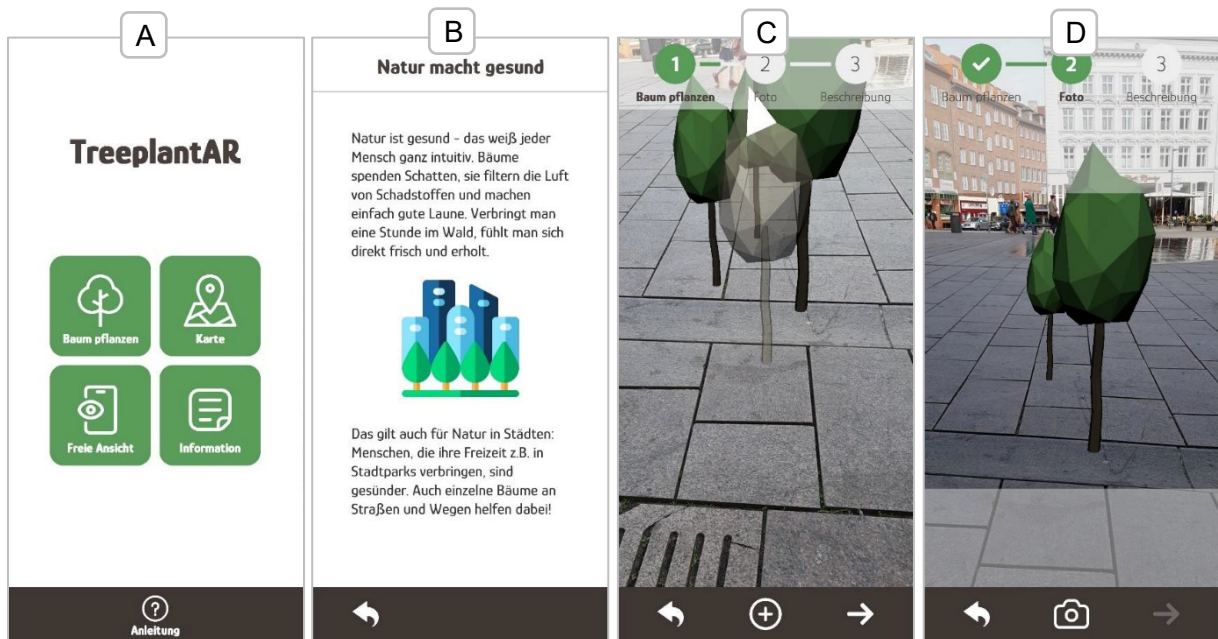


Abbildung 17: Screenshots der App aus der Bachelorarbeit (Fares, 2022)

In der Arbeit wird insgesamt ein positives Fazit in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit der App durch Bürger gezogen. Die Anwendung wurde mit neun Teilnehmenden im öffentlichen Raum der Lübecker Innenstadt evaluiert. Hervorgehoben wird, dass Nutzende sich „spielerisch, motivierend und vor allem proaktiv am Stadtgeschehen beteiligen“ können (Fares, 2022).

4.2.4 Bachelorprojekt: AR-Annotationen im öffentlichen Raum

In einem Bachelorprojekt wurde eine mobile AR-Anwendung konzipiert und als einfacher Prototyp realisiert, mit dem Benutzende Fotos in ihrer Umgebung platzieren können (Stremme et al., 2022). Die Idee war, Nutzenden eine einfache Möglichkeit zu geben, um Ideen in ihrer Stadt zu visualisieren. Hierbei sollte sowohl kreative Kunstinstallationen als auch informative Beiträge, wie beispielsweise zur Stadtgeschichte möglich sein.

Da die Konstruktion und Platzierung physischer Elemente durch Kosten, Zeitaufwand und regulatorische Herausforderungen eingeschränkt ist, soll die Platzierung virtueller Elemente (hier Bilder) eine niederschwellige Möglichkeit bieten, diese Elemente erlebbar und platzierbar zu machen. In der prototypisch für die mobilen Betriebssysteme Android und iOS entwickelten App kann die reale-physische

Umgebung mit historischen Bildern überlagert werden (siehe Abbildung 18). So können beispielsweise historische Straßenzüge oder nicht mehr vorhandene Fassaden zu neuem Leben erweckt und vor Ort betrachtet werden.

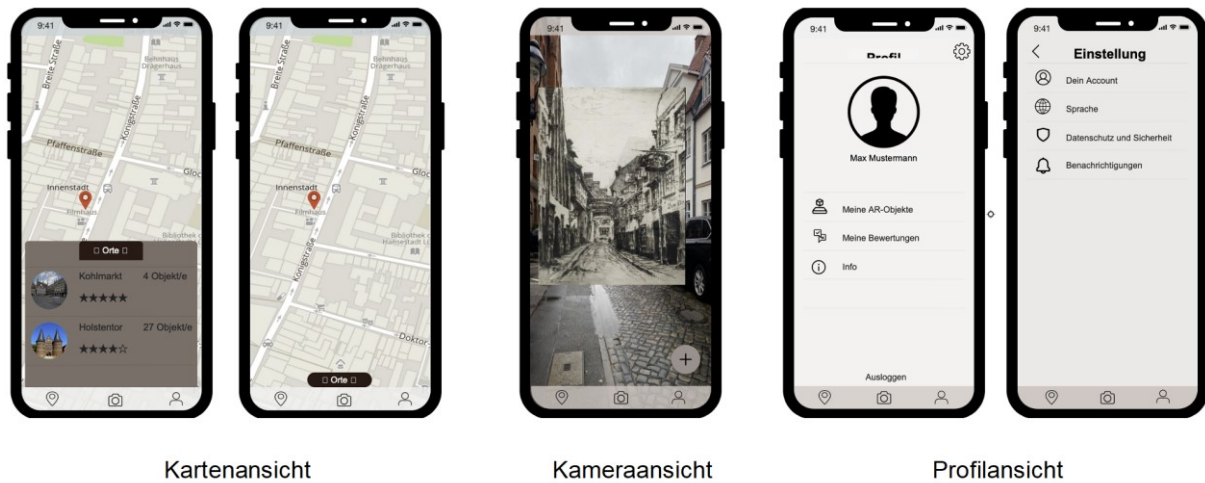


Abbildung 18: Screenshots der „ARnotate“ App aus dem Projektbericht (Stremme et al., 2022)

Die App wurde mit der Entwicklungsumgebung Unity und auf Basis des Frameworks AR-Foundation realisiert. Die Zielgruppen der App sind sowohl Einwohner einer Stadt als auch Besucher wie z. B. Touristen. Nutzende können Fotos aus der Bildergalerie ihrer Smartphones in der App hochladen und diese anschließend platzieren. Hierzu sehen sie das Kamerabild der Umgebung und können das Bild im Raum verschieben, skalieren oder drehen. Hierbei unterstützt die vom Framework bereitgestellte automatische Erkennung von Ebenen in der Umgebung. Die so platzierten Bilder werden als sogenannte „Points-of-Interest“ auf einer Karte dargestellt. Das Speichern und Laden der Positionen wurde im Rahmen des Projekts nicht bis zum Ende implementiert. Die im Raum platzierten Bilder werden daher nur bis zum Schließen der App angezeigt und gehen anschließend verloren. Geplant war die Verwendung eines Google Cloud Anchor Services, um die Positionen der Bilder im Raum anhand von GPS-Koordinaten zu speichern. Durch die Anforderung, dass die Elemente frei platzierbar sein sollen, was die Verwendung von Markern keine Option. Aufgrund der fehlenden Funktionalität zum Speichern und Laden gab es im Projekt keine Erkenntnisse zur Genauigkeit der Position nach dem erneuten Laden der Elemente.

4.2.5 Bachelorprojekt: Augmented to Explore

In diesem Bachelorprojekt wurde eine mobile AR-App konzipiert und prototypisch umgesetzt, mit der klassische im öffentlichen Raum in Lübeck aushängende Stadtpläne mithilfe von Augmented Reality mit zusätzlichen Informationen erweitert werden können (Dulat et al., 2022). Die Idee hinter dem Projekt war, Nutzende, insbesondere Touristen, bei ihrem Besuch in der Stadt zu unterstützen. Zum einen können durch die digitale Erweiterung der Stadtpläne aktuelle Informationen (z. B. abweichende Öff-

nungszeiten oder Eventinformationen) bereitgestellt werden (Abbildung 19, B). Zum anderen unterstützt die App dabei, sich in der Stadt zurechtzufinden. Nutzende können hierfür Orte auswählen, die sie besuchen möchten. Die App erstellt dann mithilfe von Google Maps eine Route zu allen ausgewählten Orten (Abbildung 19, C). Auf diese Weise werden sowohl die Vorteile des ausgehängten großformatigen Plans (z. B. Übersichtlichkeit) als auch die Vorteile der digitalen Navigation (z. B. Anzeige von Richtungen) genutzt.

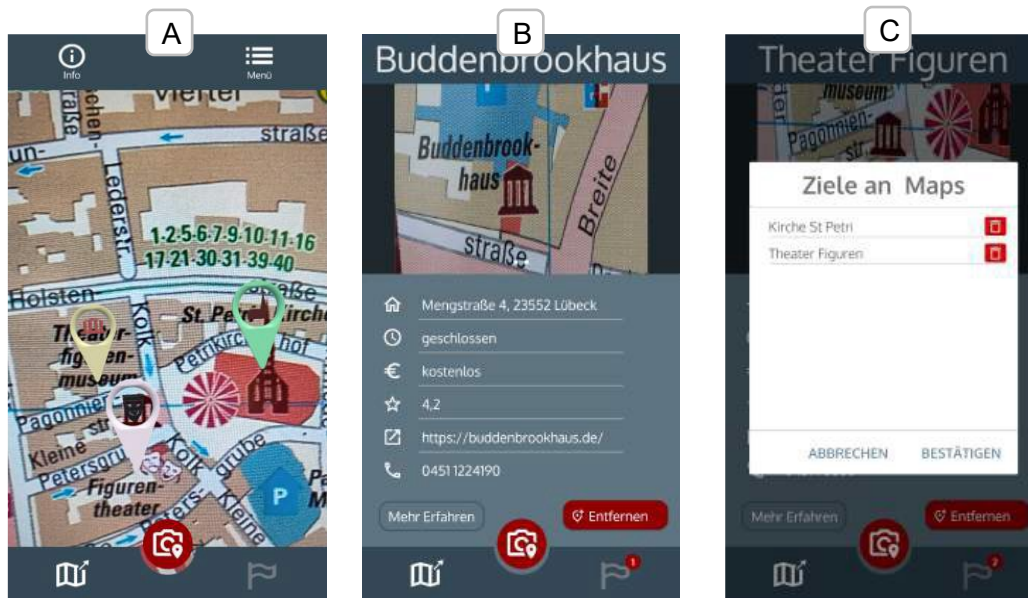


Abbildung 19: Screenshots der App aus dem Projektbericht (Dulat et al., 2022)

Die App wurde mit der Entwicklungsumgebung Unity und dem Softwareframework AR Foundation umgesetzt und für Android bereitgestellt. Obwohl das Framework auch die Veröffentlichung für andere Plattformen (z. B. iOS) ermöglicht, wurde dies im Projekt nicht umgesetzt. Die App wurde summativ mit insgesamt 20 Teilnehmenden evaluiert: Zwölf Personen nutzten die Anwendung im öffentlichen Raum der Lübecker Innenstadt, acht weitere in einer kontrollierten Laborumgebung. Das Projekt zeigt, dass Augmented Reality auch für die Anreicherung der Umgebung mit zweidimensionalen Inhalten sinnvoll eingesetzt werden kann, um die Vorteile digitaler Inhalte (z. B. Aktualität und Personalisierung) in der physischen Umgebung nutzbar zu machen.

4.2.6 Fazit zu den vorbereitenden Arbeiten

In den vorgestellten vorbereitenden Arbeiten wurden sehr unterschiedliche Ansätze verfolgt, um AR-Anwendungen im Kontext kommunaler Beteiligung einzusetzen. Dabei wurden verschiedene Plattformen, Frameworks, Tracking-Methoden und räumliche Kontexte erprobt. Trotz ihrer Unterschiede machen die Projekte deutlich, dass AR das Potenzial besitzt, Informationen anschaulich zu vermitteln. Einzelne Projekte zeigten zudem Möglichkeiten, wie kreative Beiträge ermöglicht und das Engagement der Nutzenden angeregt werden können.

Die Erkenntnisse aus den Projekten lieferten wertvolle Hinweise für die Entwicklung der in dieser Arbeit konzipierten Anwendung. Sie zeigen, welche technischen und gestalterischen Herausforderungen zu beachten sind und welche Potenziale sich durch gezielte Kombination technischer Ansätze und nutzerzentrierter Gestaltung realisieren lassen.

4.3 Aufgaben und Prozessschritte

Ein zentraler Baustein für die Konzeption interaktiver Systeme ist die Analyse der Aufgaben, die mit dem System erfüllt werden sollen. Eine Aufgabe wird dabei definiert als „Satz an Aktivitäten, die durchgeführt werden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen“ (ISO 9241-11:2018, 3.1.11). Abhängig vom Ziel und Level der Beteiligung (vgl. Abschnitt 2.1.1) können Beteiligungssysteme unterschiedliche Aufgaben unterstützen, z. B. das Präsentieren von Informationen, das Abstimmen über Vorschläge oder die Aufbereitung von Ergebnissen. Damit ein System gebrauchstauglich ist, sind die unterstützten Aufgaben eindeutig zu definieren und klar von nicht unterstützten Aufgaben abzugrenzen.

Eine Augmented-Reality-App als Beteiligungswerkzeug ist Teil eines Beteiligungsprozesses. Um die Anforderungen an eine gute Beteiligung (vgl. Kapitel 2.1) zu erfüllen, reicht es nicht aus, nur die Aufgaben zu betrachten, die direkt mit dem Werkzeug erledigt werden. Erfolgreiche Beteiligung hängt auch von einer gut strukturierten Organisation ab (Abas et al., 2023). Hierzu zählen beispielsweise vorbereitenden und nachbereitende Aufgaben, wie die Werbung für die Beteiligung sowie die Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse.

Da diese Arbeit die Eignung von Augmented Reality für die Beteiligung untersucht, wird davon ausgegangen, dass die vorbereitenden Aufgaben wie die Planung des Beteiligungsprozesses und die Werbung für die Beteiligung bereits abgeschlossen sind. Diese Aufgaben werden daher nicht weiter analysiert. Aufgaben, die vom Output des Werkzeugs abhängen, werden insofern berücksichtigt, dass Anforderungen für die Weiterverarbeitung der Ergebnisse aufgenommen werden.

Für die nähere Analyse der Aufgaben wurden zum einen die Aufgaben der Teilnehmenden der Beteiligung (4.3.1) und zum anderen die Aufgaben der Organisatoren der Beteiligung analysiert (4.3.2).

4.3.1 Aufgaben der Teilnehmenden

Aus der Sicht der Teilnehmenden (z. B. Einwohner, betroffene oder interessierte Personen) hat die Durchführungsphase der Beteiligung die größte Bedeutung, da sie hier die Möglichkeit haben, sich zu informieren und aktiv eigene Ideen einzubringen (Abbildung 20).

Im Rahmen dieser Arbeit werden – entsprechend der Fragestellung in Kapitel 3.1 – drei zentrale Ziele der Beteiligten in der Beteiligungsphase unterschieden: das Nachvollziehen von Vorschlägen in einem Beteiligungsprojekt, das Beitragen eigener Ideen sowie die Weiterentwicklung von Ideen anderer Personen. Teilnehmende können dabei eine oder mehrere dieser Aufgaben übernehmen.

Um sich zu einem Projekt informieren oder Ideen dazu einbringen zu können, muss dieses zunächst gefunden und ausgewählt werden (Kapitel 2.1). Dabei können Teilnehmende entweder gezielt nach einem bestimmten Projekt suchen (ein Projekt finden) oder sich ohne eine konkrete Vorstellung über die vorhandenen Projekte informieren (in Projekten stöbern). Nachdem ein Projekt über einen dieser Wege ausgewählt wurde, kann die eigentliche Beteiligung erfolgen.

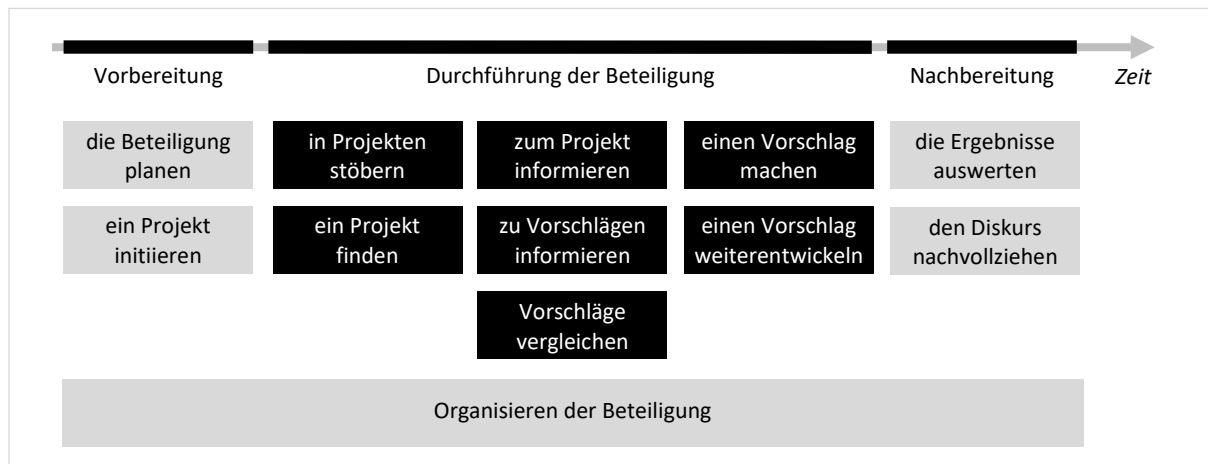


Abbildung 20: Grundlegende Aufgaben im Beteiligungsprozess (Teilnehmende)

Das Informieren im Vorfeld der aktiven Beteiligung sowie das Bilden einer eigenen Meinung sind wichtige Voraussetzungen einer qualitativ hochwertigen Beteiligung (Schöttle, 2019b). Daher ist das Informieren zu möglichen Vorschlägen oder Lösungsvarianten eine zentrale Aufgabe. Dies gilt unabhängig davon, ob es sich bei den Optionen um vorgegebene Varianten handelt, aus denen ausgewählt oder zu denen Stellung bezogen werden kann, oder ob es sich um Vorschläge anderer Personen zum Beteiligungsprojekt handelt. Sowohl für Interessierte als auch für aktive Teilnehmende hilft das Nachvollziehen der Alternativen, den Möglichkeitsraum und die vertretenen Positionen besser zu verstehen. Ein Verständnis bestehender Vorschläge sowie die Reflexion möglicher Alternativen können die Qualität der deliberativen Diskussion erhöhen (Nanz & Fritsche, 2012). Es ist zwar möglich, sich zu beteiligen, ohne die vorhandenen Vorschläge zu kennen. Ein Verständnis der vertretenen Positionen kann jedoch dabei helfen, doppelte Vorschläge zu verringern und relevante Aspekte besser zu verstehen. Zudem kann es dabei unterstützen, im eigenen Vorschlag gezielt auf bestimmte Aspekte einzugehen. Das Nachvollziehen des Diskurses beinhaltet, sich einen Überblick über vorhandene Positionen zu verschaffen (informieren), die zentralen Aspekte verschiedener Vorschläge zu erkennen und zu differenzieren sowie Übereinstimmungen und Unterschiede zur eigenen Position zu erkennen (vergleichen; Abschnitt 3.1).

Eine weitere zentrale Aufgabe ist das Beitragen eigener Vorschläge (Abschnitt 3.1). Dies kann mittels gänzlich neuer Vorschläge geschehen oder indem bestehende Vorschläge oder Aspekte dieser Vorschläge annotiert werden. Der einfachste Fall, die eigenen Ideen zu kommunizieren, wäre das Zustimmung oder Ablehnen eines bestehenden Vorschlags. Im Idealfall informieren sich Teilnehmende im Vor-

feld eines Beteiligungsbeitrags über das Projekt, das Beteiligungsangebot (insbesondere Rahmenbedingungen und Möglichkeitsraum) sowie vorherige Beteiligungsbeiträge und die verschiedenen vertretenen Positionen. Die dritte zentrale Aufgabe ist, bestehende Vorschläge weiterzuentwickeln (Abschnitt 3.1). Anstatt einen gänzlich neuen Vorschlag zu machen, wird auf einem bestehenden Vorschlag aufgebaut.

Interessierte Personen sowie Verantwortliche der Kommune sollten sich über aktuell laufende, zukünftige sowie, auch nach dem Abschluss der Beteiligungsphase, vergangene Projekte und Beteiligungsangebote informieren können (Walz et al., 2012).

4.3.2 Aufgaben der Organisatoren

Die Effektivität öffentlicher Beteiligung ist maßgeblich abhängig von einer klaren organisatorischen Struktur, ausreichender zeitlicher Vorbereitung und einer geeigneten Integration in den Planungsprozess (Abas et al., 2023). Beteiligungsprojekte werden hierbei häufig durch die Verwaltung initiiert, die Bürgerinnen und Bürger mittels Information, Konsultation oder aktiver Teilhabe in Planungs- und Entscheidungsprozesse einbindet (Abas et al., 2023). In der Initiierungsphase wird zunächst ein Thema aufgeworfen und die Notwendigkeit einer Beteiligung festgestellt (Abbildung 21). Der Impuls für das Beteiligungsprojekt kann entweder von der Kommune (Top-down-Beteiligung) oder von Bürgern (bzw. anderen Personen oder Gruppen) ausgehen (Bottom-up-Beteiligung; vgl. Abschnitt 2.1.2).

Eine Bedingung für erfolgreiche Beteiligung ist, dass die Beteiligten gut informiert werden (Schöttle, 2019b, S. 29). Zu Beginn eines Beteiligungsprozesses ist sicherzustellen, dass benötigte Informationen zum Projekt, zu Rahmenbedingungen und zum Beteiligungsangebot für alle betroffenen und interessierten Personen zugänglich gemacht werden. Die entsprechenden Informationen werden durch die Organisatoren veröffentlicht (in der Regel durch den Initiator oder durch Verantwortliche der Kommune) und durch die betroffenen und interessierten Personen und Personengruppen abgerufen.

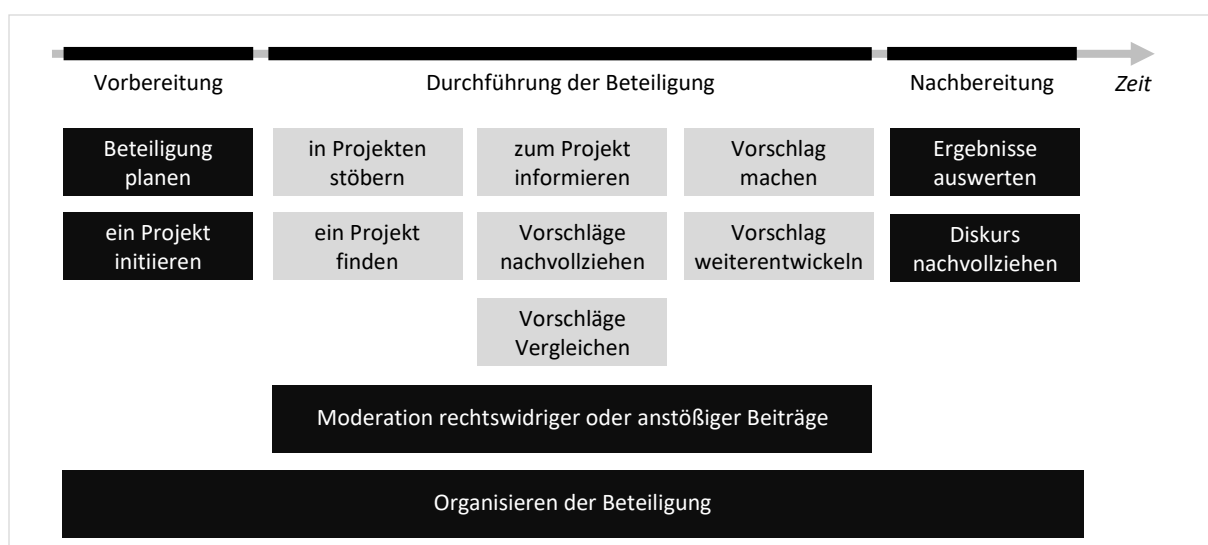


Abbildung 21: Grundlegende Aufgaben im Beteiligungsprozess (Organisatoren)

Nach Abschluss der Beteiligungsphase sollten Ergebnisse und Verlauf der Beteiligung sowie Informationen zu den getroffenen Entscheidungen veröffentlicht werden (Walz et al., 2012). Dies erfolgt durch Funktions- bzw. Entscheidungsträger der Stadt (Entscheider). Zwar ist es nicht das Ziel dieser Arbeit, die Entscheidungsfindung direkt zu unterstützen, jedoch sollte die Schnittstelle zwischen der Diskursphase und der Entscheidungsphase unter dem Aspekt betrachtet werden, dass eine einfache Nutzung der Diskursergebnisse ermöglicht wird.

Erfolgreiche Beteiligung hängt über alle Phasen hinweg auch zentral von einer guten Organisation ab (Kurkela et al., 2023). Zu den organisatorischen Aufgaben zählen beispielsweise auch die Auswertung der Ergebnisse sowie deren Aufbereitung und Bereitstellung. Während der Durchführung der Beteiligung sollte diese zudem durch eine geeignete Moderation rechtswidriger oder anstößiger Beiträge begleitet werden.

4.3.3 Fazit zur Aufgabenanalyse

In der Aufgabenanalyse wurden sowohl typische Aufgaben der Teilnehmenden der Beteiligung als auch typische Aufgaben der Organisatoren der Beteiligung beschrieben. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Aufgaben in der eigentlichen Beteiligungsphase. Aufgaben der Vorbereitungs- und Nachbereitungsphase wurden nachrangig betrachtet.

Für Teilnehmende der Beteiligung wurden insbesondere Aufgaben im Zusammenhang mit dem Informieren zu einem Projekt und zu Beiträgen sowie zum Beitragen eigener Ideen zu einem Projekt beschrieben. Hinzu kommen grundlegende Aufgaben, wie das Finden eines bestimmten Projekts. Die Aufgaben der Teilnehmenden liegen alle in der Beteiligungsphase.

Für die Organisatoren der Beteiligung wurden Aufgaben über alle Phasen von der Vorbereitung über die Organisation bis zur Nachbereitung betrachtet. Auch wenn diese Aufgaben nicht den Kern der AR-Beteiligungsanwendung darstellen, sind sie im Hinblick auf geeignete Schnittstellen (z. B. Export von Ergebnissen) relevant und zu berücksichtigen.

4.4 Benutzer und Benutzerklassen

Für ein besseres Verständnis der Zielgruppe wurden die Ziele, Erwartungen und Eigenschaften der zukünftigen Benutzer analysiert. Allgemein ist ein Benutzer eine „Person, die mit einem System, einem Produkt oder einer Dienstleistung interagiert“ (DIN EN ISO 9241-11, 2018, 3.1.7). Für die AR-Anwendung ist ein Benutzer demnach jede Person, welche die Anwendung verwendet bzw. verwenden könnte, um die vorgesehenen Aufgaben (vgl. Abschnitt 4.1) zu erfüllen. Hierbei sind insbesondere die Teilnehmenden und die Organisatoren der Beteiligung zu unterscheiden.

Die Teilnehmenden kommunaler Beteiligungsprojekte sind in der Regel Einwohner einer Kommune, interessierte Personen oder Vertreter von Organisationen. Dabei können entweder alle interessierten

Personen einbezogen werden, bestimmte Zielgruppen adressiert werden (z. B. direkt betroffene Personen oder Kinder und Jugendliche) oder Vertreter unterschiedlicher Interessen repräsentativ ausgewählt werden (Nanz & Fritsche, 2024).

Neben den Teilnehmenden sollten auch Organisatoren eines Beteiligungsprojektes als potenzielle Benutzer einbezogen werden. Sie verwenden die Anwendung insbesondere für den Beteiligungsprozess begleitende und lenkende Aufgaben, wie die Vorbereitung und das Initiieren von Projekten, Aufgaben der Moderation sowie die Nachbereitung und Auswertung der Ergebnisse.

Der Kreis der potenziellen Benutzer erstreckt sich somit im konkreten Fall der kommunalen Bürgerbeteiligung auf grundsätzlich jede Person, die einen Bezug zum Thema oder zum Ort der Beteiligung hat. Hierbei sind insbesondere die Einwohner der Kommune, gelegentliche Besucher (z. B. Touristen) oder regelmäßige Besucher (z. B. Pendler), die Funktions- und Entscheidungsträger der Verwaltung und Politik sowie weitere Akteure (z. B. Vertreter von Unternehmen, Vereinen und Interessengruppen) zu nennen.

Um die Eignung von Augmented Reality für die Bürgerbeteiligung zu untersuchen, liegt der Fokus im Folgenden auf der im vorherigen Kapitel beschriebenen Benutzerrolle der Teilnehmenden einer Beteiligung (vgl. Abschnitt 4.3.1). Dabei wird insbesondere die Rolle der Einwohner und regelmäßigen Besucher betrachtet, da diese Personen von Entscheidungen kommunaler Bürgerbeteiligung am stärksten betroffen sind. Benutzer in der Rolle der Organisatoren eines Beteiligungsprozesses (vgl. Abschnitt 4.3.2) werden hingegen nicht näher betrachtet. Benutzer in dieser Rolle haben zwar großen Einfluss auf den Erfolg eines Beteiligungsprozesses, jedoch sind ihre Aufgaben nicht Schwerpunkt dieser Arbeit. Untersucht wird das Potenzial der AR-Anwendung für die Visualisierung von Sachverhalten weniger für die Steuerung des übergeordneten Beteiligungsprozesses.

In Beteiligungsprojekten treffen Stakeholder mit vielfältigen Sichtweisen und Erfahrungen aufeinander (Schrom-Feiertag et al., 2018; Spieker, 2021). Aufgrund der Diversität der Benutzer ist es nicht möglich, die Eigenschaften einzelner Benutzer zu analysieren. Stattdessen werden Benutzer mit ähnlichen charakteristischen Eigenschaften in sogenannten *Benutzerklassen* zusammengefasst (Herczeg, 2009). Diese Benutzerklassen werden in späteren Phasen (Konzeption, Realisierung, Evaluation) herangezogen, um überprüfen zu können, inwieweit die Anforderungen in den jeweiligen Phasen erfüllt sind.

Drei Eigenschaften sind für die erfolgreiche Nutzung einer AR-Anwendung im Kontext der Bürgerbeteiligung besonders relevant: die Fähigkeit zur technischen Bedienung, die Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit digitalen Technologien und die Erfahrung mit Beteiligungsprozessen. Entsprechend werden im Folgenden Technikerfahrung, Technikaffinität sowie Beteiligungserfahrung als zentrale Benutzereigenschaften betrachtet.

Andere Faktoren wie Alter, Bildung oder Medienkompetenz könnten ebenfalls Einfluss auf die Nutzung haben, stehen jedoch nicht im Zentrum dieser Arbeit, da sie in vielen Fällen indirekt mit den hier betrachteten Eigenschaften Technikerfahrung, Technikaffinität und Beteiligungserfahrung zusammenhängen. So hat das Alter zwar keinen pauschalen Einfluss auf die Nutzung einer AR-Anwendung, allerdings deuten Studien darauf hin, dass die Technikaffinität tendenziell negativ mit dem Alter korreliert (Franke et al., 2019). Ähnlich verhält es sich mit dem Bildungsstand: Untersuchungen zeigen, dass insbesondere junge Personen mit höherer Bildung digitale Beteiligungswerkzeuge häufiger nutzen (Aichholzer & Rose, 2020). Dies kann wiederum zu einer ausgeprägteren Beteiligungserfahrung führen.

Die **Technikerfahrung** beschreibt, wie häufig und regelmäßig digitale Systeme genutzt werden und wie ausgeprägt das mentale Modell ist, das Benutzers vom System haben. Hier lassen sich unerfahrene Benutzer (lernen ein System erst kennen), Gelegenheitsbenutzer (nutzen ein System selten), Routinebenutzer (nutzen ein System regelmäßig und intensiv) und Experten (kennen sich sehr gut mit allen Bereichen eines Systems aus) unterscheiden (Herczeg, 2009). Da Beteiligungssysteme im öffentlichen Kontext häufig nur anlassbezogen genutzt werden, ist zu erwarten, dass die meisten Nutzenden in Bezug auf diese Art von Systemen unerfahrene oder gelegentliche Benutzer sind. Dies gilt in besonderem Maße für AR-basierte Beteiligungssysteme, deren Verbreitung bislang gering ist. In einer 2024 in Deutschland von Bitkom Research durchgeführten Umfrage gaben 28 % der Befragten an, Augmented Reality schon einmal oder mehrfach genutzt zu haben (Statista, 2024b).

Die **Technikaffinität** beschreibt, wie gerne sich Benutzer aktiv mit Technologie auseinandersetzen („tendency to actively engage in intensive technology interaction“; Franke et al., 2019). Technikaffine Benutzer sind intrinsisch motiviert, neue Technologien auszuprobieren, und lassen sich davon begeistern. Hierdurch fällt es ihnen leicht, neue digitale Systeme kennenzulernen und deren Funktionsweise zu erlernen (Franke et al., 2019). Weniger technikaffine Menschen hingegen verwenden Technologie nur, soweit dies unbedingt erforderlich ist, wodurch das Kennenlernen und Verstehen neuer Systeme erschwert werden können.

Die **Beteiligungserfahrung** beschreibt, wie vertraut Benutzer mit den Prozessen, Abläufen und Regeln von Bürgerbeteiligung sind. Dies hängt stark von der Häufigkeit und Regelmäßigkeit der eigenen Beteiligung ab und kann daher zwischen verschiedenen Benutzern sehr unterschiedlich ausfallen. Das Ausmaß der Beteiligung wird beispielsweise durch den individuellen sozioökonomischen Status beeinflusst, sodass viele Menschen keine oder kaum Beteiligungsangebote wahrnehmen (z. B. aufgrund von zu wenig Zeit, Geld oder Vorwissen; Böhnke, 2011; Nanz & Fritsche, 2024, S. 48–49). Dem gegenüber stehen Benutzer, die sich bereits mehrfach in Beteiligungsprojekten eingebracht haben. Sie konnten hierbei Erfahrungen sammeln, typische Abläufe kennenlernen und haben genaue Erwartungen an den Prozess und die Ergebnisse.

Basierend auf den zentralen Benutzereigenschaften Technikerfahrung, Technikaffinität und Beteiligungserfahrung wurden drei multidimensionale Benutzerklassen entwickelt. Jede Benutzerklasse charakterisiert hierbei möglichst realistische Kombinationen der Benutzereigenschaften, wobei darauf geachtet wurde, jeweils verschiedene Level jeder Dimension abzudecken (vgl. Tabelle 6). Die drei Benutzerklassen sind **technikskeptische unerfahrene Benutzer ohne Beteiligungserfahrung**, **technikinteressierte Gelegenheitsbenutzer mit viel Beteiligungserfahrung** und **technikaffine regelmäßige Benutzer mit etwas Beteiligungserfahrung**. Nachfolgend werden für alle drei Klassen charakteristische Eigenschaften, damit verbundene Herausforderungen sowie abgeleitete Gestaltungsansätze vorgestellt.

Merkmal	Technikskeptische unerfahrene Benutzer ohne Beteiligungserfahrung	Technikinteressierte Gelegenheitsbenutzer mit viel Beteiligungserfahrung	Technikaffine regelmäßige Benutzer mit etwas Beteiligungserfahrung
Technikerfahrung	Sehr gering	Mittel	Hoch
Technikaffinität	Gering	Mittel	Hoch
Beteiligungserfahrung	Keine	Hoch	Mittel

Tabelle 6: Übersicht Benutzerklassen

4.4.1 Technikskeptische unerfahrene Benutzer ohne Beteiligungserfahrung

Die Benutzer dieser Klasse zeichnen sich durch eine ausgeprägte Skepsis gegenüber Technologie, keine oder eine sehr geringe Beteiligungserfahrung und wenig Erfahrung im Umgang mit digitalen oder AR-basierten Beteiligungswerkzeugen aus. Sie benutzen Technologie meist nur, wenn sie keine andere Möglichkeit sehen, ihre Ziele zu erreichen, und neigen dazu, neue Systeme zu vermeiden, mit denen sie keine Erfahrung haben (Franke et al., 2019). Normalerweise beteiligen sie sich nicht aktiv zu Themen der Stadtentwicklung, jedoch bringen sie sich zu einzelnen Themen ein, die sie besonders interessieren (z. B. Eltern für einen neuen Spielplatz) und zeigen hier ein starkes Interesse. Fehlende Beteiligungserfahrung kann dazu führen, dass Personen Beteiligungsprozesse und deren Abläufe nur unzureichend verstehen oder verzerrte Erwartungen an die Ergebnisse haben (Zhu et al., 2018). Da diese Nutzer keine Erfahrung mit digitalen Beteiligungswerkzeugen haben und sich schwertun neue Technologien zu verwenden, kann es schwer sein, diese Gruppe von der Nutzung zu überzeugen. Dies gilt insbesondere für neue Technologien wie Augmented Reality.

Um Benutzern dieser Klasse den Einstieg zu erleichtern, sollten die Beteiligungshürden so gering wie möglich gehalten werden. Da diese Benutzer neue Anwendungen eher nicht selbstständig durch Exploration erkunden, profitieren sie besonders von einer gut strukturierten Einführung in die Funktionsweise dieser Anwendungen sowie von klaren und wiederkehrenden Gestaltungs- und Interaktionsmustern. Einführende Tutorials und Hilfefunktionen können Erstnutzern den Einstieg in unbekannte Apps erleichtern, Unsicherheiten verringern und die Motivation zur weiteren Nutzung steigern (Froehlich et al., 2021). Zudem können Informationen zu Abläufen (z. B. Beschreibung der Rahmenbedingungen und

Ziele oder des Beteiligungszeitraums) diesen Benutzern helfen, sich trotz der fehlenden Erfahrung im Beteiligungsprozess zurechtzufinden.

Auch wenn diese Benutzergruppe sich üblicherweise nicht aktiv zu Beteiligungsprojekten informiert oder daran beteiligt, kann sie bei persönlich relevanten Themen (z. B. lokale Bauvorhaben) starkes Interesse und Engagement zeigen. In solchen Fällen sind sie bereit, ihre Ideen und Vorschläge aktiv einzubringen. Da Beteiligung für diese Gruppe nicht selbstverständlich ist, ist es besonders wichtig, mögliche Beteiligungshürden so gering wie möglich zu halten. Ein einfacher Zugang und niederschwellige Formen der Beteiligung können den Benutzern dieser Klasse den Einstieg erleichtern und motivieren, sich zu beteiligen.

4.4.2 Technikinteressierte Gelegenheitsbenutzer mit viel Beteiligungserfahrung

Die Benutzer dieser Klasse haben sich bereits mehrfach beteiligt, hierdurch Erfahrung mit den Abläufen gewonnen und genaue Erwartungen an den Prozess und die Ergebnisse. Sie sind zwar interessiert an Technologie und probieren diese aus, verwenden digitale Beteiligungswerkzeuge jedoch nur gelegentlich. Augmented-Reality-Anwendungen haben sie zwar bereits genutzt, jedoch bisher nur wenig Erfahrung damit gesammelt.

Diese Benutzer können zwar in begrenztem Umfang bestehendes Wissen von anderen digitalen Beteiligungswerkzeugen auf die neue Anwendung übertragen, sind jedoch im Umgang mit Augmented Reality noch eher unerfahren. Aufgrund ihrer großen Beteiligungserfahrung verfügen diese Benutzer über klare Erwartungen an den Funktionsumfang und können enttäuscht sein, wenn sie ihre Ideen nicht in der erwarteten Form kommunizieren können. Erklärende Hinweise zu den Funktionen der App und zum Ablauf der Beteiligung können helfen, die richtigen Erwartungen zu wecken und damit die Beteiligungserfahrung mit dem Werkzeug zu verbessern.

4.4.3 Technikaffine regelmäßige Benutzer mit etwas Beteiligungserfahrung

Die Benutzer dieser Klasse lassen sich aufgrund ihrer hohen Technikaffinität sehr für Technologie begeistern und probieren neue Funktionen gerne aus (Franke et al., 2019). Zwar nutzen sie digitale Beteiligungswerkzeuge nur vereinzelt, jedoch sind sie regelmäßige Benutzer vergleichbarer Anwendungen. Sie haben bereits vielfach Augmented Reality für andere Aufgaben verwendet und sind mit den dahinterstehenden Funktionen gut vertraut. Mit Beteiligung haben sie bereits erste Erfahrungen gesammelt. Sie beteiligen sich jedoch nur, wenn ihnen etwas wirklich wichtig ist.

Diese Benutzer sind mit typischen Interaktions- und Gestaltungsmustern vertraut, erkennen diese wieder und erwarten vergleichbare Funktionen. Durch die hohe Technikaffinität sind sie aber auch bereit, sich in neue Werkzeuge einzuarbeiten. Sie können besonders von einem anpassbaren Benutzerinterface und

Abkürzungen zur effizienteren Nutzung (sog. „Shortcuts“) profitieren. Aufgrund der begrenzten Erfahrung mit Beteiligung können Informationen zum Ablauf und zu Möglichkeiten des Beteiligungsprozesses Mitgliedern dieser Benutzerklasse die Beteiligungserfahrung erleichtern.

4.4.4 Weitere Benutzergruppe: Funktions- und Entscheidungsträger

Funktions- und Entscheidungsträger einer Kommune werden nicht aufgrund persönlicher Betroffenheit, sondern aufgrund ihrer funktionalen Position zu potenziellen Benutzern. Damit geht einher, dass sie die Bürgerbeteiligung aus einer grundsätzlich anderen Perspektive verfolgen: Mitglieder dieser Benutzergruppe initiieren Informations- und Beteiligungsangebote, organisieren gegebenenfalls deren Moderation und nutzen die Ergebnisse beispielsweise für die Entscheidungsfindung oder zur Schaffung von Transparenz (vgl. Abschnitt 4.3.2). Während für diese sekundäre Benutzerklasse von einem guten Fachwissen im jeweiligen Aufgabenbereich ausgegangen wird, kann technisches Vorwissen – insbesondere hinsichtlich Augmented Reality – nicht in jedem Fall vorausgesetzt werden. Diese Benutzer würden besonders von Funktionen zum strukturierten Anlegen, Durchführen und Auswerten der Beteiligung profitieren (z. B. Export und Clustern von Vorschlägen).

4.4.5 Fazit zur Benutzeranalyse

In diesem Kapitel wurden die potenziellen Benutzer einer mobilen AR-Anwendung identifiziert und beschrieben. Gemäß der Fragestellung der Arbeit und der vorrangigen Eigenschaft von AR, Sachverhalte visualisieren zu können, liegt der Fokus auf der Rolle der Teilnehmenden eines Beteiligungsprojekts, die sich informieren oder zu einem Projekt beitragen möchten. Funktions- und Entscheidungsträger wurden zwar ebenfalls beschrieben, spielen aber für die Anforderungsanalyse eine nachrangige Rolle.

In der Benutzeranalyse wurden drei Benutzermerkmale identifiziert, die für die erfolgreiche Verwendung einer AR-Beteiligungsanwendung besonders bedeutsam sind und die Nutzererfahrung direkt beeinflussen: Technikerfahrung, Technikaffinität und Beteiligungserfahrung. Diese drei Eigenschaften wurden zunächst beschrieben und anschließend drei multidimensionale Benutzerklassen mit verschiedenen Ausprägungen dieser Eigenschaften definiert. Die drei Benutzerklassen sind technikskeptische, unerfahrene Benutzer ohne Beteiligungserfahrung, technikinteressierte Gelegenheitsbenutzer mit viel Beteiligungserfahrung und technikaffine regelmäßige Benutzer mit etwas Beteiligungserfahrung. Zudem wurden Funktions- und Entscheidungsträger kurz als weitere Benutzergruppe beschrieben.

Aus den beschriebenen Benutzerklassen werden im Folgenden Anforderungen an eine mobile AR-Beteiligungsanwendung abgeleitet. Hervorzuheben sind hierbei die geeignete Unterstützung von Benutzern mit unterschiedlicher Technikaffinität, unterschiedlicher Erfahrung mit Augmented Reality und unterschiedlicher Beteiligungserfahrung sowie ein geeigneter Umgang mit begrenzten Ressourcen, wie Zeit und Geld oder der Verfügbarkeit geeigneter AR-Hardware.

4.5 Kontext und Rahmenbedingungen der Beteiligung

Neben den Aufgaben und Benutzern der mobilen Anwendung sollte auch der Kontext, in dem diese eingesetzt werden soll, näher betrachtet werden. Für ein besseres Verständnis der äußeren Rahmenbedingungen werden daher in diesem Kapitel der räumliche Kontext (Abschnitt 4.5.1), der zeitliche Kontext (Abschnitt 4.5.2) sowie der organisatorische Kontext (Abschnitt 4.5.3) beschrieben.

4.5.1 Räumlicher Kontext

Beteiligungsprojekte können je nach Art, Ziel und Ausgestaltung in unterschiedlichen räumlichen Begebenheiten stattfinden, die jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile haben. Die Beteiligung kann zunächst entweder an einem fest definierten Ort oder – insbesondere im Falle von digitaler Beteiligung – an einem beliebigen Ort stattfinden. Fest definierte Orte lassen sich wiederum in zwei Kategorien unterteilen: den Ort des Beteiligungsgegenstands („vor Ort“, z. B. an einer Baustelle) und einen separaten, festen Veranstaltungsort (z. B. ein Informationsraum oder eine Projektausstellung).

Digitale Beteiligungsformate werden insbesondere dann als vorteilhaft wahrgenommen, wenn sie einfach, zeitsparend und ortsunabhängig sind (Aichholzer & Rose, 2020; Mertes et al., 2022). Bei der Gestaltung der Planung möglicher Einsatzszenarien sollte daher darauf geachtet werden, dass diese Flexibilität nicht unnötig eingeschränkt wird.

Zudem kann die Nutzbarkeit und Wirkung digitale Werkzeuge ihrerseits von bestimmten äußeren Faktoren abhängen. So können äußere Bedingungen wie wechselnde Lichtverhältnisse oder Umgebungsstrukturen die Darstellung und Genauigkeit von Augmented Reality (AR) beeinflussen. Daher wird in der Forschung und Entwicklung häufig zwischen Indoor- und Outdoor-AR unterschieden (Blanco-Pons et al., 2019). Die Kombination dieser Merkmale von Beteiligungsorten führt zu unterschiedlichen Vorteilen und Herausforderungen, etwa in Bezug auf die Nähe zum Beteiligungsgegenstand, die Zugänglichkeit des Ortes sowie mögliche Auswirkungen auf die AR-Darstellung (siehe Tabelle 7).

	Fester Ort		Beliebiger Ort
	Beim Beteiligungsgegenstand	Fester anderer Ort	
Indoor	direkter Bezug und Kontext sichtbar	kein Bezug zum Beteiligungsgegenstand	
	möglicherweise zeitlich begrenzter Zugang		freier Zugang (jederzeit)
	kontrollierbare Umgebung (z. B. Wetter und Licht)		
Outdoor	direkter Bezug und Kontext sichtbar	kein Bezug zum Beteiligungsgegenstand	
	freier Zugang (jederzeit)		
	nicht kontrollierbare Umgebung		

Legende: grün = positive Auswirkung, rot = negative Auswirkung

Tabelle 7: Ort der Beteiligung

Ein wesentlicher Vorteil von AR-Beteiligung in geschlossenen Räumen ist die Möglichkeit, äußere Einflüsse wie Beleuchtung und Wetter zu kontrollieren. Outdoor-Beteiligung hingegen hängt stark von Wetterbedingungen, Tages- und Jahreszeiten ab. Im Gegenzug ist ein wesentlicher Nachteil (festgelegter) geschlossener Räume, dass diese häufig nur zu bestimmten Zeiten besucht werden können und die Möglichkeit zur Beteiligung dadurch zeitlich begrenzt wird. Diese Einschränkung gilt nicht, wenn Benutzer der AR-Anwendung diese an einem beliebigen Ort (z. B. bei sich zu Hause) verwenden können. Die Beteiligung im unter freiem Himmel und im öffentlichen Raum kann jederzeit erfolgen, sofern dies organisatorisch vorgesehen ist. Je nach Art des Beteiligungsgegenstands kann die Beteiligung in dessen direkten Umfeld indoor oder outdoor erfolgen. Diese unmittelbare räumliche Nähe erlaubt, den Kontext während der Beteiligung besser zu verstehen. Sofern die Beteiligung an einem anderen festen oder frei wählbaren Ort stattfindet, geht dieser Kontextbezug verloren.

Mit Blick auf die Verwertung der Beteiligungsergebnisse können zusätzlich zu den genannten Ortskategorien weitere Orte relevant sein. So kann der Zugriff auf die Ergebnisse auch beispielsweise in politischen Sitzungen, in Bürgerfragestunden oder aus der Verwaltung erforderlich werden. Dieser Kontext hat jedoch entsprechend den Forschungsfragen eine nachgeordnete Bedeutung.

Zudem müssen nicht alle Phasen der Beteiligung am selben Ort bzw. in derselben Ortskategorie stattfinden. So können beispielsweise nur einzelne Phasen der Beteiligung durch AR-Visualisierungen unterstützt werden, für die dies besonders hilfreich ist (z. B. AR-gestützte Ortsbegehung oder Anreicherung eines Modells in einem Informationsraum).

Grundsätzlich kann AR in allen Phasen der Beteiligung sowie in allen genannten Ortskategorien eingesetzt werden. Für die Untersuchung der Eignung von AR in der Beteiligung im Rahmen dieser Arbeit wird aufgrund der Erfahrungen mit ungenauer GPS-Positionierung (vgl. Kapitel 4.2) und den genannten Einschränkungen durch externe Einflüsse auf die Verwendung von indoor AR in Form einer Tabletop-Anwendung gesetzt.

4.5.2 Zeitlicher Kontext

Der Ablauf eines Beteiligungsprojekts kann in drei zentrale Phasen unterteilt werden (vgl. Abschnitt 2.1.2): Die Vorbereitungsphase (Phase A-B), die Durchführungsphase (Phase B-C) und die Evaluierungsphase (Phase C-D; Abbildung 22).

In der Vorbereitungsphase erfolgt die Konzeption des Beteiligungsprojekts. Betroffene und Interessierte werden über das Angebot, die Rahmenbedingungen und die Inhalte der Beteiligung informiert. Diese Phase legt die Grundlage für einen erfolgreichen Beteiligungsprozess, indem Ziele definiert und Beteiligungsformate festgelegt werden. In der Durchführungsphase folgt der festgelegte Beteiligungszeitraum (B – C), während dessen Beiträge eingebracht werden können, z. B. durch Anmerkungen, Abstimmungen oder neue Vorschläge. Dieser Zeitraum endet zu einem vorab bestimmten Zeitpunkt (C), außer bei dauerhaft angelegten Beteiligungsformen wie Anliegenmeldern. Über die von einigen Kommunen

bereitgestellten Anliegenmelder können Nutzer Hinweise zum Zustand des öffentlichen Raums geben (z. B. wilden Müll oder defekte Straßenbeleuchtung melden; z. B. Hansestadt Lübeck, 2025a).

Nach Abschluss des Beteiligungsprozesses sollten die Ergebnisse sowie der Verlauf der Beteiligung öffentlich zugänglich gemacht werden (D). Die Ergebnisse fließen im zuvor festgelegten Umfang in die Entscheidungsfindung ein oder bilden die Basis für weitere Phasen oder Iterationen der Beteiligung.

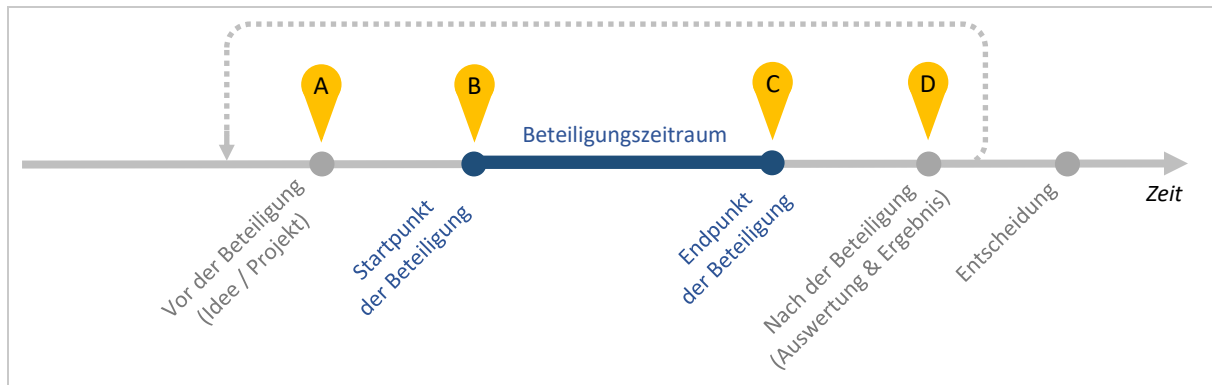


Abbildung 22: Zeitlicher Ablauf der Bürgerbeteiligung

Eine große Stärke digitaler Beteiligungsformen ist die Flexibilität hinsichtlich des Beteiligungszeitpunkts (Nanz & Fritsche, 2012). Bürger und andere Akteure sind nicht auf einzelne vorgegebene Termine angewiesen, um sich zu informieren oder sich aktiv zu beteiligen. Vielmehr können sie innerhalb des definierten Beteiligungszeitraums (Abbildung 22, Zeitpunkt B bis C) auf die Beteiligungsangebote zugreifen und diese nutzen. Zwar können auch zeitlich stark begrenzte und Echtzeitangebote digitale und online abgebildet werden, jedoch würde hierbei der Vorteil der Flexibilität verloren gehen. Anders als beispielsweise in Präsenz- und Echtzeitveranstaltungen, bieten zeitlich flexible digitale und Onlineangebote mehr Zeit für weitergehende Recherche und individuelle Beschäftigung mit dem Beteiligungsgegenstand. Dies kann im Idealfall zu fundierteren und besser ausgearbeiteten Argumenten und Positionen beitragen (Nanz & Fritsche, 2012).

Augmented Reality kann prinzipiell in allen Phasen der Beteiligung eingesetzt werden. Vor der Beteiligung (A) oder zu Beginn des Beteiligungsprojekts kann AR dabei unterstützen, alle Stakeholder über relevante Rahmenbedingungen und mögliche Umsetzungsvarianten zu informieren. Während der Beteiligung (B) können vorgegebene Varianten präsentiert werden, um einen informierten Diskurs oder eine informierte Abstimmung zu fördern. Zudem können neue Vorschläge der Bürger dargestellt werden, um einen Vergleich verschiedener Alternativen zu ermöglichen. Nach Abschluss der Beteiligung (C) sind die Ergebnisse zu dokumentieren und zu kommunizieren. Die Darstellung der ausgewählten Varianten und verworfener Ideen kann helfen, die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Beteiligung sowie die Akzeptanz für Entscheidungen zu stärken (Walz et al., 2012).

4.5.3 Organisatorischer Kontext

In diesem Abschnitt wird der organisatorische Kontext für den Einsatz einer mobilen AR-Anwendung in Beteiligungsprozessen dargestellt. Der organisatorische Kontext umfasst institutionelle Rahmenbedingungen sowie Schnittstellen und Abhängigkeiten, die sich durch die Einbindung der AR-Anwendung in formale Abläufe ergeben. Der Fokus liegt hierbei auf den Einsatzmöglichkeiten in informellen Beteiligungsverfahren sowie auf den möglichen Herausforderungen und Anforderungen, die sich dabei ergeben.

Bei der Konzeption und Entwicklung von Beteiligungsangeboten sollte die Anbindung an die Prozesse der Kommune stets mitgedacht werden (Expertenworkshop, Abschnitt 4.1). Auf diese Weise soll gewährleistet werden, dass Ergebnisse zwischen verschiedenen Phasen der Bürgerbeteiligung ausgetauscht werden können.

In Deutschland werden Entscheidungen auf allen Ebenen des föderalen Staats in der Regel durch die gewählten Vertreter getroffen. Dies gilt auch für Gemeinden, die verfassungsgemäß das Recht haben, „alle Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft [...] zu regeln“ (Art. 28 Abs. 2 Grundgesetz). Eine Ausnahme von der Regel stellen beispielsweise rechtlich verbindliche Bürgerentscheide dar, deren Ausgang durch die Gemeindevertretung umzusetzen ist. Auch die Ergebnisse formeller Bürgerbeteiligung (z. B. im Rahmen der Bauleitplanung) sind bei Entscheidungen zu berücksichtigen.

Während formelle Beteiligung klaren rechtlichen Vorgaben unterliegt, bieten insbesondere informelle Formate Spielraum für den Einsatz digitaler Werkzeuge (Walz et al., 2012). Informelle Beteiligung kann beispielsweise zur Generierung von Ideen oder zur Erhebung eines Stimmungsbildes durchgeführt werden (vgl. Kapitel 2.1). Diese Beteiligung kann im Vorfeld formeller Beteiligung (z. B. eines Bürgerentscheids), zur Vorbereitung einer Entscheidung (z. B. durch kommunale Entscheidungsträger) oder unabhängig davon durchgeführt werden (z. B. zum Erstellen einer Agenda oder zur Priorisierung von Projekten). Augmented Reality kann hierbei in verschiedenen Phasen eingesetzt werden, um vorgegebene Vorschläge oder Ideenbeiträge zu visualisieren (z. B. virtuelle 3D-Modelle von Stadtentwicklungsprojekten).

Die erforderlichen organisatorischen Rahmenbedingungen für formelle Beteiligung werden nicht durch das eingesetzte Werkzeug (z. B. eine AR-App) bestimmt. Vielmehr sollte für ein bestimmtes Beteiligungsverfahren auf Grundlage der rechtlichen sowie organisatorischen Anforderungen ein geeignetes Werkzeug ausgewählt werden. Bei der Konzeption der AR-App wird daher von einer Anwendung im Rahmen informeller Beteiligung ausgegangen. Die primäre Funktion der AR-App, Informationen zu visualisieren, kann jedoch auch in formellen Beteiligungsverfahren hilfreich sein.

Um eine nahtlose Integration in bestehende Prozesse zu gewährleisten, sollte die Anwendung flexibel und anpassbar gestaltet sein. Beispielsweise sollten die generierten Ergebnisse leicht exportierbar sein,

um eine Weiterverarbeitung in späteren Phasen der Bürgerbeteiligung oder der kommunalen Entscheidungsfindung zu ermöglichen. Darüber hinaus sollte der Betrieb der App ressourcenschonend gestaltet werden (vgl. Expertenworkshop im Abschnitt 4.1). Dies umfasst die einfache Aktualisierung von Inhalten, geringe Anforderungen an die Infrastruktur sowie die Minimierung des personellen und finanziellen Aufwands für Wartung und Betrieb. Solche organisatorischen Voraussetzungen können nicht nur die Akzeptanz der Anwendung bei den Verantwortlichen fördern, sondern auch eine langfristige Nutzung in unterschiedlichen Beteiligungskontexten ermöglichen.

Zwar werden in dieser Arbeit organisatorische Aufgaben aus Verwaltungssicht nur nachrangig behandelt, dennoch zeigte die Diskussion im Expertenworkshop mit Verwaltungsmitarbeitenden, dass die Schnittstellen zwischen digitalen Beteiligungswerkzeugen und kommunalen Abläufen gut aufeinander abgestimmt sein sollten. Die im Workshop genannten Bedenken (z. B. vor potenziell hohen Kosten im Betrieb) sollte bereits in der Gestaltung dieser Werkzeuge adressiert werden. Ebenso ist darauf zu achten, dass eine Anschlussfähigkeit an weitere Phasen des Beteiligungsprozesses gewährleistet ist (z. B. durch geeignete Import- und Exportformate).

4.6 Zusammenfassung der Anforderungen

In den Kapiteln 4.3, 4.4 und 4.5 wurden die Anforderungen an das zu konzipierende Beteiligungssystem analysiert. Die Anforderungen wurden in die drei Anforderungsgruppen (AG) *informieren und beitragen*, *Zugang und Unterstützung* sowie *organisatorische Anforderungen* eingeteilt und als Tabellen zusammengefasst. Jede Anforderung hat eine eindeutige Kennung, über die in den folgenden Kapiteln auf die Anforderung verwiesen wird. Die Kennung stellt keine Priorisierung dar.

In der ersten Anforderungsgruppe (AG1; Tabelle 8) sind Anforderungen bezüglich der Hauptfunktionen AR-Anwendung (informieren und beitragen) zusammengefasst. Diese Anforderungen wurden vor allem aus der Aufgabenanalyse abgeleitet (Kapitel 4.3). Als Basis für die Beteiligung sollten Projekte (A1.1) sowie die zentralen Informationen zu einem Projekt (A1.2) in der Anwendung bereitgestellt und gefunden werden können. Nutzende sollten sich zu Vorschlägen informieren sowie sich Vorschläge ansehen und diese miteinander vergleichen können (A1.3). Um über die reine Information hinauszugehen, sollte die Anwendung Nutzenden ermöglichen, eigene Ideen vorzuschlagen, zu visualisieren und als neue Vorschläge zu veröffentlichen (A1.4). Um die Auseinandersetzung mit bestehenden Vorschlägen und eine gemeinsame Lösungsentwicklung zu fördern, soll es möglich sein, bestehende Vorschläge weiterzuentwickeln (A1.5). Zudem sollte es eine niederschwellige Möglichkeit für Feedback zu bestehenden Vorschlägen geben (1.6). Dies kann beim Finden der besten Lösungen helfen und ermöglicht Teilhabe, ohne dass dafür immer neue Vorschläge eingereicht werden müssen.

In der zweiten Anforderungsgruppe (AG2; Tabelle 9) sind Anforderungen zur Zugänglichkeit der Beteiligungsanwendung sowie zu den Unterstützungsfunktionen des Systems zusammengefasst. Die dort aufgeführten Anforderungen wurden alle direkt aus der Benutzeranalyse abgeleitet (Kapitel 4.4).

Aufgrund der vielfältigen Zielgruppe ist sicherzustellen, dass die mobile Beteiligungsapp für unterschiedliche Nutzende gebrauchstauglich ist (etwa in Bezug auf Alter, Geschlecht, Bildung sowie technische und Beteiligungserfahrung; A2.1). Sprachliche oder körperliche Zugangshemmnisse wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da sie nicht im Fokus der Untersuchung stehen.

Da die Einführung neuer Technologie an sich bereits eine zusätzliche Beteiligungshürde darstellen kann, sollte die App so wenige technische Kenntnisse voraussetzen, wie möglich (A2.2) und möglichst keine zusätzliche und potenziell teure Hardware erfordern (A2.3). Um den Einstieg für unerfahrene Nutzende zu erleichtern und Nutzende anderer Beteiligungsanwendungen den Funktionsumfang aufzuzeigen, sollte die App die verfügbaren Funktionen vorstellen und wo nötig erklären (A2.4; vgl. DK4: Lernförderlichkeit). Sofern bestimmte Nutzereingaben in der App erwartet werden, sollte dies proaktiv durch die App kommuniziert werden (A2.5; vgl. DK2: Selbstbeschreibungsfähigkeit). Dies gilt insbesondere für neue oder weniger verbreitete Eingaben (z. B. das Einscannen eines AR-Markers).

In der dritten Anforderungsgruppe (AG3; Tabelle 10) sind organisatorische Anforderungen zusammengefasst. Die organisatorischen Anforderungen beschreiben Rahmenbedingungen, die bei der Gestaltung der AR-Anwendung zu berücksichtigen sind, um deren funktionalen Einsatz im Beteiligungskontext zu ermöglichen. Sie leiten sich teils aus formalen Abläufen und Rahmenbedingungen des zuvor beschriebenen organisatorischen Kontexts ab, umfassen aber auch darüber hinausgehende Aspekte wie etwa die räumliche und zeitliche Flexibilität der Nutzung.

Die Beteiligungsanwendung soll zeitlich (A3.1) und räumlich (A3.2) flexibel nutzbar sein. Nutzende sollten sich während des gesamten Beteiligungszeitraums informieren und mit eigenen Beiträgen beteiligen können (A3.3). Informationen und Beiträge zur Beteiligung sollen auch nach dem Beteiligungszeitraum abgerufen (A3.4) und für eine Weiternutzung exportiert werden können (A3.5). Die Anwendung soll dabei so gestaltet sein, dass ihr Betrieb möglichst wenige zusätzliche Ressourcen benötigt (A3.6). Bis auf A3.6 (kostengünstiger Betrieb) wurden die Anforderungen in AG3 aus der Analyse des räumlichen (Abschnitt 4.5.1), zeitlichen (Abschnitt 4.5.2) und organisatorischen (Abschnitt 4.5.3) Kontext abgeleitet. Die Anforderung an einen kostengünstigen Betrieb (A3.6) wurde aus entsprechenden Bedenken abgeleitet, die im Anforderungsworkshop (Kapitel 4.1) geäußert wurden.

Kennung	Beschreibung der Anforderung	Quelle
A1.1	Nutzende können Teiligungsprojekte finden und sich einen Überblick verschaffen, indem sie in vorhandenen Teiligungsprojekten stöbern.	Kapitel 4.3
A1.2	Nutzende können sich über den Status, Zeitraum und den Inhalt von Teiligungsprojekten informieren.	Kapitel 4.3
A1.3	Nutzende können sich fremde Vorschläge ansehen und Vorschläge vergleichen, um Übereinstimmungen und Unterschiede zu finden.	Kapitel 4.3
A1.4	Nutzende können eigene Vorschläge visualisieren und anderen Nutzenden zugänglich machen.	Kapitel 4.3
A1.5	Nutzende können fremde Vorschläge als Grundlage nutzen, um diese mit eigenen Ideen weiterzuentwickeln.	Kapitel 4.3
A1.6	Nutzende können sich zu Vorschlägen und Vorschlagsaspekten äußern, um Zustimmung, Ablehnung oder Ergänzungen zum Ausdruck zu bringen.	Kapitel 4.3

Tabelle 8: Anforderungsgruppe 1: Informieren und Beitragen (AG1)

Kennung	Beschreibung der Anforderung	Quelle
A2.1	Die Anwendung ist nutzbar durch eine diverse Zielgruppe (z. B. Alter, Geschlecht, Bildung, Erfahrung, Interesse).	Kapitel 4.4
A2.2	Die Anwendung setzt möglichst wenige technische Kenntnisse voraus.	Kapitel 4.4
A2.3	Die Beteiligung mit der Anwendung setzt keine besondere technische Infrastruktur voraus.	Kapitel 4.4
A2.4	Die Anwendung führt Nutzende in die angebotenen Funktionen ein und erklärt, wie diese eingesetzt werden können.	Kapitel 4.4
A2.5	Die Anwendung weist Nutzende darauf hin, wenn Handlungen erforderlich sind.	Kapitel 4.4

Tabelle 9: Anforderungsgruppe 2: Zugang und Unterstützung (AG2)

Kennung	Beschreibung der Anforderung	Quelle
A3.1	Der Zugang zur Beteiligung soll während des Teiligungszeitraums jederzeit und ohne Zugangsbeschränkungen möglich sein.	Abschnitt 4.5.1
A3.2	Die AR-Anwendung soll räumlich flexibel einsetzbar sein (nicht nur an einem festgelegten Ort).	Abschnitt 4.5.1
A3.3	Nutzende können sich innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums jederzeit informieren oder mit eigenen Vorschlägen beteiligen.	Abschnitt 4.5.2
A3.4	Die Informationen zu einem Projekt und die zugehörigen Vorschläge sollen auch nach dem Ende der Beteiligung zugänglich sein.	Abschnitt 4.5.3
A3.5	Die Ergebnisse der Beteiligung können auch nach Ende der Beteiligung für eine Weiternutzung exportiert werden.	Abschnitt 4.5.3
A3.6	Der Betrieb sollte möglichst wenige Ressourcen benötigen (z. B. Kosten für 3D-Modelle).	Abschnitt 4.5.3

Tabelle 10: Anforderungsgruppe 3: Organisatorische Anforderungen (AG3)

5 Konzeption und Implementierung

Auf Basis der im vorherigen Kapitel definierten Anforderungen (Kapitel 4.6) werden in diesem Kapitel die Konzeption (Kapitel 5.1) sowie die iterative Entwicklung und formative Evaluation (Kapitel 5.2 bis Kapitel 5.5) der AR-App „Participate“ beschrieben. Die finale Version der App wird in Kapitel 5.6 vorgestellt.

5.1 Konzeption der mobilen Anwendung

Auf Basis der zuvor definierten Anforderungen (Abschnitt 4.6) sowie unter Berücksichtigung der Forschungsziele (Abschnitt 3.1) wird in diesem Kapitel die Konzeption einer mobilen AR-Anwendung zur Bürgerbeteiligung beschrieben. Gemäß der Hardwareentscheidung (Abschnitt 5.1.1) erfolgte die Konzeption generell für mobile Geräte (insbesondere jedoch für Smartphones), wobei sich am gängigen App-Design der Betriebssysteme Android und iOS orientiert wurde.

Zunächst ist in Abschnitt 5.1.2 das Konzept für den grundsätzlichen Aufbau der mobilen Anwendung beschrieben. In den Abschnitten 5.1.3 bis 5.1.9 folgt die Konzeption einzelner Aspekte der mobilen Anwendung. Die Konzeption schließt in Abschnitt 5.1.10 mit der Definition eines Feature-Sets, das die Grundlage für die Entwicklungsphase darstellt.

5.1.1 Begründung der Hardware-Entscheidung

Um die Visualisierung von Projekten vor Ort flexibel für die Benutzer erlebbar zu machen (vgl. Kapitel 1), fiel die Entscheidung auf eine Umsetzung als mobiles AR-System. Dabei standen sowohl mobile AR-Headsets als auch die eigenen Geräte der Nutzer, wie Smartphones oder Tablets, zur Auswahl (vgl. Abschnitt 2.1.5).

Während der Einsatz (beispielsweise geliehener) AR-Headsets in Informationszentren oder bei Informationsveranstaltungen denkbar wäre, wäre dies dennoch mit erheblichen zusätzlichen Kosten für die Anschaffung sowie die Betreuung der Geräte verbunden. Zudem wäre die Anzahl der verfügbaren und damit gleichzeitig verwendbaren Geräte stark limitiert und die flexible Verwendung, beispielsweise bei mehreren parallelen Beteiligungsverfahren, nur eingeschränkt möglich.

Bei der Verwendung mobiler Geräte könnte auf die vorhandenen Smartphones und Tablets der Nutzer zurückgegriffen werden. Dies würde die Verfügbarkeit der gleichzeitig einsetzbaren Geräte gegenüber einer Lösung mit geliehenen Geräten deutlich erhöhen und würde zugleich den Betreuungsaufwand stark reduzieren. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass Nutzende im Umgang mit ihren eigenen Geräten bereits vertraut sind und somit auch der Einstieg in die Nutzung einer AR-Anwendung erleichtert würde.

Um zusätzliche Zugangsbarrieren (z. B. durch teure AR-Hardware) möglichst gering zu halten (A2.1, A2.2 und A2.3) wurde auf die Verwendung mobiler Geräte gesetzt und die App für die mobilen Betriebssysteme Android und iOS entwickelt. Aktuelle Smartphones und Tablets sind ausgereift genug, um AR-Inhalte darstellen zu können (Abschnitt 2.2). Sie eignen sich zudem durch die breite Verfügbarkeit neben top-down organisierter Beteiligung auch für durch die Bürgerschaft initiierte Beteiligung, bei welcher nicht unbedingt auf die Ressourcen einer Kommune zurückgegriffen werden kann. Zudem wird auf diese Weise die räumliche und zeitliche Flexibilität bei der Nutzung der AR-Anwendung deutlich gesteigert.

5.1.2 Grundsätzlicher Aufbau der mobilen AR-Anwendung

Für einen Überblick und zur Strukturierung der Funktionen der App ist nachfolgend der grundsätzliche Aufbau der mobilen Anwendung beschrieben (Abbildung 23). Beim Starten der App werden Informationen zu den wichtigsten Funktionen der App angezeigt (*Einführung*, Abschnitt 5.1.3). Diese Informationen sollten auch später jederzeit von der Startseite aus aufgerufen werden können. Von der Startseite aus sollen zudem allgemeine Informationen zur App abgerufen (z. B. Softwareversion und Kontaktinformationen) und Einstellungen vorgenommen werden können (*Über die App*).

Der zentrale Einstiegspunkt in die Nutzung der App ist die *Liste der Projekte* (Abschnitt 5.1.4), die ebenfalls von der *Startseite* (Abschnitt 5.1.5) aus erreichbar sein soll. Die Projektliste soll einen schnellen Überblick über die verfügbaren Beteiligungsprojekte liefern und damit einen schnellen Einstieg ermöglichen. Verschiedene Filter- und Suchfunktionen sollen das Finden eines bestimmten Projekts erleichtern.

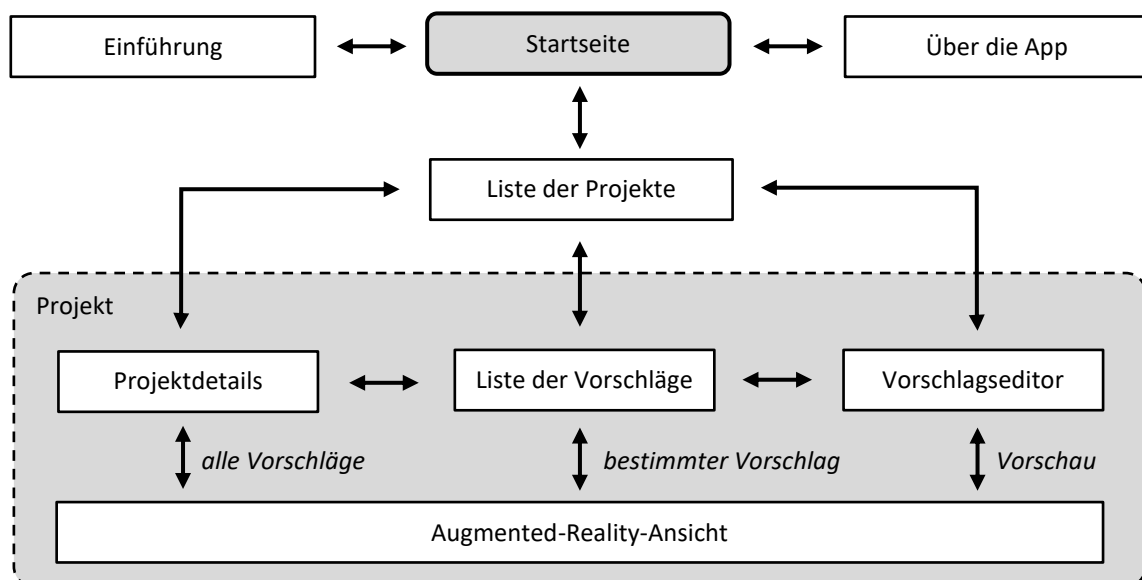


Abbildung 23: Aufbau der Anwendung

Die eigentliche Beteiligung ist dann innerhalb von Beteiligungsprojekten organisiert. Zu jedem Projekt sollen alle relevanten Informationen (z. B. zum Thema der Beteiligung und zu Rahmenbedingungen) angezeigt werden (*Projektdetails*, Abschnitt 5.1.6). Die Detailseite bietet Raum für Informationen zu einem Projekt. Hier können je nach Projekt beispielsweise die Ziele, der Möglichkeitsraum sowie organisatorische Informationen zum Ablauf, zu Phasen und Ergebnissen des Projekts beschrieben werden.

Ein zentraler Teil eines Projekts sind die Vorschläge dazu (Abschnitt 5.1.7). Die Beiträge sollen in einer AR-Ansicht betrachtet und miteinander verglichen werden können (*Augmented-Reality-Ansicht*, Abschnitt 5.1.8). Zudem sollten Nutzende eigene Ideen als neue Vorschläge in einem Vorschlagseditor erstellen und veröffentlichen können (*Vorschlagseditor*, Abschnitt 5.1.9).

Alle Funktionen der App können ohne Registrierung oder Authentifizierung genutzt werden. Auf eine Authentifizierung in der App wurde verzichtet, da diese eine zusätzliche Beteiligungshürde darstellen würde (Schoßböck et al., 2018). In der Praxis wird sich zeigen, ob dennoch ein Registrierungs- und Authentifizierungsprozess erforderlich ist, um unpassende Inhalte (z. B. Hassrede) zu begrenzen und wirkungsvoll moderieren zu können. Eine Alternative könnten hier auch pseudonymisierte App-IDs sein, auf Basis derer die Nutzung im Falle von Missbrauch begrenzt werden kann, ohne dass dabei die Identität der Nutzer bekannt sein muss.

5.1.3 Einführung

Die mobile Anwendung soll Nutzer dabei unterstützen, die Funktionen der Anwendung und deren Funktionsweise zu erlernen (Lernförderlichkeit, DG6; A2.4). Dabei ist sicherzustellen, dass unerfahrene Nutzer jederzeit Zugang zu Unterstützung erhalten, während erfahrenere Nutzer nicht durch Hilfe gestört werden (Individualisierbarkeit, DG5).

Beim ersten Aufruf der mobilen Anwendung soll der Nutzer durch die Kernfunktionen der Anwendung geführt werden. Hierzu werden nacheinander mehrere Themen auf einzelnen Seiten vorgestellt (Abbildung 24). Die hier vorzustellenden Themen sind „in Vorhaben stöbern und ein Vorhaben finden“, „ein Vorhaben in AR ansehen“ und „zu einem Vorhaben beitragen“. Nutzende sollten erkennen können, wie viele Einführungsseiten noch folgen (Selbstbeschreibungsfähigkeit, DG4) und es sollte möglich sein, die Einführung teilweise oder gänzlich zu überspringen (Steuerbarkeit, DG2). Die Einführung kann vom Nutzer jederzeit erneut gestartet werden und dient als allgemeine Hilfestellung.

Die Einführung ist das erste, das der Nutzer von der Anwendung sieht. Sie sollte zwar informativ sein und die wichtigsten Funktionen der Anwendung vorstellen, den Nutzer jedoch nicht unnötig von der Verwendung der Anwendung abhalten.

Zusätzlich zur Einführung in die App sollten wichtige Funktionen und Bedienmuster in der App mit Hilfestellungen versehen sein. Ein Beispiel hierfür ist das Scannen eines AR-Markers. Hier sollten Nutzende zu gegebener Zeit zum Scannen aufgefordert und angeleitet werden (A2.5).

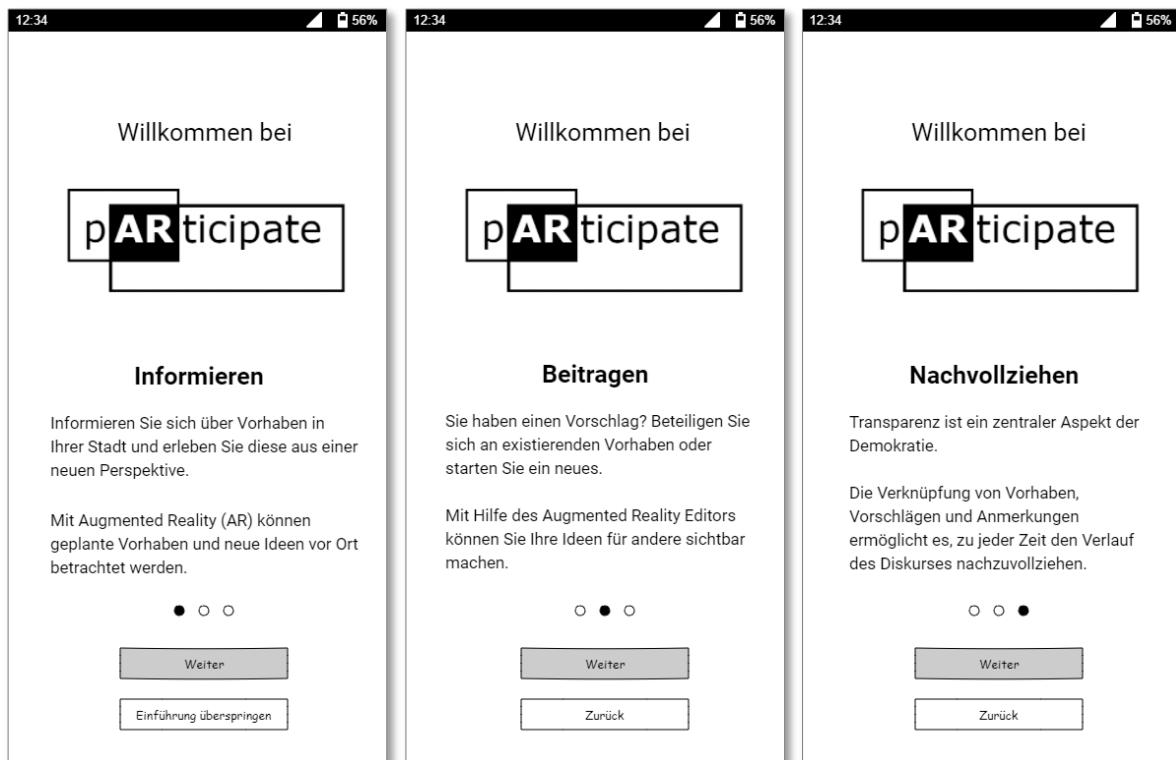


Abbildung 24: Entwurf der Einführung in die Anwendung (Dialogfluss von links nach rechts)

5.1.4 Liste der Projekte

Um die App nachhaltig und flexibel für verschiedene Beteiligungsprojekte einsetzen zu können, sollen mehrere Projekte gleichzeitig unterstützt werden. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass für jedes Projekt eine neue App oder eine angepasste Version erforderlich ist. Einzelne Projekte sollen gemäß den Anforderungen aufgelistet und auffindbar sein (A1.1). Hierzu wurde eine Ansicht konzipiert, in welcher die verfügbaren Projekte angezeigt und nach bestimmten Kriterien gefiltert werden können. In einem ersten Schritt wurden verschiedene Layouts und Kombinationen von Interfaceelementen in Form einfacher Skizzen auf Papier erstellt. In einem weiteren Schritt wurden die auf diese Weise entstandene Interfacekompositionen als Mockup-Entwürfe digital umgesetzt.

Als elementare Filterkriterien wurden der Status eines Projekts (aktiv, vergangen, zukünftig) sowie der Ort des Projekts (z. B. ein Stadtteil, eine Kommune oder ein Landkreis) festgelegt. Das Hinzufügen weiterer Kriterien erfolgt nach demselben Prinzip und wurde daher an dieser Stelle nicht weiter beschrieben. Eine mögliche Darstellung der Eingabemaske für die Stichwortsuche und Filterkriterien ist in Abbildung 25 (oben) zu sehen.

Um beim gezielten Suchen oder Stöbern in den verfügbaren Projekten das gesuchte oder ein interessantes Projekt auswählen zu können, sollten in den Suchergebnissen Informationen zu den gefundenen Pro-

jekten angezeigt werden (A1.2). Hierzu zählen der Titel und das Thema, die auch über die Stichwortsuche gesucht werden können, aber auch der Ort, der Zeitraum und der aktuelle Status oder die Phase eines Projekts. Mögliche Darstellungen dieser Informationen sind in Abbildung 26 dargestellt.

Über die beiden gezeigten Schaltflächen „Details anzeigen“ und „Beteiligung & Ergebnisse“ werden den Benutzern explizit Handlungsoptionen aufgezeigt, um sich näher mit einem Projekt auseinanderzusetzen. Durch die Angabe aller als Filter und für die Suche verfügbaren Informationen soll die Reihenfolge und Auswahl der in der Liste angezeigten Projekte für den Benutzer nachvollziehbar sein.

In der Liste der Projekte werden die Einträge untereinander dargestellt (Abbildung 25, unten). Die Auswahl der angezeigten Projekte kann über Suchbegriffe und Filter angepasst werden. Darüber hinaus soll eine Sortierfunktion den Nutzern beim Finden von Projekten mit bestimmten Eigenschaften helfen. Die mit der Stichwortsuche gefundenen Einträge könnten hierbei beispielsweise nach dem Titel, dem Start- oder Endzeitpunkt oder der Relevanz sortiert werden. Abbildung 25 zeigt das Zusammenspiel der Such- und Filterfunktionen mit der Liste der Projekte.



Abbildung 25: Such- und Filtermaske in der Liste der Projekte



Abbildung 26: Entwürfe für einen Eintrag in der Liste der Projekte

5.1.5 Startseite und Einstiegspunkte

Die Startseite der mobilen Anwendung ist der Ausgangspunkt beim Erledigen aller Aufgaben, welche die Nutzer mit der App erledigen werden. Entsprechend ist sicherzustellen, dass dort geeignete Einstiegspunkte zur Erledigung dieser Aufgaben angeboten werden. Insbesondere öffnen die Benutzer die Anwendung, um

- sich zu einem bestimmten Projekt zu informieren,
- sich an einem bestimmten Projekt zu beteiligen,
- in allen Projekten zu stöbern oder
- in einer Auswahl von Projekten zu stöbern (z. B. an einem bestimmten Ort, zu einem bestimmten Thema oder mit einem bestimmten Status).

Daraus ergibt sich für die Startseite der Anwendung, dass sowohl ein Einstiegspunkt zum Suchen und Filtern nach bestimmten Kriterien als auch ein Einstiegspunkt zum Stöbern angeboten werden sollte.

Auch bei der Konzeption der Startseite wurden in mehreren Durchläufen zunächst gezeichnete Skizzen verschiedener Layouts und Kombinationen von Interfaceelementen erstellt und im Anschluss in digital umgesetzten Mockup-Entwürfen zusammengefasst. Vier unterschiedliche Ansätze (A-D) sind in Abbildung 27 (A, B) und in Abbildung 28 (C, D) dargestellt.

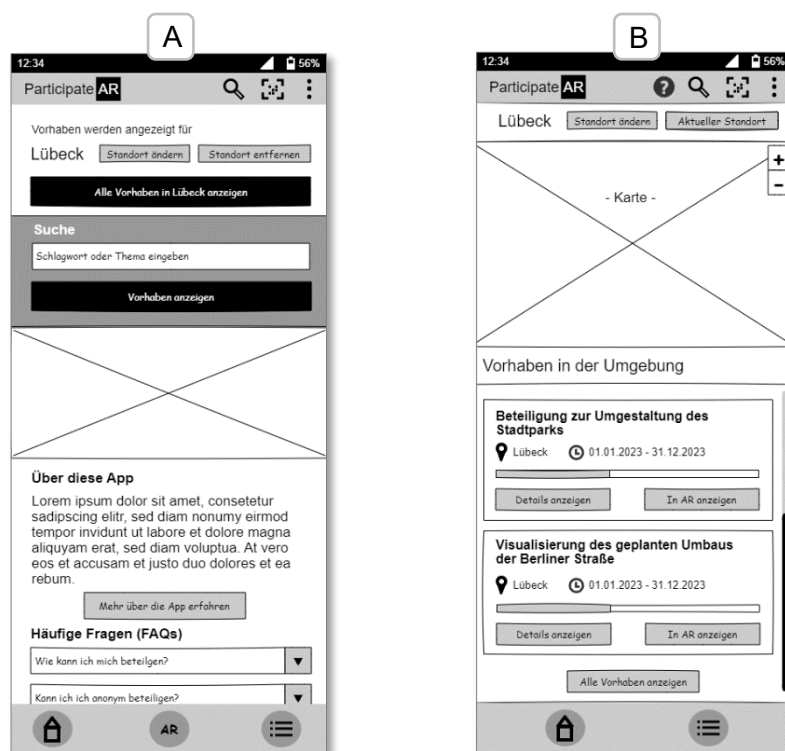


Abbildung 27: Entwürfe der Startseite mit Hilfe (A) und Karte (B)

Im ersten Mockup (A) sind die zentralen Elemente eine Suchzeile, eine Filteroption sowie Informations- („Über diese App“) und Hilfeangebote („Häufige Fragen“). Der obere Bereich bietet einen Einstieg zum Stöbern in allen oder in einer Auswahl von Projekten. Darunter kann über eine Stichwortsuche nach bestimmten Projekten gesucht werden. Am oberen Rand sind zusätzliche Suchfunktionen (Lupen-Icon) sowie das schnelle Springen zu einem bestimmten Projekt vor Ort (QR-Code-Icon) angedeutet. Über ein 3-Punkte-Menü sollen weitere Funktionen, wie persönliche Einstellungen oder ein Nutzerkonto erreichbar sein. Zuletzt sind am unteren Rand (von links nach rechts) Navigationsschaltflächen für die Startseite, einen AR-Modus sowie eine Liste aller Projekte angedeutet.

Im zweiten Mockup (B) wird auf Hilfe- und Informationselemente auf der Startseite verzichtet. Diese können über das Fragezeichen-Icon am oberen Rand jederzeit erreicht werden. Im Fokus liegt in diesem Mockup die ortsbasierte Suche nach Projekten über eine Karte. Die darunterliegende Liste von Projekten spiegelt die Auswahl der auf der Karte oder am ausgewählten Standort gelegenen Projekten wider. Zu den in der Liste dargestellten Projekten sind zentrale Informationen, wie der Titel, der Ort und der Projektzeitraum direkt ersichtlich. Zudem können über die entsprechenden Schaltflächen weitere Details zu einem Projekt abgerufen oder das Projekt im AR-Modus geöffnet werden. Am unteren Ende können alle Projekte (unabhängig vom Ort) abgerufen werden. Auch in diesem Entwurf sind Navigationsschaltflächen zum schnellen Wechsel der App-Ansicht vorgesehen.



Abbildung 28: Entwürfe der Startseite mit Suchfunktion und Liste der Projekte

Im dritten Mockup (C) liegt der Fokus auf aktuellen Projekten. Diese werden direkt auf der Startseite in einer Liste aufgeführt und für einen bestimmten Standort angezeigt, sofern dieser zuvor ausgewählt

wurde. Über Schaltflächen am Ende der Liste kann zu einer Liste aller Projekte (unabhängig von deren Aktualität) sowie zu einer standortfokussierten Ansicht („Kartenansicht“) gewechselt werden. Die Suchfunktion ist ein weiterer Einstiegspunkt zu einer Liste aller Projekte bzw. aller Projekte, die den Schlagworten entsprechen. Diese wird in einer separaten Ansicht dargestellt (vgl. Entwurf der Liste der Projekte in Abbildung 25). Die Informationen und Schaltflächen in den einzelnen Projekt-Kacheln entsprechen den zuvor in Mockup B beschriebenen.

Im vierten Mockup (D) wird der Fokus auf die primären Ziele (Stöbern in den verfügbaren Projekten und Finden eines bestimmten Projekts) noch weiter verstärkt. Hierzu wurde die Liste der Projekte samt aller Such- und Filterfunktionen als einziges Element in die Startseite integriert. Neben der zuvor eingeführten Stichwortsuche und dem Standortfilter kann hier schnell über Tabs zwischen allen, aktiven, zukünftigen und vergangenen Projekten gewechselt werden. Zudem ermöglicht der Lesezeichen-Tab die Auflistung zuvor gespeicherter Projekte in einer separaten Liste. Eine Sortierfunktion erlaubt darüber hinaus, Projekte schneller zu finden (z. B. nach Ort, Name, Start- oder Enddatum).

Die AR-Ansicht ist immer an ein bestimmtes Projekt gebunden. Aus diesem Grund wurde auf einen direkten Einstiegspunkt für die AR-Ansicht verzichtet. Sie kann jedoch direkt aus der Projektliste für ein bestimmtes Projekt gestartet werden. Im Falle des vierten Mockups (D) ist eine separate Ansicht für die Liste der Projekte überflüssig, was die Navigationsstruktur der Anwendung vereinfacht.

In der Umsetzung des ersten Prototyps wurde im Wesentlichen Variante D realisiert (vgl. Abschnitt 5.2.1). Zentrale Elemente sind die Projektliste auf der Startseite, die Filterleiste (Alle, Aktiv, Abgelaufen, Lesezeichen) sowie die Sortierfunktion innerhalb der Projektliste (Abbildung 28, D). Diese Darstellung ermöglicht einen direkten Einstieg über die Auswahl eines Projektes. Die Filter- und Sortierfunktionen sollen darüber hinaus das gezielte Auffinden einzelner Projekte erleichtern.

Die Freitextsuche wurde aufgrund der begrenzten Anzahl an Projekten im Rahmen dieser Arbeit nicht benötigt, daher nicht vollständig implementiert und in der Oberfläche ausgeblendet. Die in allen Varianten angedeutete Hilfefunktion (Fragezeichen-Icon oder „Häufige Fragen“) sowie die allgemeinen Informationen zur App (vgl. Variante A) wurden im zweiten und dritten Prototyp als separate Ansichten umgesetzt (vgl. Abschnitt 5.4.3 und 5.6.3).

5.1.6 Projektdetails

Die Organisation des Beteiligungsdiskurses erfolgt anhand einzelner Projekte (vgl. Abschnitt 5.1.2). Gemäß den Anforderungen sollen zu einem Projekt bestimmte Informationen bereitgestellt werden (A1.2). Zentrale Informationen sind hierbei ein eindeutiger Titel und eine Beschreibung der Rahmenbedingungen sowie Informationen zum Teilnahmeverfahren (z. B. Art, Status, Phase, Laufzeit). Ein neues Projekt kann sowohl von offizieller Seite als auch von jedem Nutzer angelegt werden (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Das Projekt stellt dabei selbst noch keinen Lösungsvorschlag dar. Der Autor eines Projekts erstellt den ersten Vorschlag. Andere Nutzer können auf das Projekt reagieren, indem sie weitere Vorschläge hinzufügen. Entsprechend ist sicherzustellen, dass alle Vorschläge zu einem Projekt in der Anwendung dargestellt werden. Zu jeder Variante gehört hierbei eine AR-Ansicht sowie eine textuelle Beschreibung des Vorschlags. In der Liste der Varianten sollten diese über einen sinnvollen Titel sowie einen aussagekräftigen Screenshot der jeweiligen AR-Ansicht repräsentiert werden. Zudem sollen in den Details zu einem Projekt die Kommentare der Nutzer zu einzelnen Varianten sowie die Kommentare zu den einer Variante zugeordneten Features dargestellt werden.

Im Rahmen der Konzeption wurden verschiedene Varianten durchgespielt. Eine Auswahl ist in Abbildung 29 dargestellt. Während zentrale Informationen, wie Titel, Zeit, Beschreibung und ein Ansprechpartner, in allen Varianten zu finden sind, unterscheiden sich die gezeigten Varianten A, B und C in ihrem Fokus auf das Projekt oder auf die zu einem Projekt gehörenden Vorschläge. In Variante A werden nur Informationen zum Projekt gezeigt. Alle Informationen zu Varianten und zur AR-Ansicht können über Schaltflächen erreicht werden. In Variante B wird prominent eine Vorschau einer AR-Ansicht zum Projekt präsentiert. Dies könnte beispielsweise ein Vorschlag des Initiators des Projekts oder ein häufig kommentierter Vorschlag sein. In Variante C werden direkt in den Projektdetails ausgewählte (hier aktuelle) Vorschläge angezeigt. Auch Varianten mit wieder anderem Fokus sind denkbar. So könnte auch der Fokus auf die textbasierte Diskussion gelegt werden – in welchem Fall beispielsweise in AR erstellte Vorschläge jeweils als Illustration an einen textuellen Beitrag angehängt wären.



Abbildung 29: Entwurf der Detailansicht eines Vorhabens (Projekts)

In der Umsetzung des ersten Prototyps wurden die Varianten A und C kombiniert (vgl. Abschnitt 5.2.1). Zentrale Elemente sind dabei sowohl eine Vorschauabbildung zum Projekt (Vorschlag A) als auch eine Liste der zugehörigen Vorschläge (Vorschlag C). Diese Kombination soll dazu beitragen, den Kontext eines Beteiligungsprojekts besser nachvollziehbar zu machen. Darüber hinaus wurden zentrale Informationen wie Titel, Beschreibung und Laufzeit, die in allen Varianten enthalten sind, ebenfalls integriert.

5.1.7 Vorschläge zu einem Projekt

Der Ausgangspunkt eines Beteiligungsdiskurses im Sinne der Anwendung ist ein **Projekt**. Ein Projekt (häufig auch Vorhaben genannt) beschreibt die Ziele, Methoden und Rahmenbedingungen der Beteiligung.

Einem Projekt sind ein oder mehrere **Vorschläge** untergeordnet, die Umsetzungsvarianten des Projekts darstellen. Mehrere alternative Vorschläge zu einem Projekt werden daher nachfolgend auch als **Varianten** bezeichnet. Der Ersteller eines Vorschlags erstellt eine visuelle Darstellung sowie eine textuelle Beschreibung der Idee. Andere Nutzer können alternative Vorschläge hinzufügen, existierende Varianten kommentieren oder einen bestehenden Vorschlag zu eigenen Varianten weiterentwickeln.

Ein Vorschlag besteht aus einer **Komposition** von 3D-Objekten und einer textuellen Beschreibung. Eine Komposition hat mindestens ein **Element**. Im Rahmen dieser Arbeit sind Elemente jeweils gleichbedeutend mit den einzelnen 3D-Objekten einer Komposition (z. B. eine Schaukel in einem Vorschlag für einen Spielplatz).

5.1.8 Augmented-Reality-Ansicht

Die AR-Ansicht ist ein Kernelement der Beteiligungsanwendung. Hier sollen gemäß den Anforderungen Varianten der Projektumsetzung oder Vorschläge zu einem Projekt (A1.3) visualisiert werden.

Um den AR-Inhalten möglichst viel Raum zu geben, wurde das Benutzerinterface auf möglichst wenige Elemente reduziert. Die Gestaltung des Interfaces der AR-Ansicht orientierte sich an einer typischen Smartphone-Kamera-App (Abbildung 30). Ähnlich wie bei einer Kamera-App zeigt die AR-Ansicht das Kamerabild des Smartphones fast vollflächig auf dem Bildschirm an. Zudem sind Kamera-Apps dafür optimiert, das Benutzerinterface sowohl im Querformat als auch im Hochformat anzuzeigen und dabei möglichst wenig vom Kamerabild abzulenken. Die Schaltflächen für das Auslösen der Kamera, das Anzeigen der Galerie, den Wechsel zwischen vorderer und hinterer Kamera sowie zum Öffnen der Kameraeinstellungen bleiben beim Wechsel der Bildschirmorientierung an ihrer jeweiligen Position. Lediglich die Orientierung der Icons auf den Schaltflächen passt sich der Orientierung des Bildschirms an. Die Schaltflächen befinden sich an den kurzen Seiten des Bildschirms und lassen dazwischen möglichst viel Platz für das Kamerabild. Zudem ist in beiden Orientierungen die Statusleiste (z. B. mit Uhrzeit, Akkustand und Benachrichtigungen) ausgeblendet, um weiteren Platz zu sparen.

Die AR-Ansicht der Anwendung sollte eine Reihe von Kernfunktionen zur Verfügung stellen. Dazu gehören die Anzeige von AR-Objekten, die Anpassung der Größe und Orientierung der AR-Objekte an die Umgebung sowie das Hinzufügen von Annotationen (A1.6). Zudem sollte ein schneller Wechsel zwischen den verschiedenen Vorschlägen zu einem Projekt ermöglicht werden (A1.3).

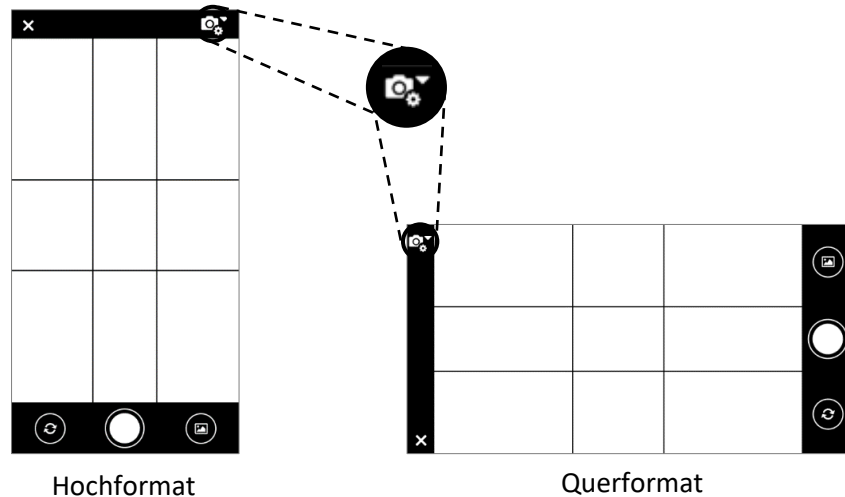


Abbildung 30: Darstellung einer Kamera-App auf einem Smartphone

5.1.9 Vorschlagseditor

Nutzende sollen AR-Inhalte nicht nur anzeigen, sondern auch hinzufügen und bearbeiten können (A1.4 und A1.5). Hierzu wurde ein Vorschlagseditor für die AR-App konzipiert (Abbildung 31). Um möglichst einfach bedienbar zu sein, wurde der Editor so konzipiert, dass die Elemente in der Draufsicht platziert und angeordnet werden.

Durch die Reduktion auf zwei Dimensionen sind Gesten auf dem Smartphone-Display leichter nachvollziehbar, da jede Bewegung entlang einer Achse direkt auf das Element übertragen wird. Im dreidimensionalen Raum würde dies nicht zutreffen.

Nutzende können neue Elemente hinzufügen und bereits hinzugefügte Elemente verschieben, rotieren oder entfernen (Abbildung 31, A). Ein Raster im Hintergrund soll die Positionierung der Elemente erleichtern. Über eine entsprechende Schaltfläche kann ein erstellter Vorschlagsentwurf in der AR-Ansicht betrachtet werden, bevor er veröffentlicht wird. Für jedes Beteiligungsprojekt soll eine passende Auswahl an vorgegebenen Elementen bereitgestellt werden (Abbildung 31, B). Nutzende können diese Elemente aus einer Liste auswählen, sie in ihrem Vorschlag platzieren und so eine Komposition für ihren Vorschlag erstellen.

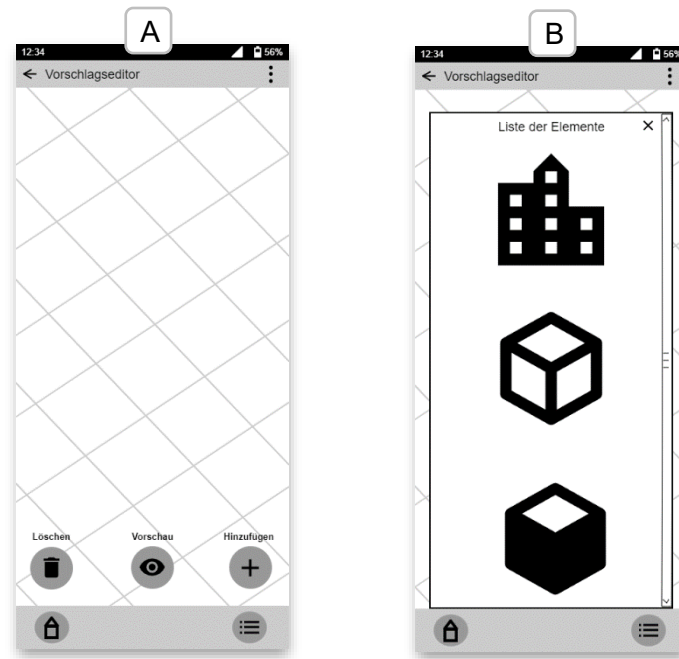


Abbildung 31: Entwürfe des Vorschlagseditors

5.1.10 Feature-Set: Zusammenfassung der Funktionen

Auf Basis der im Abschnitt 4.6 beschriebenen Anforderungen und der in den Abschnitten 5.1.1 bis 5.1.9 beschriebenen Konzeption werden in diesem Abschnitt die Funktionen (Features) zusammengefasst, die für die Umsetzung der mobilen Beteiligungsanwendung realisiert wurden.

Für die Umsetzung der definierten Features wurden drei Meilensteine (MS) definiert. Jeder Meilenstein entspricht einem der drei in dieser Arbeit beschriebenen Prototypen (Kapitel 5.2, 5.4 und 5.6). Die angegebene Priorisierung bezieht sich auf die Relevanz für die Durchführung der geplanten Studie (vgl. Kapitel 6) sowie für die Beantwortung der Forschungsfragen.

Niedrig priorisierte Features sind zwar für den Produktivbetrieb relevant, jedoch nicht zur Beantwortung der definierten Forschungsfragen erforderlich. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Untersuchung von AR als Werkzeug zur Information über Vorschläge in Beteiligungsprojekten und zur Einreichung eigener Beiträge. Administrative Aufgaben (z. B. das Anlegen von Projekten oder die Verwaltung von Nutzenden) sind hingegen nicht Gegenstand der Untersuchung. Aus diesem Grund wurden die Funktionen KF-1 (ein neues Projekt erstellen), TF-8 (serverseitiges Speichern von Nutzerkonten) und TF-9 (Anmeldung mit einem Nutzerkonto) niedrig priorisiert und im Rahmen dieser Arbeit nicht umgesetzt. Auch das Suchen, Filtern und Sortieren von Vorschlägen (KF-6) wurde als nachrangig eingestuft, da die Teilnehmenden der Studie nur mit einer begrenzten Anzahl an Vorschlägen arbeiten mussten und die Übersichtlichkeit dadurch gewährleistet war.

Die definierten Features wurden in die drei Feature-Sets *Kernfunktionen* (KF; Tabelle 11), *Hilfe und Unterstützung* (HU; Tabelle 12) sowie *technische Features* (TF; Tabelle 13) eingeteilt und sind nachfolgend zusammenfassend dargestellt. Kernfunktionen umfassen alle Funktionen im Zusammenhang mit den zentralen Aufgaben Informieren, Beitragen und Weiterentwickeln.

Für den ersten Meilenstein (erster Prototyp) sollten Projekte gefunden und gefiltert, Informationen zu Projekten abgerufen sowie Vorschläge angesehen und verglichen werden können (KF-2 bis KF-5 und KF-7 bis KF-9; Tabelle 11). Nutzende sollten zudem bereits durch die App unterstützt werden (HU-4, Tabelle 12). Dazu zählt die kontextsensitive Anzeige von Hilfestellungen, etwa ein Hinweis in der AR-Ansicht zum Scannen des Markers. Technisch umfasst dieser Meilenstein die Erkennung der Geräteausrichtung (TF-2), die optische Erkennung von Ebenen (TF-3), die Erkennung eines AR-Markers (TF-4) sowie das lokale Speichern von Einstellungen (TF-5; Tabelle 13).

Für den zweiten Meilenstein (zweiter Prototyp) sind Funktionen vorgesehen, damit Nutzende sich nicht nur informieren, sondern auch in Form von eigenen Beiträgen oder Kommentaren zum Diskurs beitragen können (KF-10 und KF-11; Tabelle 11). Hierzu gehören auch die Funktionen für den Vorschlagseditor (KF-12 bis KF-14). Zur Unterstützung der Nutzenden umfasst dieser Meilenstein auch eine Einführung in die wichtigsten Funktionen der App (HU-1, HU-2 und HU-3; Tabelle 12). Technisch ist zu diesem Meilenstein das lokale Speichern von Vorschlagsentwürfen auf den Geräten der Nutzenden vorgesehen (TF-6; Tabelle 13).

Der dritte Meilenstein (finaler Prototyp) sieht Funktionen zum Weiterentwickeln (KF-15) und Veröffentlichlichen (KF-16) von Vorschlägen vor (Tabelle 11). Technisch umfasst dieser Meilenstein die Umsetzung des serverseitigen Speicherns von Beiträgen und Projektinformationen (TF-7; Tabelle 13).

Kennung	Bezeichnung	Priorität	MS
KF-1	Ein neues Projekt erstellen	niedrig	-
KF-2	Alle Projekte auflisten	hoch	1
KF-3	Projekte suchen, filtern und sortieren	hoch	1
KF-4	Informationen zu einem Projekt anzeigen (z. B. Titel und Beschreibung)	hoch	1
KF-5	Alle Vorschläge zu einem Projekt auflisten	hoch	1
KF-6	Vorschläge suchen, filtern und sortieren	niedrig	-
KF-7	Vorschläge zu einem Projekt in Augmented Reality anzeigen	hoch	1
KF-8	Informationen zu einem Vorschlag anzeigen (z. B. Titel und Beschreibung)	hoch	1
KF-9	Zwischen Vorschlägen (Varianten) in der AR-Ansicht wechseln	hoch	1
KF-10	Kommentare erstellen und anzeigen	hoch	2
KF-11	Einen neuen Vorschlag zu einem Projekt erstellen	hoch	2
KF-12	Elemente zu einem Vorschlag hinzufügen	hoch	2
KF-13	Im Vorschlag platzierte Elemente verschieben, rotieren und löschen	hoch	2
KF-14	Eine Vorschau des Vorschlagsentwurfs in der AR-Ansicht ansehen	hoch	2
KF-15	Vorschlagsentwurf veröffentlichen	hoch	3
KF-16	Bestehende Vorschläge als Vorlage verwenden	hoch	3

Tabelle 11: Feature-Set: Kernfunktionen

Kennung	Bezeichnung	Priorität	MS
HU-1	Eine Einführung in die Funktionen der App anzeigen	hoch	2
HU-2	Die Einführung (oder Abschnitte) überspringen	hoch	2
HU-3	Die Einführung später erneut aufrufen	hoch	2
HU-4	Hinweise in der AR-Ansicht anzeigen (z. B. zum Scannen des Markers)	hoch	1

Tabelle 12: Feature-Set: Hilfe und Unterstützung

Kennung	Bezeichnung	Priorität	MS
TF-1	Umsetzung der App für Android und iOS	hoch	-
TF-2	Geräteorientierung erkennen	hoch	1
TF-3	Horizontale Ebenen erkennen	hoch	1
TF-4	AR-Marker erkennen	hoch	1
TF-5	Lokales Speichern von Einstellungen	hoch	1
TF-6	Vorschlagsentwürfe automatisch speichern und laden	hoch	2
TF-7	Serverseitiges Speichern von Projekten und Vorschlägen	mittel	3
TF-8	Serverseitiges Speichern von Nutzerkonten	niedrig	-
TF-9	Möglichkeit zur Anmeldung mit einem Nutzerkonto	niedrig	-

Tabelle 13: Feature-Set: Technische Features

5.2 Erster Prototyp: Projekte und Vorschläge nachvollziehen

Die Schwerpunkte des ersten Prototyps waren das Finden von Projekten (vgl. Features KF-2 und KF-3), das Anzeigen von Informationen zu Projekten (vgl. Features KF-4 bis KF-7) sowie die Darstellung von Vorschlägen zu einem Projekt in Augmented Reality (vgl. Features KF-8 und KF-9). Für die Entwicklung einer mobilen Anwendung mit diesen Funktionalitäten wurde die Entwicklungsumgebung Unity sowie das Software-Framework AR Foundation verwendet. Letzteres stellt ein Interface für die AR-Funktionen von (unter anderem) Apples ARKit und Googles ARCore zur Verfügung. Dies erlaubt die Entwicklung einer App, die sowohl für Android als auch für iOS veröffentlicht und damit mehr Nutzenden zugänglich gemacht werden kann (TF-1). Der Prototyp wurde zunächst nur für Android veröffentlicht. In diesem Kapitel werden die Kernfunktionen des ersten Prototyps, das Finden von Projekten und Anzeigen von Informationen zu einem Projekt (Abschnitt 5.2.1) sowie das Anzeigen und Vergleichen von Vorschlägen in AR (Abschnitt 5.2.2) vorgestellt.

5.2.1 Projekte finden und sich über Projekte informieren

Nach dem Öffnen der App erscheint kurz der Ladebildschirm mit dem „Participate“-Logo (Abbildung 32, A), ehe die Startseite angezeigt wird (Abbildung 32, B). Auf der Startseite sind alle in der App verfügbaren Projekte aufgelistet (KF-2). Über Filter-Tabs können alle Projekte („Alle“), aktive („Aktiv“) oder vergangene („Abgelaufen“) Projekte sowie Projekte in der eigenen Lesezeichenliste angezeigt werden. Die Liste kann zudem nach dem Erstelldatum auf- oder absteigen sortiert werden (KF-3).



Abbildung 32: Dialogbeispiele: Projekte finden und sich über Projekte informieren

Jedes Projekt wird in einer eigenen Kachel angezeigt, in der ein Vorschaubild, der Projekttitle, eine Beschreibung des Projekts sowie Informationen zur Laufzeit und zu bisherigen Beiträgen zusammengefasst sind. Über entsprechende Buttons können Projekte zudem zu den eigenen Lesezeichen hinzugefügt werden oder die Detailseite eines Projekts aufgerufen werden (KF-4). Die Liste der Lesezeichen wird lokal auf den Geräten der Nutzenden gespeichert (TF-5).

Auf der Detailseite eines Projekts (Abbildung 32, C) sind neben den Informationen aus der Vorschaukachel auch ein längerer Beschreibungstext sowie eine Liste der für das Projekt verfügbaren Vorschläge zu finden. Jeder Vorschlag wird in der Liste durch einen Titel und eine kurze Beschreibung repräsentiert. Nutzende können von hier aus gezielt einen Vorschlag in Augmented Reality öffnen oder über den Button „Alle Vorschläge in AR ansehen“ automatisch den ersten Vorschlag aufrufen. Die Funktion zum Hinzufügen neuer Vorschläge wurde in diesem Prototyp planmäßig noch nicht umgesetzt und der entsprechende Button daher ausgegraut.

5.2.2 Vorschläge ansehen und vergleichen

In den Projektdetails (Abbildung 32, C; Abbildung 33, A) werden untereinander alle für das Projekt verfügbaren Vorschläge aufgelistet (KF-5). Die Darstellung ist hierbei ähnlich wie bei den Projektkacheln auf der Startseite/Projektübersicht. Das Filtern von Vorschlägen wurde nicht umgesetzt, da die Anzahl der Vorschläge im Rahmen des Test- und Studienbetriebs sehr gering war (KF-6). Die Implementierung kann jedoch zu einem späteren Zeitpunkt leicht aus der Projektübersicht übernommen werden. Sobald ein Nutzer einen Vorschlag in Augmented Reality öffnet, erscheint ein Hinweis mit der Aufforderung, den Marker mit dem Smartphone einzuscannen (Abbildung 33, B; HU-4 und TF-4).

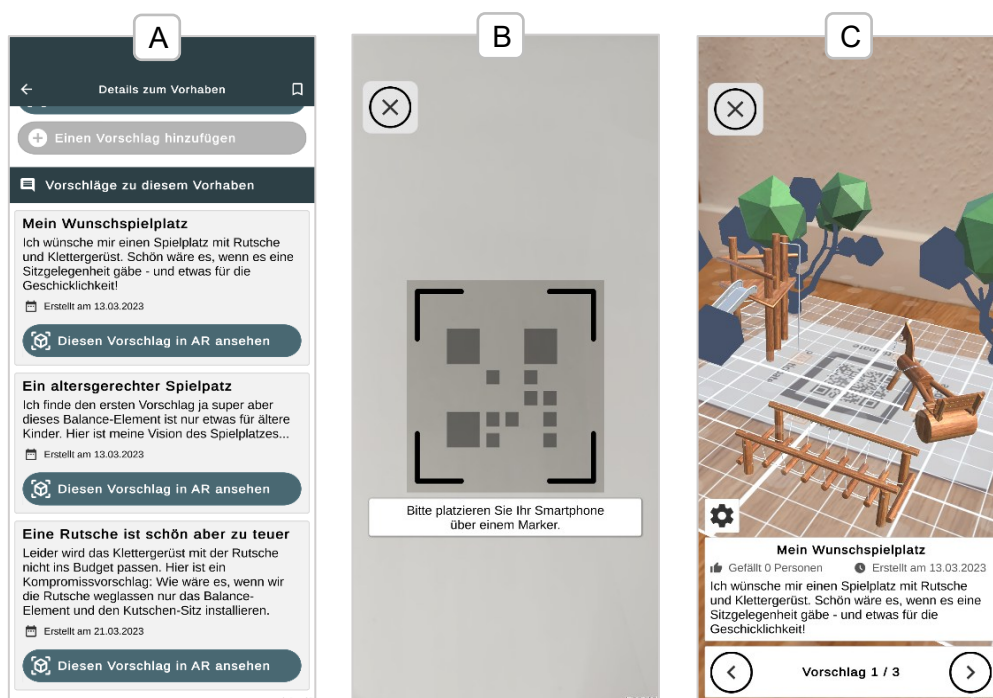


Abbildung 33: Dialogbeispiele: Vorschläge ansehen und vergleichen

Sobald der Marker erkannt wurde, verschwindet dieser Hinweis-Bildschirm. Sollte der Marker während der Nutzung aus dem Fokus geraten („verloren gehen“), erscheint der Hinweis-Bildschirm erneut. Nach dem Scannen des Markers wird die AR-Ansicht geöffnet und die Elemente des Vorschlags um den Ort des Markers im Raum platziert (Abbildung 33, C; KF-7). Die Ausrichtung des Markers gibt hierbei auch die Ausrichtung der dargestellten Elemente vor. Zwar ist die Erkennung von vertikalen und horizontalen Ebenen im Raum in der App implementiert, jedoch wird in der aktuellen Version ausschließlich die markerbasierte Positionierung verwendet (TF-3).

Die einzelnen Elemente des Spielplatzes werden auf einem virtuellen Untergrund mit Rasterdarstellung angezeigt, um Größenverhältnisse und Abstände besser verständlich zu machen. Im unteren Teil der Ansicht werden Informationen zum aktuell dargestellten Vorschlag angezeigt (z. B. Titel, Beschreibung und Erstellungsdatum; KF-8). Über eine Zahnrad-Schaltfläche können Einstellungen für die App geändert werden. Über das sich öffnende Menü können die Bäume und das Raster ein- oder ausgeblendet werden. Am unteren Rand der Ansicht kann zwischen den verfügbaren Vorschlägen gewechselt werden (Pfeile nach links und rechts; KF-9).

In der AR-Ansicht kann das Smartphone auch im Querformat verwendet werden, um mehr horizontale Bildfläche zu erhalten. Das Layout des Benutzerinterfaces passt sich automatisch an und gewährleistet eine geeignete Darstellung (TF-2).

5.3 Erste formative Evaluation

Nachdem im vorherigen Kapitel (5.2) der erste Prototyp der AR-Applikation vorgestellt wurde, wird in diesem Kapitel die formative Evaluation dieses Prototyps beschrieben. Bei diesem Prototyp liegt der Fokus auf dem Ansehen und Vergleichen von Vorschlägen. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ziele (5.3.1), die Methode (5.3.2) und die Ergebnisse (5.3.3) vorgestellt sowie Letztere diskutiert (5.3.4). Abschließend wird ein Fazit zur ersten formativen Evaluation gezogen (5.3.5).

Im ursprünglichen Fragebogen zur Studie wurde von „Vorhaben“ anstatt von „Projekten“ gesprochen. Da die Bezeichnung im Verlauf der Forschung zu dieser Arbeit auf „Projekte“ geändert wurde, wird zugunsten einer einheitlichen Terminologie auch in der Auswertung dieser Begriff verwendet.

5.3.1 Ziele der Evaluation

Um die Gebrauchstauglichkeit der mobilen AR-Applikation sicherzustellen und weiter zu verbessern, wurde eine formative Evaluation mit einer kleinen Nutzergruppe durchgeführt. Ziel dieser ersten Evaluation war es, grundlegende Usability-Probleme möglichst frühzeitig zu identifizieren. Diese Vorgehensweise entspricht dem methodischen Ansatz formativer Usability-Tests, in denen bereits mit kleinen Gruppen ein Großteil relevanter Probleme erkannt werden kann (Nielsen & Landauer, 1993).

5.3.2 Methode

Für die Durchführung der ersten formativen Evaluation der mobilen AR-Applikation wurden Studierende auf dem Campus der Universität zu Lübeck angesprochen. Um eine grobe geschlechtliche Ausgewogenheit sicherzustellen, wurde versucht, etwa gleich viele männliche und weibliche Personen einzubeziehen. Weitere Merkmale wie Alter oder Beteiligungserfahrung wurden nicht gezielt kontrolliert, da es sich um eine erste, explorative Erhebung handelte. Zudem war davon auszugehen, dass sich die Stichprobe aufgrund des Erhebungsortes ohnehin auf eher junge, gut gebildete Personen beschränken würde.

Teilnehmende: Für die erste formative Evaluation wurden auf dem Campus der Universität zu Lübeck Studierende durch direkte Ansprache rekrutiert. Insgesamt haben 11 Studierende ($n = 11$) an der Befragung teilgenommen. Darunter waren sechs weibliche und fünf männliche Studierende (Abbildung 34, links) mit einem durchschnittlichen Alter von 22,82 Jahren ($SD = 3.07$, Min. = 20, Max. = 30). Zwei Studierende gaben an, bereits ein Bachelorstudium abgeschlossen zu haben, alle übrigen gaben als höchsten Abschluss das Abitur oder die Fachhochschulreife an. Die Technikaffinität der Teilnehmenden lag im Mittel bei 3.09 ($SD = 1.32$, Min. = 1.00, Max. = 5.00). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der ATI-Skala wurde Cronbachs Alpha berechnet. Der Wert ($\alpha = .95$) weist auf eine gute interne Konsistenz der Skala hin (Bühner, 2021, S. 598, 640). Die Verteilung der ATI-Werte in der Stichprobe ist in Abbildung 34 (rechts) dargestellt. Während es keine Teilnehmenden mit sehr hoher Technikaffinität gibt, haben drei Teilnehmende einen ATI-Wert kleiner als zwei und somit eine sehr geringe Technikaffinität. Im Vergleich mit einer deutschen Quotenstichprobe (Franke et al., 2019) zeigte die Stichprobe dieser Evaluation eine ähnliche, jedoch leicht geringere durchschnittliche Technikaffinität (vgl. Tabelle 14). Da die Befragung auf dem Campus der Universität und mit vielen Studierenden aus naturwissenschaftlichen oder technischen Studiengängen stattgefunden hat, wurden zudem die ATI-Werte einer Stichprobe von Studierenden der Medieninformatik herangezogen. Die Stichprobe dieser Evaluation weist demnach eine deutlich geringere Technikaffinität auf als Studierende der Medieninformatik (vgl. Tabelle 14).

Stichprobe	Mittelwert	SD	Min.	Max.
Erste formative Evaluation	3.09	1.38	1.00	5.00
Studierende der Medieninformatik (Wessel et al., 2020)	4.64	0.58	3.33	5.78
Deutsche Quotenstichprobe (Franke et al., 2019)	3.61	1.08	1.00	5.89

Tabelle 14: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe

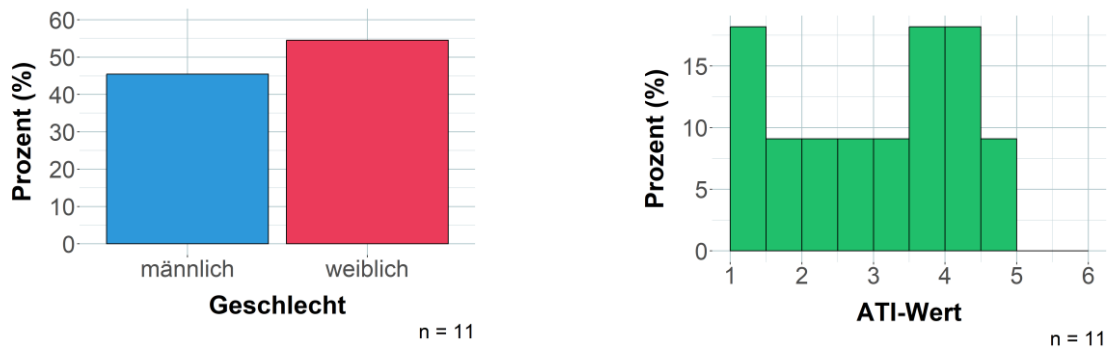


Abbildung 34: Verteilung der Geschlechter (links) und Technikaffinität (rechts)

Hinsichtlich der Beteiligungserfahrung haben alle Teilnehmenden ($n = 11$) angegeben, sich in mindestens einer der acht vorgegebenen Beteiligungsformen beteiligt zu haben. Sieben Teilnehmende (63,64 %) haben sich im letzten Monat in dieser Form beteiligt. Drei Teilnehmende (27,27 %) haben sich innerhalb der letzten 12 Monate beteiligt und eine Person (9,09 %) hat sich vor mehr als 12 Monaten zuletzt beteiligt. Zwischen den Beteiligungsformen gibt teilweise es deutliche Unterschiede in der Beteiligungserfahrung. Alle Teilnehmenden haben angegeben, sich bereits in Form von Abstimmungen (Umfrage (auf Papier oder online) oder Bürgerentscheid) beteiligt zu haben (100 %). Gut die Hälfte (54,5 %) der Teilnehmenden hat sich bereits in Form von Präsenzveranstaltungen (Bürgerfragestunde, Stadtteilkonferenz oder Infoveranstaltung) beteiligt. Und gut ein Drittel (36,4 %) hat aktiv Vorschläge oder Kritik an die Kommune herangetragen (z. B. über Anliegenmelder oder Kontakt per Brief oder E-Mail).

Verwendete Fragebögen: In der ersten formativen Evaluation wurde die Technikaffinität der Teilnehmenden, also wie gerne diese sich aktiv mit Technologie beschäftigen, mit ATI-Skala in der Kurzversion erfasst (Wessel et al., 2019). Im Gegensatz zur Langfassung besteht die Kurzskaala nur aus vier anstatt neun Items. Die Erfassung der Technikaffinität soll dabei helfen, die Stichprobe besser einzuschätzen.

Zur Erfassung der visuellen Ästhetik des evaluierten Prototyps der App wurde der VisAWI-Fragebogen („Visual Aesthetics of Websites Inventory“) in der Kurzversion verwendet (Moshagen & Thielsch, 2013). Der ursprünglich für Webseiten entwickelte Fragebogen kann auch für andere interaktive Systeme verwendet werden. Die Kurzversion erlaubt keine Auswertung der einzelnen Facetten (Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit), sodass der Mittelwert als Maß für die generelle Ästhetik verwendet wird.

Prozedur: Die Teilnehmenden wurden auf dem Campus der Universität zu Lübeck rekrutiert und erhielten eine Einführung in das Thema der Befragung. Anschließend absolvierten sie kurze Interviews, in denen sie vorgegebene Aufgaben in der App auf einem bereitgestellten Android-Smartphone bearbeiteten. Die Aufgaben umfassten zunächst grundlegende Funktionen wie das Öffnen der App, das Sortieren der Projektliste, das Hinzufügen von Lesezeichen und das Finden des Titels des neuesten Vorschlags. Danach testeten die Teilnehmenden den AR-Modus, indem sie einen QR-Code scannen und

drei vorgegebene Vorschläge in Augmented Reality betrachteten. Abschließend wurden spezifische Funktionen im AR-Modus erprobt, darunter das Ein- und Ausblenden von Raster und Bäumen. Nach Abschluss der Aufgaben füllten die Teilnehmenden einen kurzen Fragebogen aus. Die gesamte Sitzung, bestehend aus App-Nutzung und Fragebogen, dauerte etwa zehn Minuten.

5.3.3 Ergebnisse

Die Teilnehmenden konnten im Mittel 81 % der Aufgaben erfolgreich abschließen ($SD = 11\%$, Min. = 63 %, Max. = 100 %). Hierbei wurden Aufgabe 1 (App öffnen), Aufgabe 4 (Lesezeichen hinzufügen) und Aufgabe 7 (Vorschläge in AR ansehen) von allen Teilnehmenden ohne Probleme absolviert. Bei den übrigen Aufgaben wurden jedoch bei einigen Teilnehmenden Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der Aufgaben oder bei der Bedienung der App beobachtet. Bei der zweiten Aufgabe (Anzahl der aktiven Projekte benennen) wurde dreimal die Gesamtzahl der Vorschläge anstatt nur der aktiven Projekte genannt; eine Person konnte die Zahl gar nicht benennen. Bei der dritten Aufgabe (Projekte aufsteigend sortieren) haben drei Personen die Sortierfunktion oder das zugehörige Icon nicht erkannt. Bei der fünften Aufgabe (Titel des neusten Vorschlags benennen) hat eine Person zum Öffnen der Projektdetails auf den Text geklickt anstatt auf den Button. Bei der sechsten Aufgabe (Vorschläge in AR öffnen) hatte eine Person Schwierigkeiten, den QR-Code zu scannen, und zwei weiteren Personen war der Begriff „Marker“ in der Aufgabenstellung nicht geläufig. Drei Personen haben zudem das Smartphone direkt abgelegt, nachdem sie den Marker gescannt hatten, und nicht direkt die Vorschläge in AR ansehen. Bei der achten Aufgabe (Raster und Bäume aus- und einblenden) hat eine Person auf die Schließen-Schaltfläche gedrückt, anstatt das Zahnradsymbol für die Einstellungen anzutippen.

Die Teilnehmenden haben auf einer 5-Punkte-Likert-Skala verschiedene Aspekte des verwendeten Prototyps eingeschätzt. Hierzu wurde zu 12 Aussagen die Zustimmung angegeben (1 = „stimmt gar nicht“ bis 5 = „stimmt völlig“). Da alle Aussagen positiv formuliert waren, entspricht 5 bei allen Items der bestmöglichen Bewertung. Alle Einzelaspekte in allen drei Kategorien (allgemeine Gebrauchstauglichkeit, spezifische Aufgaben und AR-Funktion) wurden gut oder sehr gut bewertet (Tabelle 15).

Zudem konnten die Teilnehmenden sich dazu äußern, was ihnen an der AR-App besonders gut gefallen hat und was daran verbessert werden kann. Die Antworten wurden in die Kategorien „Gebrauchstauglichkeit & Bedienbarkeit“, „Augmented Reality“ und „Erscheinungsbild & Darstellung in der App“ sowie jeweils in positive und negative Aspekte aufgeteilt (Tabelle 16). Zudem wurde die Kategorie „sonstige Anmerkungen“ für Anmerkungen eingeführt, die nicht klar zugeordnet werden konnten. In eckigen Klammern ist jeweils die Probanden-ID dokumentiert.

Kategorie	Aspekt	M	SD	Min.	Max.
Allgemeine	Zustand der App ist nachvollziehbar	4.64	0.50	4	5
	Gebrauchstauglichkeit				
	Handlungsoptionen sind in der App erkennbar	4.45	0.69	3	5
	Icons werden passend verwendet	4.55	0.69	3	5
	Icons unterstützen das Verständnis der App	4.45	0.69	3	5
Spezifische Aufgaben	App unterstützt bei Überblick zu Projekten	4.82	0.40	4	5
	App unterstützt beim Finden eines Projekts	4.27	0.65	3	5
	Unterstützung beim Informieren zu Projekten	4.82	0.40	4	5
	Es wird deutlich, welche Projekte aktiv sind	4.73	0.47	4	5
	Unterstützung beim Informieren zu Vorschlägen	4.73	0.47	4	5
	Unterstützung beim Wechsel zwischen Vorschlägen	4.80	0.42	4	5
	Unterstützung beim Vergleichen von Vorschlägen	4.82	0.40	4	5
AR-Funktion	Platzierung in AR mit QR-Code ist verständlich	4.27	0.79	3	5

Für alle Items wurde ein 5-Punkte-Likert-Skala verwendet: 1 = stimme gar nicht zu (schlecht), 5 = stimme völlig zu (gut).

Tabelle 15: Bewertung des ersten Prototyps

Zur Erfassung der visuellen Ästhetik des Prototyps wurde der VisAWI-Fragebogen in der Kurzversion verwendet. Wenngleich die Kurzversion keine Auswertung der vier Einzelfacetten Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit zulässt, sind alle Facetten in den Items der Kurzskaala abgedeckt. Der VisAWI misst die einzelnen Facetten auf einer 7-Punkte-Likert-Skala, woraus sich ein minimaler Wert von 1 (am schlechtesten) und ein maximaler Wert von 7 (am besten) ergibt. Für die Auswertung wird jeweils der Mittelwert über die vier Facetten betrachtet. Für die visuelle Ästhetik ergibt sich ein Mittelwert von 5.77 ($SD = 0.90$, Min. = 3.75, Max. = 7). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der VisAWI-Skala wurde Cronbachs Alpha berechnet. Der Wert ($\alpha = .80$) weist auf eine gute interne Konsistenz der Skala hin (Bühner, 2021, S. 598, 640).

Die Teilnehmenden wurden gefragt, in welcher Form sie in der verwendeten App gerne eigene Ideen einbringen würden. Hierzu haben sie vier vorgegebene Beteiligungsformate auf einer 5-Punkte-Skala bewertet (1 = „sehr unwichtig“, 4 = „sehr wichtig“). Zusätzlich konnten eigene Formate als Freitext vorgeschlagen werden. Am wichtigsten war es den Teilnehmenden, Ideen als Kommentare zu vorhandenen Vorschlägen zu formulieren ($M = 3.82$, $SD = 1.17$) sowie eigene Vorhaben (Projekte) zu starten ($M = 3.82$, $SD = 1.17$). Das Schreiben von neuen Vorschlägen als Text ($M = 3.27$, $SD = 1.19$) sowie das Erstellen neuer Vorschläge in AR ($M = 3.18$, $SD = 1.25$) wurde von den Teilnehmenden etwas weniger wichtig bewertet. Alle vier Formen waren den Teilnehmenden aber tendenziell wichtig. Weitere Vorschläge für relevante Beteiligungsformen wurden nicht genannt.

Thema	Positiv	Negativ
Gebrauchstauglichkeit & Bedienbarkeit	[6] leichte Bedienbarkeit [9] intuitiv	[7] die Icons waren teilweise unklar [8] Suchfunktion [11] Suchleiste, mehr Filteroptionen, neueste Vorhaben anzeigen
Augmented Reality (AR)	[5] AR-Elemente visualisieren eigene und fremde Vorstellungen [7] Wechsel zwischen AR-Vorschlägen [11] AR allgemein	[3] QR-Code finden, [6] AR QR-Code-unabhängig gestalten
Erscheinungsbild & Darstellung in der App	[2] Übersichtlichkeit [3] Projekte sind visualisiert [11] Visualisierung mit Fotos	[9] Farben anders wählen
Sonstige Anmerkungen	[1] der Spielplatz	[1] die Aufgabenstellung, den Spielplatz zu finden, war nicht klar [9] Bewertungen

Tabelle 16: Positive und negative Anmerkungen zum ersten Prototyp

Die Versuchsleitung hat während der Interviews einige Emotionen dokumentiert. Demnach waren einige Teilnehmende von der AR-Ansicht überrascht oder fasziniert ([1] „wie cool ist das denn“, [2] „das ist ja faszinierend“, [3] „dann kann man sichs wenigstens vorstellen“, [7] „ach so, okay, wild [...] schon ziemlich cool“, [10] „coole App“, [11] „ist ja witzig“).

Nach der Bearbeitung der Aufgaben sollten die Teilnehmenden auf einer 6-Punkte-Skala angeben, wie wahrscheinlich sie die gezeigte App zukünftig verwenden würden (1 = „sehr unwahrscheinlich“, 6 = „sehr wahrscheinlich“). Die beiden Extrempositionen wurden hierbei nie ausgewählt und der Mittelwert der Antworten liegt sehr dicht an der neutralen Mitte von 3.5 ($M = 3.45$, $SD = 0.93$, Min. = 2, Max. = 5).

5.3.4 Diskussion

Insgesamt ergaben sich aus der Studie sehr gute Bewertungen sowohl für allgemeine Aspekte der Gebrauchstauglichkeit als auch für spezifische Aspekte des Informierens zu Projekten und Vorschlägen sowie für die Nutzung der AR-Funktionen der App. Auch bei der Bewertung der visuellen Ästhetik ergab sich ein guter Wert, wobei hier noch Spielraum für Verbesserungen bestand.

Die Befragung der Teilnehmenden zu gewünschten Beteiligungsformen zeigte, dass insbesondere die Möglichkeit, eigene Projekte zu starten – und damit neue Themen zu setzen – sowie das Reagieren auf existierende Vorschläge über Textkommentare gewünscht sind. Das Erstellen eigener Vorschläge – sowohl in Textform als auch in Augmented Reality – wurde weniger hoch bewertet, aber dennoch als wichtig eingeschätzt.

Die Evaluation zeigte, dass die gestellten Aufgaben von der Mehrheit der Teilnehmenden erfolgreich bearbeitet werden konnten. Dennoch wurden einige Probleme der Gebrauchstauglichkeit festgestellt, die in einer zweiten Iteration des Prototyps adressiert werden. Ein besonderes Augenmerk lag hier auf den verwendeten Begriffen und Icons, da hier wiederholt Unsicherheiten bei den Teilnehmenden aufgefallen sind. Zudem sollte die App bereits vor Nutzung der AR-Ansicht deutlich machen, was dort zu erwarten ist. Auf diese Weise könnte erreicht werden, dass Nutzende die AR-Darstellung erwarten und das Smartphone nicht direkt ablegen.

Die Antworten der Teilnehmenden zeigen keine Tendenz, ob die App in Zukunft genutzt werden würde. Da im Mittel bei einer kleinen Standardabweichung fast genau die Mitte der Skala ausgewählt wurde, kann von einer Unentschlossenheit der Teilnehmenden ausgegangen werden. Diese könnte mit dem noch geringen Funktionsumfang des untersuchten ersten Prototyps zusammenhängen.

5.3.5 Fazit zur ersten formativen Evaluation

Im Rahmen der ersten formativen Evaluation des Prototyps der AR-App wurde untersucht, inwieweit Nutzende die App verwenden können, um sich mittels einer Visualisierung in Augmented Reality über Beteiligungsprojekte und Vorschläge zu entsprechenden Projekten zu informieren. Das Beitragen eigener Ideen war noch nicht Teil des Funktionsumfangs des Prototyps und entsprechend auch nicht Teil dieser Evaluation.

Für die Evaluationsstudie wurden 11 Studierende rekrutiert. Wie bei dieser Gruppe zu erwarten, wiesen die Teilnehmenden ein überdurchschnittlich hohes Bildungsniveau auf. Die Technikaffinität der Teilnehmenden war ähnlich wie die einer deutschen Quotenstichprobe mit einer Häufung am unteren Rand der Skala. Alle Teilnehmenden hatten bereits eine gewisse Beteiligungserfahrung und Beteiligungsbereitschaft. Die Stichprobe ist damit nicht repräsentativ für die deutsche Gesamtbevölkerung, aber ausreichend für eine erste formative Evaluation der Gebrauchstauglichkeit der App, da hier die Identifikation von Usability-Problemen im Vordergrund steht. Bereits mit wenigen Testpersonen lassen sich die meisten schwerwiegenden Usability-Probleme identifizieren (Nielsen & Landauer, 1993).

Alle abgefragten Aspekte der Gebrauchstauglichkeit sowie die visuelle Ästhetik der App wurden sehr gut gewertet. Zudem haben die Freitextantworten und Notizen der Versuchsleitung wertvolle Hinweise zur weiteren Verbesserung der App geliefert.

Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die Weiterentwicklung der App in der nächsten Iteration. Hier werden zudem weitere Funktionen – insbesondere zum Beitragen eigener Ideen – in die App integriert, ehe die App in einer weiteren formativen Evaluation erneut evaluiert wird. Für die nächste Evaluation wurde eine größere und diversere Stichprobe angestrebt.

5.4 Zweiter Prototyp: Zum Diskurs beitragen

Der Schwerpunkt des zweiten Prototyps ist das aktive Beitragen zu Beteiligungsprojekten. Hierzu wurden eine Kommentarfunktion sowie ein Editor zum Erstellen neuer Vorschläge für die AR-Ansicht realisiert (vgl. Features KF-10 bis KF-14). Zudem wurde auf den Ergebnissen der ersten formativen Evaluation aufgebaut. In diesem Kapitel werden nacheinander verschiedene Bereiche des Prototyps vorgestellt, wobei insbesondere auf neue Funktionen und Veränderungen gegenüber dem ersten Prototyp eingegangen wird.

Im ersten Abschnitt ist die neue Funktion zum Kommentieren von Vorschlägen beschrieben (Abschnitt 5.4.1). Im Anschluss wird der ebenfalls neu eingeführte Vorschlagseditor vorgestellt (Abschnitt 5.4.2). Der dritte Abschnitt geht auf weitere Änderungen und Verbesserungen gegenüber der ersten Version des Prototyps ein (Abschnitt 5.4.3).

5.4.1 Vorschläge kommentieren

Die AR-Ansicht für Vorschläge zu einem Projekt (vgl. „Vorschläge ansehen und vergleichen“ in Abschnitt 5.2.2; Abbildung 35, A) wurde im zweiten Prototyp um eine Kommentarfunktion erweitert (KF-10). Nutzende können einzelne Elemente (Spielgeräte) antippen, um eine Dialogansicht zu diesem Element zu öffnen (Abbildung 35, B/C).

In der Dialogansicht kann ein Austausch zu einzelnen Elementen eines Vorschlags stattfinden. Ein Titel für das ausgewählte Element sowie eine visuelle Vorschau sollen Nutzende unterstützen, indem sie den Kontext des Diskurses nachvollziehen können. Zum einen wird so sichergestellt, dass das richtige Element ausgewählt wurde, und zum anderen kann so das andernfalls durch das Interface verdeckte Element im Blickfeld behalten werden. Ein kurzer Einführungstext gibt Hinweise auf mögliche Inhalte des Diskurses („Was gefällt Ihnen an diesem Element?“ und „Was könnte noch verbessert werden?“). Alle Kommentare zum ausgewählten Element werden untereinander aufgelistet.

5.4.2 Vorschläge hinzufügen und bearbeiten

Neben den zuvor vorgestellten Kommentaren können Nutzende mit dem zweiten Prototyp auch eigene Vorschläge erstellen und veröffentlichen (vgl. KF-11). Hierzu wurde ein Vorschlagseditor in die App integriert (Abbildung 36, A).

Das Design des Editors orientiert sich in weiten Teilen an den in der Konzeption vorgestellten Entwürfen: Elemente können in einer Draufsicht frei auf einem Hilfsraster platziert werden. Über eine Tab-Navigation am unteren Bildschirmrand werden Nutzende durch die Phasen der Vorschlagserstellung geführt (entwerfen, ansehen und veröffentlichen).

In der Entwurfsansicht können Nutzende über das Plus-Icon neue Elemente zum Vorschlag hinzufügen (vgl. KF-12). Hierzu werden alle für ein Projekt relevanten Elemente (vorher festgelegt) in einer Liste

angezeigt (Abbildung 36, B). Jedes Element wird in einer Kachel mit einem beschreibenden Titel und einem Vorschaubild dargestellt.

Hinzugefügte Elemente können über Gesten (Auswählen und Verschieben mit einem Finger, Rotieren mit zwei Fingern) wie gewünscht platziert werden (vgl. KF-13; Abbildung 36, A). Das aktuell ausgewählte Element kann über die entsprechende Schaltfläche (Papierkorb-Icon) gelöscht werden.

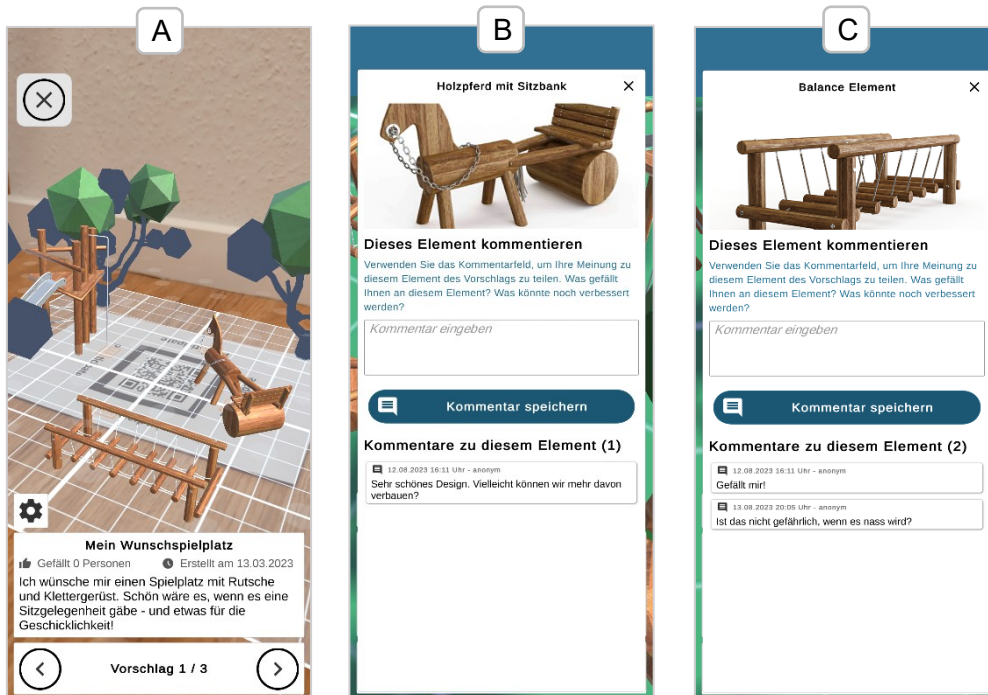


Abbildung 35: Dialogbeispiele: Vorschläge annotieren

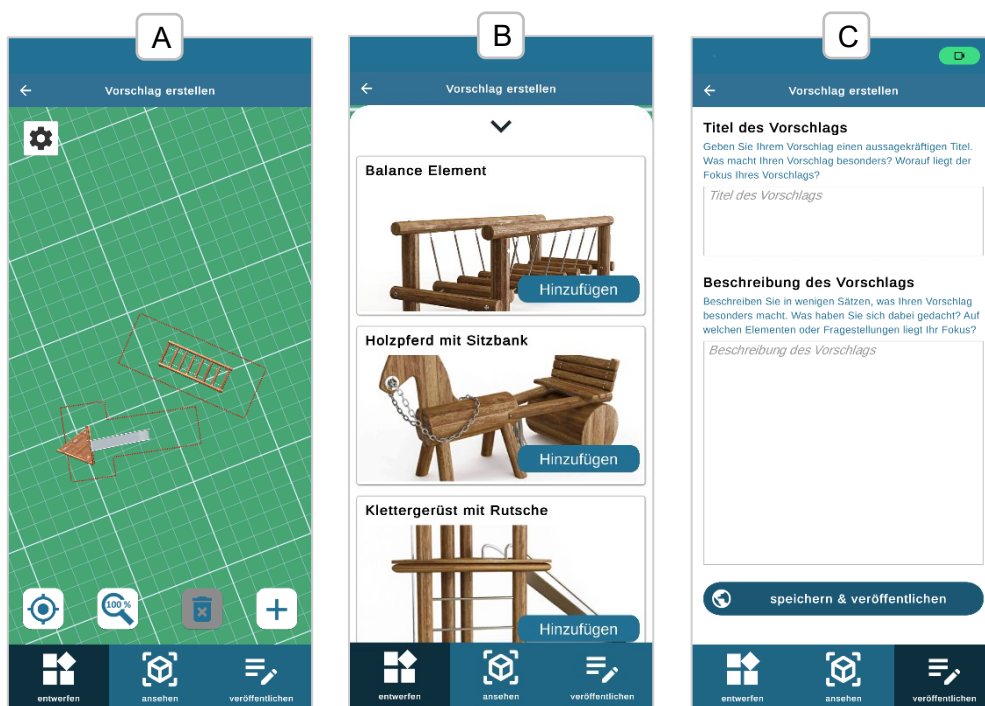


Abbildung 36: Dialogbeispiele: Vorschläge hinzufügen und bearbeiten

Elemente werden automatisch von einer rot gestrichelten Umrandung umgeben. Diese stellt den jeweiligen Sicherheitsbereich der Elemente dar und gibt einen Hinweis darauf, ob Elemente mit ausreichend Abstand zueinander und zu anderen Objekten (z. B. Bäume und Wege) platziert wurden. Diese Hilfslinie sowie dargestellte Dekorationen (z. B. Bäume) können über das Einstellungsmenü (Zahnrad-Icon) nach Bedarf ein- oder ausgeblendet werden.

Die Navigation im Vorschlagsplan (Hintergrund inklusive der erstellten Komposition) erfolgt ebenfalls über Gesten. Mit zwei Fingern kann die Ansicht gedreht sowie hinein- oder herausgezoomt werden. Mit einem Finger kann die Ansicht verschoben werden. Schaltflächen am unteren Rand helfen, zum Mittelpunkt und dem Standard-Zoom-Level zurückzukehren.

Sobald ein Vorschlagsentwurf erstellt wurde, kann dieser in der AR-Ansicht betrachtet werden (mittlerer Tab). Diese Ansicht entspricht der zuvor beschriebenen AR-Ansicht (vgl. Abschnitt 5.2.2) und erlaubt es Nutzenden, sich ihren Entwurf bereits vor der Veröffentlichung in Augmented Reality und damit in 3D anzusehen (vgl. KF-14). Vorschläge werden während der Bearbeitung automatisch lokal auf dem Gerät der Nutzenden gespeichert (vgl. TF-6). So kann die Bearbeitung jederzeit unterbrochen und später fortgesetzt werden.

Nach dem Betrachten der Vorschau kann der Entwurf entweder im Editor erneut bearbeitet werden (linker Tab) oder veröffentlicht werden (rechter Tab; Abbildung 36, C). In der Ansicht für das Veröffentlichen können ein Titel und eine Beschreibung des Vorschlags eingegeben werden. Die Implementierung der Veröffentlichung wurde serverseitig erst für den dritten Meilenstein vorgesehen (vgl. Feature-Set im Abschnitt 5.1.10). Im zweiten Prototyp wurden veröffentlichte Vorschläge daher noch nicht auf dem Server gespeichert.

5.4.3 Einführung in die App

Beim Starten der App wird Nutzenden eine Einführung in die zentralen Funktionen der App angezeigt (vgl. HU-1). Auf drei Seiten werden die Funktionen zum Finden eines Projekts (Abbildung 37, A), zum Ansehen und Vergleichen von Vorschlägen zu einem Projekt (Abbildung 37, B) und zum Erstellen neuer Vorschläge (Abbildung 37, C) vorgestellt. Jede Seite enthält einen Titel mit der jeweiligen Funktion, eine kurze textuelle Beschreibung sowie einen Screenshot, der die relevante App-Ansicht zeigt.

Am unteren Rand der Einführungsseiten kann über eine Schaltfläche zur nächsten Seite gewechselt werden, und über ein Kreuz in der oberen rechten Ecke kann die Einführung komplett übersprungen werden (vgl. HU-2). Eine aus drei Punkten bestehende Fortschrittsanzeige ermöglicht das Vor- und Zurückspringen zu einer bestimmten Seite. Auf diese Weise können Nutzende selbst entscheiden, ob sie die Einführung ansehen möchten. Die Einführung kann jederzeit erneut aufgerufen werden (vgl. HU-3). Hierzu kann auf der Startseite das Fragezeichen-Icon angetippt werden.

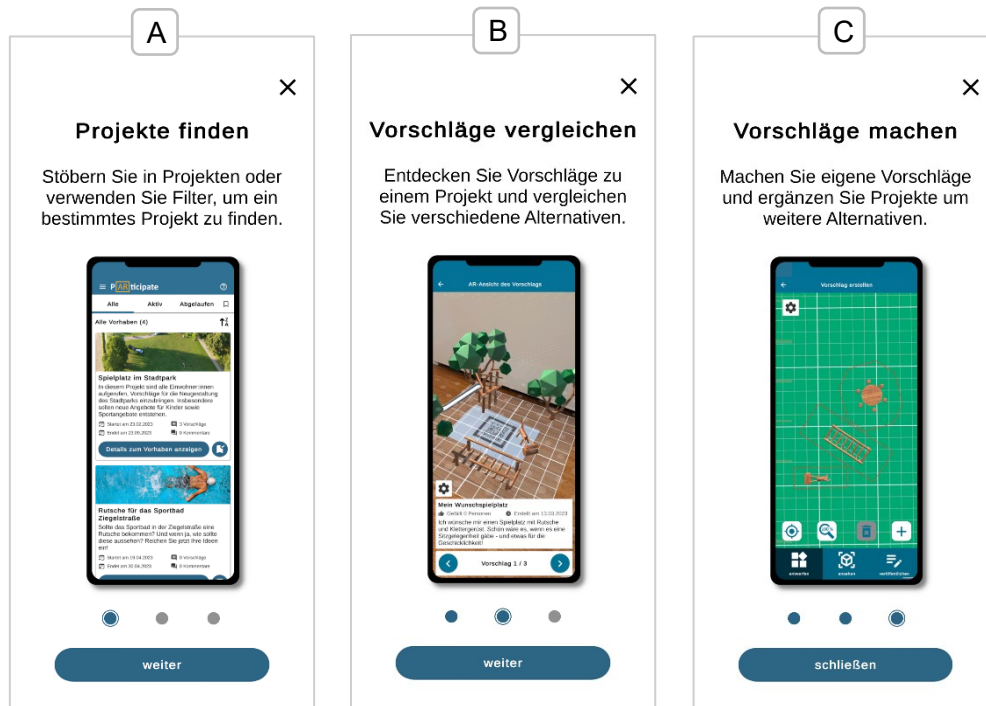


Abbildung 37: Dialogbeispiele: Einführung in die App

5.5 Zweite formative Evaluation

Nachdem im vorherigen Kapitel (5.4) der überarbeitete zweite Prototyp vorgestellt wurde, wird in diesem Kapitel die formative Evaluation dieses Prototyps der AR-Applikation beschrieben. Nachdem beim ersten Prototyp das Ansehen und Vergleichen von Vorschlägen im Fokus stand, liegt beim zweiten Prototyp ein besonderes Augenmerk auf dem Hinzufügen neuer Vorschläge über den neu integrierten Editor. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ziele (5.5.1), die Methode (5.5.2) und die Ergebnisse (5.5.3) vorgestellt sowie Letztere diskutiert (5.5.4). Abschließend wird ein Fazit zur zweiten formativen Evaluation gezogen (5.5.5).

5.5.1 Ziele der Evaluation

Die primären Ziele der zweiten formativen Evaluation sind die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und der visuellen Ästhetik der mobilen AR-Applikation sowie die Identifizierung konkreter Usability-Probleme. Die Ergebnisse der formativen Evaluation stellen die Basis für die Weiterentwicklung der App dar und ermöglichen eine Priorisierung notwendiger Anpassungen und Erweiterungen.

Da die mobile AR-Applikation im Rahmen von Beteiligungsprojekten für möglichst viele Personen gebrauchstauglich sein soll, ist das sekundäre Ziel der Evaluation, zu ermitteln, inwieweit individuelle Variablen (Alter, Geschlecht, ATI-Wert) Einfluss auf die Nutzungserfahrung haben. Hierzu wurden mögliche Korrelationen zwischen der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und individuellen Variablen sowie möglichen Korrelationen zwischen der erfolgreichen Bearbeitung der Aufgaben und individuellen Variablen untersucht.

5.5.2 Methode

Für die Durchführung der zweiten formativen Evaluation der mobilen AR-Applikation wurden 25 Studierende des Bachelorstudiengangs Medieninformatik rekrutiert. Die Studierenden wurden im Rahmen der Lehrveranstaltung *Wissenschaftliches Arbeiten* an der Universität zu Lübeck beauftragt, jeweils drei Interviews anhand eines vorgegebenen Leitfadens sowie unter Verwendung vorgegebener Fragebögen durchzuführen. Insgesamt wurden auf diese Weise 75 Interviews durchgeführt.

Die Teilnehmenden der Interviews wurden durch die Studierenden rekrutiert, wobei einige Vorgaben zu beachten waren. Für die drei Interviews sollten die Studierenden jeweils mindestens eine männliche und eine weibliche Person sowie mindestens eine Person mit einem Alter über 29 Jahren und eine Person mit einem Alter unter 30 Jahren rekrutieren. Zudem sollten die Studierenden keine Mitstudierenden der Medieninformatik als Probanden auswählen, da diese durchschnittlich eine höhere Technikaffinität als die Gesamtbevölkerung aufweisen.

Ausschluss von Datensätzen: Die Datensätze wurden hinsichtlich ihrer Datenqualität in die drei Kategorien „gut“ (1), „akzeptabel“ (2) und „ungenügend“ (3) eingeteilt. Als ungenügend wurden Datensätze bewertet, sofern sie eines der folgenden Kriterien erfüllen:

- offensichtliche Fehler (z. B. Werte außerhalb des Wertebereichs einer Skala), die sich nicht auf Basis der originalen Papierfragebögen korrigiert lassen
- deutliche Anzeichen für von der Versuchsleitung ausgedachte Datensätze (z. B. gleichartige Antworten, gleiche Handschrift, keine Freitextfelder ausgefüllt, Start- / Endzeiten exakt auf der Viertelstunde)

Datensätze wurden als ausreichend bewertet, sofern sie eines der folgenden Kriterien erfüllen (und nicht als ungenügend eingestuft wurden):

- Die originalen Papierfragebögen liegen nicht vor,
- ein oder mehrere Werte wurden auf Basis der originalen Papierfragebögen korrigiert,
- wenig plausible (aber mögliche) Angaben in einem der Fragebögen (z. B. SUS),
- mit der eigenen Familie (der Versuchsleitung) durchgeführte Interviews oder
- eine ungewöhnlich lange Interviewdauer (z. B. 90 Minuten).

Alle Datensätze, die keines der genannten Kriterien für eine ausreichende oder ungenügende Datenqualität erfüllen, wurden in die Kategorie „gut“ eingeordnet. Insgesamt wurden drei Datensätze von der weiteren Auswertung aufgrund ungenügender Datenqualität ausgeschlossen. Die nachfolgende Auswertung bezieht sich somit auf die 72 verbleibenden Datensätze.

Zwar können einzelne fehlerhafte oder manipulierte Datensätze aufgrund der delegierten Durchführung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Durch die systematische Überprüfung der genannten Kriterien konnte die Datenqualität jedoch nachweislich verbessert werden – sowohl durch den Ausschluss ungenügender Datensätze als auch durch die Korrektur fehlerhaft übertragener Angaben auf Basis der originalen Papierfragebögen.

Teilnehmende der Evaluation: Von den 72 Teilnehmenden waren 38 jünger als 30 Jahre und 34 älter als 29 Jahre. Der Mittelwert liegt bei einem Alter von 35.88 Jahren ($SD = 15.9$ Jahre, Min. = 18 Jahre, Max. = 85 Jahre). 34 Teilnehmende gaben beim Geschlecht „männlich“, 37 „weiblich“ und eine Person gab „divers“ an (Abbildung 38, links). Bezüglich ihres höchsten Bildungsabschlusses gaben 3 Teilnehmende einen Hauptschulabschluss (4.17 %), 5 Teilnehmende einen Realschulabschluss (Mittlere Reife; 6.94 %), 23 Teilnehmende das Abitur oder eine Fachhochschulreife (31.9 %), 21 Teilnehmende einen Berufsschulabschluss oder eine abgeschlossene Lehre oder Ausbildung (29.2 %), eine Person einen Meister (1.39 %), 10 Teilnehmende einen Bachelor (13.9 %) und 9 Teilnehmende Diplom/Master/Magister/ Staatsexamen (12.5 %) an.

Die Technikaffinität der Teilnehmenden ist insgesamt mit einem Mittelwert von 3.70 ($SD = 1.13$, Min. = 1.44, Max. = 5.78) vergleichbar mit der einer deutschen Quotenstichprobe und ist deutlich geringer als bei Studierenden der Medieninformatik (bei dieser Studie als Versuchsleitung engagiert; siehe Tabelle 17). Die ATI-Werte sind über das gesamte Spektrum der Skala (1 bis 6) verteilt, wobei es eine Häufung bei mittleren ATI-Werten und wenige sehr geringe oder sehr hohe Werte gibt (siehe Abbildung 38, rechts). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der ATI-Skala wurde Cronbachs Alpha berechnet. Der Wert ($\alpha = .92$) weist auf eine gute interne Konsistenz hin (Bühner, 2021, S. 598, 640).

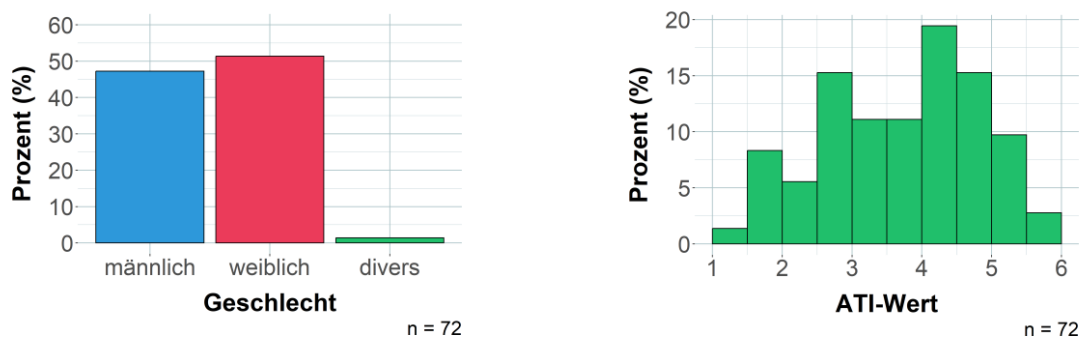


Abbildung 38: Verteilung der Geschlechter (links) und Technikaffinität (rechts)

Setting der Evaluation: Für die Interviews wurde die mobile AR-Applikation im Vorfeld auf einem Smartphone installiert. Die Studierenden konnten ein eigenes Android-Smartphone verwenden oder eines von zwei Leihgeräten erhalten. Von letzterer Möglichkeit machten drei Studierende Gebrauch. Die App konnte dann direkt aus dem Google Play Store heruntergeladen werden. Die Verwendung von iOS-

Geräten war zum Zeitpunkt der Evaluation nicht möglich, da eine entsprechende Version der App noch nicht vorlag.

Alle darüber hinaus benötigten Materialien (der Interviewleitfaden, die Fragebögen Teil 1 – Teil 3 sowie ein QR-Code als AR-Marker) konnten aus dem Moodle-Kurs zur Lehrveranstaltung heruntergeladen und ausgedruckt werden. Der Leitfaden, die Fragebögen sowie die App-Version zum Zeitpunkt des Interviews werden nachfolgend näher beschrieben.

Stichprobe	Mittelwert	SD	Min.	Max.
Zweite formative Evaluation ($n = 72$)	3.70	1.13	1.44	5.78
Studierende der Medieninformatik (Wessel et al., 2020)	4.64	0.58	3.33	5.78
Deutsche Quotenstichprobe (Franke et al., 2019)	3.61	1.08	1.00	5.89

Tabelle 17: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe

Verwendete Fragebögen: Im ersten Fragebogen (Anhang D.3) wurden soziodemografische Daten und die Technikaffinität erfasst. Hierzu wurde nach dem Geschlecht, dem Alter und dem Bildungsabschluss der Teilnehmenden gefragt. Zudem wurde die Langversion der ATI-Skala verwendet (9 Items), um die Technikaffinität der Teilnehmenden zu erfassen (Franke et al., 2019).

Im zweiten Fragebogen (Anhang D.4) wurden vier Aufgaben gestellt, die von den Teilnehmenden mit der App bearbeitet werden sollten. Um die Nutzenden langsam an die Anwendung heranzuführen, steigt mit jeder Aufgabe die Komplexität. Zunächst sollten Informationen zu einem Projekt gefunden werden (Aufgabe 1) und die Vorschläge zu einem Projekt verglichen werden (Aufgabe 2). Anschließend sollte ein Spielgerät in einem Vorschlag annotiert werden (Aufgabe 3) und ein neuer Vorschlag erstellt werden (Aufgabe 4). Die Aufgabenstellungen im Wortlaut sind im Anhang D dokumentiert.

Nach jeder Aufgabe sollten sie Teilnehmenden bewerten, wie einfach es war, die Aufgabe mit der App zu bearbeiten, und wie sehr die App dabei unterstützt hat. Hierzu konnte zu den Aussagen „Es war einfach, diese Aufgabe mit der App zu bearbeiten.“ und „Die App hat mich dabei unterstützt, die Aufgabe zu bearbeiten.“ auf einer 6-Punkte-Likert-Skala der Grad der Zustimmung angegeben werden. Damit ist sechs der bestmögliche und eins der schlechtmögliche Wert.

Im dritten Fragebogen (Anhang D.5) wurde die Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik der mobilen AR-Applikation erfasst. Zur Erfassung der Gebrauchstauglichkeit wurde die deutschsprachige Version der System Usability Scale (SUS; Gao et al., 2020) verwendet. Für insgesamt 10 Aussagen wird hierbei der Grad der Zustimmung auf einer 5-Punkte-Likert-Skala erfragt. Zur Erfassung der visuellen Ästhetik wurde der Fragebogen „Visual Aesthetics of Websites Inventory“ (VisAWI; Thielsch & Moshagen, 2011) verwendet. Für insgesamt 18 Aussagen wird hierbei der Grad der Zustimmung auf einer

7-Punkte-Likert-Skala erfragt. Die 18 Items lassen sich jeweils einem der vier Aspekte Einfachheit (5 Items), Vielfalt (5 Items), Farbigkeit (4 Items) und Kunstfertigkeit (4 Items) zuordnen.

Interviewleitfaden und Prozedur: Um die Interviews trotz verschiedener Versuchsleiter und Versuchsleiterinnen vergleichbar zu halten, wurde im Interviewleitfaden (Anhang D.2) der genaue Ablauf festgelegt, ein Zeitrahmen für die einzelnen Abschnitte vorgegeben sowie auf benötigte Materialien (z. B. Fragebögen) an den entsprechenden Stellen hingewiesen.

Neben der Beschreibung des Ablaufs konnten auf dem Interviewleitfaden Informationen wie die Start- und Endzeit des Interviews, die Probanden-ID, der Name des Versuchsleiters und Notizen zu einzelnen Aufgaben festgehalten werden. Zudem war Raum für eine zusätzliche Frage, die von den Studierenden individuell festgelegt werden konnte.

Die Interviews wurden mit einer Begrüßung und Aufklärung der Teilnehmenden begonnen. Nachdem die Teilnehmenden die Datenschutz- und Teilnahmeerklärung (siehe Anhang D.1) unterschrieben hatten, wurde ihnen der erste Fragebogen zu soziodemografischen Variablen gereicht.

Nachdem der erste Fragebogen ausgefüllt wurde, bekamen die Teilnehmenden ein Smartphone mit der vorinstallierten AR-Anwendung. Anschließend hatten sie drei Minuten Zeit, um die App selbstständig kennenzulernen. Die Versuchsleitung hat die Teilnehmenden dazu aufgefordert, laut auszusprechen, was sie bei der Verwendung der App denken (Think-Aloud-Methode). Zudem haben sie die Teilnehmenden beobachtet und auf dem Leitfaden festgehalten, welche Elemente der App verwendet wurden, und sich Notizen gemacht (z. B. zu Auffälligkeiten, Rückfragen oder Fehlern).

Nach der Kennenlernphase wurde den Teilnehmenden der zweite Fragebogen mit vier Aufgaben gereicht. Nach Abschluss jeder Aufgabe wurden die entsprechenden Fragen auf dem Fragebogen ausgefüllt. Nach Abschluss der vier Aufgaben wurde von den Teilnehmenden der dritte Fragebogen zur Gebrauchstauglichkeit und visuellen Ästhetik ausgefüllt. Zudem konnten die Studierenden im Anschluss ihre eigene Frage stellen bzw. die Teilnehmenden eine weitere Aufgabe bearbeiten lassen. Auch hierfür konnten Notizen im Interviewleitfaden festgehalten werden. Am Ende des Interviews wurde den Teilnehmenden noch einmal die Gelegenheit gegeben, Punkte anzusprechen, die im Laufe des Interviews noch nicht behandelt wurden, oder zuvor Gesagtes zu ergänzen.

Die Studierenden haben für die von ihnen durchgeführten Interviews zunächst fortlaufende Probanden-IDs zwischen 1 und 3 vergeben. Beim Zusammenführen aller Interviews wurden die Namen der Studierenden ebenfalls durch eine fortlaufende ID (Zahl zwischen 1 und 25) ersetzt und für die Teilnehmenden wurde eine neue fortlaufende Probanden-ID vergeben (Zahl zwischen 1 und 75). Auf diese Weise konnten die Ergebnisse für die Auswertung und mit Blick auf deren Veröffentlichung sowohl in Bezug auf die Teilnehmenden als auch auf die Studierenden anonymisiert werden.

5.5.3 Ergebnisse

Im Rahmen der zweiten formativen Evaluation wurde die Gebrauchstauglichkeit des zweiten Prototyps der AR-App mithilfe der System Usability Scale (SUS) untersucht. Der SUS-Wert liegt in einem Wertebereich von 0 (sehr schlecht) bis 100 (perfekt). Der zweite Prototyp der AR-App erreicht einen SUS-Wert von 61.15 ($SD = 20.25$, Min. = 12.5, Max. = 92.5) und liegt damit im mittleren Bereich – je nach Quelle kann dieser Wert als „OK“ beschrieben werden (Bangor et al., 2009) oder erreicht der Note D auf einer Skala von A+ bis F (Lewis & Sauro, 2018). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der System Usability Scale wurde Cronbachs Alpha berechnet. Der Wert ($\alpha = .89$) weist auf eine gute interne Konsistenz hin (Bühner, 2021, S. 598, 640).

Zudem wurde die visuelle Ästhetik des zweiten Prototyps anhand der VisAWI-Skala bewertet. Der resultierende VisAWI-Wert liegt im Bereich von 1 (am schlechtesten) bis 7 (am besten). Der zweite Prototyp erreicht im Mittel über alle vier Facetten einen Wert von 4.25 (Tabelle 18). Der Wert für Cronbachs Alpha ($\alpha = .83$) weist auch hier auf eine gute interne Konsistenz der Skala hin (Bühner, 2021, S. 598, 640). Da die Langversion der Skala verwendet wurde, können auch die einzelnen Facetten ausgewertet werden. Die Facette „Vielfalt“ wurde mit Abstand am schwächsten bewertet ($M = 3.52$). Alle anderen Facetten (Einfachheit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit) wurden mit Werten größer oder gleich 4.25 deutlich besser bewertet. Am besten wurden die Facetten Einfachheit ($M = 4.57$) und Farbigkeit ($M = 4.51$) bewertet.

Aspekt der visuellen Ästhetik	<i>M (SD)</i>
Einfachheit (5 Items)	4.57 (1.12)
Vielfalt (5 Items)	3.52 (1.10)
Farbigkeit (4 Items)	4.51 (1.13)
Kunstfertigkeit (4 Items)	4.39 (1.06)
Gesamt (Mittelwert über alle Aspekte)	4.25 (0.90)

Tabelle 18: Bewertung der visuellen Ästhetik ($n = 72$)

Zu allen vier Aufgaben, die den Teilnehmenden in der Studie gestellt wurden, wurde erhoben, wie einfach oder schwer die Aufgaben wahrgenommen wurden und wie sehr die Teilnehmenden sich dabei durch die App unterstützt gefühlt haben.

Über alle Aufgaben ergibt sich für die Einfachheit der Aufgaben ein Wert von 4.59 und für die Unterstützung durch die App ein Wert von 4.09 (Tabelle 19). Mit Abstand am einfachsten wurde Aufgabe 1 bewertet ($M = 5.26$). Danach folgen mit zunehmender wahrgenommener Schwierigkeit Aufgabe 2 ($M = 4.46$), Aufgabe 4 ($M = 4.35$) und Aufgabe 3 ($M = 4.28$). Die Unterstützung durch die App wurde für Aufgabe 1 am größten ($M = 4.44$) und für Aufgabe 3 am geringsten ($M = 3.76$) wahrgenommen. Die wahrgenommene Unterstützung für die Aufgabe 2 und 4 liegt dazwischen ($M = 4.04$ bzw. $M = 4.10$).

Damit wurde für Aufgabe 1 die Schwierigkeit am geringsten und die Unterstützung durch die App am höchsten bewertet. Umgekehrt verhält es sich für Aufgabe 3.

In einer explorativen Analyse wurden mögliche Korrelationen zwischen der Einfachheit der Aufgaben, der wahrgenommenen Unterstützung durch die App, der Technikaffinität sowie dem Alter der Teilnehmenden untersucht. Aufgrund der nicht erfüllten Voraussetzungen für Normalverteilung wurde der Spearman-Rangkorrelationstest zur Analyse der Zusammenhänge verwendet. Dabei zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der als höher wahrgenommenen Einfachheit der Aufgaben (Mittelwert über alle Aufgaben) und der wahrgenommenen Unterstützung durch die App ($\rho = 0.72, p < .001$).

Aufgabe	Einfachheit M (SD)	Unterstützung M (SD)
Aufgabe 1: Informationen zu einem Projekt finden	5.26 (1.11)	4.44 (1.36)
Aufgabe 2: Vorschläge zu einem Projekt vergleichen	4.46 (1.36)	4.04 (1.43)
Aufgabe 3: Ein Spielgerät in einem Vorschlag annotieren	4.28 (1.54)	3.76 (1.70)
Aufgabe 4: Einen neuen Vorschlag erstellen	4.35 (1.35)	4.10 (1.41)
Gesamt (Mittelwert über alle Aufgaben)	4.59 (0.99)	4.09 (1.17)

Tabelle 19: Einschätzung der Schwierigkeit der Aufgaben ($n = 72$)

Hingegen konnten keine Korrelationen zwischen der Einfachheit und der Technikaffinität der Teilnehmenden ($\rho = 0.07, p = .585$) sowie zwischen der wahrgenommenen Unterstützung und der Technikaffinität ($\rho = 0.01, p = .955$) festgestellt werden. Auch das Alter der Teilnehmenden zeigte keine Korrelation mit der wahrgenommenen Einfachheit ($\rho = -0.17, p = .151$) oder der wahrgenommenen Unterstützung ($\rho = 0.02, p = .885$).

Usability-Probleme: Während der Studie wurden Anmerkungen der Teilnehmenden sowie Probleme bei der Bearbeitung der Aufgaben dokumentiert. Hierdurch können konkrete Probleme der Gebrauchstauglichkeit identifiziert werden. Nachfolgend sind diese für die einzelnen Aufgaben, für den AR-Modus sowie für die App insgesamt beschrieben.

Bei Aufgabe 1 (zu einem Projekt informieren) berichteten neun Teilnehmende allgemein von Schwierigkeiten mit der Aufgabe (5, 8, 15, 28, 45, 50, 65, 67, 72). Als Probleme in der Gebrauchstauglichkeit wurden hier ein Fehler im Datumsformat (23, 73) und die Darstellung der Vorschlagsliste (34, 49) angemerkt. Zudem wurde generell die Nutzung von AR kritisiert (61, 69) und sich mehr Informationen zum Beteiligungsprojekt gewünscht (24). Für eine Person war nicht ersichtlich, welche Projekte bereits abgelaufen waren (37).

Bei Aufgabe 2 (Vorschläge vergleichen) wurde am häufigsten bemängelt, dass die Bäume die Sicht auf den Spielplatz verdecken würden (27, 28, 44, 53). Zudem hatten mehrere Teilnehmende Schwierigkeiten, zwischen den Vorschlägen zu wechseln (49, 51, 75) oder sich die Vorschläge in AR anzusehen (22,

44, 71). Drei Teilnehmenden war die Aufgabenstellung zunächst unklar (26, 37, 38). Darüber hinaus gaben zwei Teilnehmende an, die Vorschlagsdetails seien nicht sichtbar gewesen (16, 72; die Vorschlagsdetails sind im Querformat standardmäßig ausgeblendet, können aber eingeblendet werden) und eine Person gab an, die Kommentare nicht lesen zu können (71).

Bei Aufgabe 3 war das mit Abstand häufigste Problem in der Gebrauchstauglichkeit, dass die Kommentarfunktion nicht oder schwer gefunden wurde. Bei insgesamt 27 Teilnehmenden wurde von diesem Problem berichtet (z. B. 2, 9, 12). Zudem wurde angemerkt, dass Kommentare nicht veröffentlicht werden können (22) und dass der Text im Kommentarfeld nach dem Absenden nicht gelöscht würde (7, 11, 18). Weitere Teilnehmende haben bei dieser Aufgabe allgemein Probleme mit der Bedienung angemerkt (8, 13, 31, 43, 45, 70, 71, 74). Eine Person hatte Schwierigkeiten, die Aufgabenstellung zu verstehen (70).

Bei Aufgabe 4 war das häufigste genannte Problem, dass die in dieser Aufgabe erstellten Vorschläge nicht veröffentlicht werden können (insgesamt 14 Nennungen, z. B. 10, 13, 14). Elf Teilnehmende hatten allgemein Schwierigkeiten mit der Bedienung des Editors (z. B. 8, 11, 19) oder beispielsweise bestimmte Buttons (zunächst) nicht gefunden (10, 13, 44, 37, 50, 60, 63). Auch das Formular zur Eingabe des Titels für die erstellten Vorschläge wurde nicht immer direkt gefunden (19, 37, 38, 45). Mehrfach wurde angemerkt, dass die Markierung des Sicherheitsbereichs um Spielplatzelemente nicht verstanden wurde (7, 9, 37, 49). Einige Teilnehmende hatten Schwierigkeiten beim Platzieren von Elementen im Editor (1), empfanden dies als umständlich (44) oder wünschten sich Bedienhilfen (nicht nur Touch-Gesten; 74). Zwei Teilnehmende bemängelten das Fehlen einer „Wirklich schließen“-Abfrage (17, 18). Zudem wurde eine Funktion zum Kippen der Ansicht im Editor („Pitch“) gewünscht (42, 34). In mehreren Fällen wurde auf Probleme mit Textfeldern hingewiesen. Diese seien falsch dargestellt worden (28, 43, 70), wurden beim Absenden nicht geleert (28) oder eine Korrektur sei nicht direkt im Textfeld möglich gewesen (62).

Neben den aufgabenspezifischen Problemen wurden noch einige allgemeine Probleme in der Gebrauchstauglichkeit festgestellt. Am häufigsten wurden hierbei Darstellungsfehler im Interface der App genannt (1, 3, 7, 8, 10, 18, 22, 23, 28, 43, 70, 71). Zudem wurde das Interface zum Teil als unübersichtlich oder überladen wahrgenommen (16, 19, 21, 49, 63, 64, 66, 68) oder das Design insgesamt als wenig ansprechend empfunden (19, 20, 29, 43, 61, 70). Neun Teilnehmende haben eine ungenügende Leistung der App angemerkt (z. B. beim Scrollen; 10, 14, 18, 22, 37, 68, 69, 70, 74).

Ein weiteres Problem waren unklare Begriffe, Icons oder Konzepte. Hier haben fünf Teilnehmende unklare Icons angemerkt (16, 18, 23, 74, 75) und weitere Teilnehmende konnten mit den Begriffen AR (44, 46, 74, 75), Anmerkung (28, 29, 45, 49), Marker (74), Vorschau (45), aufsteigend/absteigend (72) nichts anfangen oder bemängelten allgemein unklare Formulierungen (58). Drei Teilnehmende haben die Bedienung der App als umständlich wahrgenommen (9, 34, 51). Zudem hatten vier Teilnehmende Schwierigkeiten, Text in der App zu lesen (9, 11, 71, 75). Mehrere Teilnehmende hätten sich mehr

Hilfefunktionen oder eine bessere Einführung in die Funktionen der App gewünscht (2, 20, 22, 26, 60, 70, 72, 74, 75). Zwei Teilnehmende gaben an, Schwierigkeiten mit der Navigation in der App zu haben (48, 71), insbesondere wurde hier der Zurück-Button zum Verlassen der AR-Ansicht nicht gefunden. Eine Person gab an, eine fertige App und keinen Prototypen erwartet zu haben (69).

In der AR-Ansicht traten bei 28 Teilnehmenden (21 %) Schwierigkeiten beim Scannen oder Tracking des Markers auf. Auffällig ist eine Häufung bei acht der 25 Versuchsleitungen, bei denen jeweils zwei oder alle drei Teilnehmenden unter dieser Versuchsleitung Schwierigkeiten angegeben haben (10, 11, 16–18, 35, 36, 43–49, 51, 67–72). Die übrigen sieben Teilnehmenden mit Schwierigkeiten verteilten sich auf andere Versuchsleitungen (1, 13, 25, 29, 37, 52, 58). Neben aufgetretenen Problemen wünschten sich vier Teilnehmende, das Tracking in der AR-Ansicht ohne Marker zu realisieren (13, 14, 43, 44), und eine Person wünschte sich eine intuitivere AR-Nutzung (7). Zwei weitere Probleme waren der Wechsel zwischen Hochformat- und Querformatansicht (37) sowie das Finden und Öffnen der AR-Ansicht (58). Einer Person war zunächst unklar, warum der Zugriff auf die Kamera benötigt wird (45). Fünf Teilnehmende haben zudem erwartet, die Modelle in AR drehen oder in der Größe verändern („zoomen“) zu können (14, 30, 43, 67, 69).

Vorgeschlagene Verbesserungen und Funktionen: Obwohl der Fokus auf Problemen der Gebrauchstauglichkeit lag und entsprechend auch vor allem danach gefragt wurde, wurden auch einige Wünsche zu weiteren Funktionen geäußert. Einige Teilnehmende wünschten sich mehr Auswahl bei den Spielplatzelementen (51, 61, 70) und hierbei insbesondere das Platzieren von Bäumen (10, 11, 17). Zudem wünschten sich die Teilnehmenden, eigene Elemente hinzufügen zu können (15), eigene Projekte anlegen zu können (43) und Vorschläge kommentieren (43, 72) und darüber abstimmen zu können (43).

Einige Teilnehmende haben versucht, zwischen den Ansichten der App, den Filter-Tabs oder den Vorschlägen zu „swipen“ oder haben sich diese Funktionalität gewünscht (7, 11, 12, 28, 29, 30, 39, 52, 53, 70, 71, 72, 74). Zudem wurde versucht, auf Elemente der Projekt-Kacheln (z. B. Text, Bild, Anzahl der Vorschläge) zu tippen, um zu den Projektdetails zu gelangen (28, 43, 44).

Für die Projektübersicht haben sich Teilnehmende eine Kalenderansicht zu aktiven Projekten (43), eine Freitextsuche (74) sowie die Möglichkeit zur Sortierung nach Ablaufdatum gewünscht (39). Zu Vorschlägen und zum Vorschlagseditor wurde sich eine Zusammenfassung der bisherigen Vorschläge (61), eine Liste der einem Vorschlag hinzugefügten Elemente (29), Informationen zu den Kosten der Elemente (39) sowie eine Kollisionswarnung bei sich überschneidenden Elementen (47) gewünscht. Zudem sollten alle Elemente im Editor auf einmal gelöscht werden können (Zurücksetzen des Vorschlagseditors; 29). Vereinzelt wurde sich gewünscht, die App auch für iOS-Geräte (65) und Tablets (68) verfügbar zu machen.

Positives Feedback: Obwohl auch danach nicht explizit gefragt wurde, gab es neben Problemen in der Usability auch positive Hinweise zum verwendeten Prototyp der App. Das meiste sind jedoch zunächst einmal Einzelmeinungen. Der App wurde beispielsweise ein funktionales und ansprechendes Design bescheinigt (10, 11) und die App sei übersichtlich (12), bedienungsleicht (17) und Informationen seien verständlich und leicht zu finden (11). Zudem wurde die Idee der App insgesamt für gut (27) und Augmented Reality als „cool“ befunden (38). An einzelnen Funktionen wurde das Intro, also die Einführung in die Funktionen der App, (18), der Sicherheitsbereich um die Spielgeräte (64) sowie die Möglichkeit, in AR zwischen den Vorschlägen wechseln zu können, (37, 43) gelobt. Eine Person gab zudem an, dass die Infos zu den Projekten auf den ersten Blick ersichtlich seien (60).

5.5.4 Diskussion

Das primäre Ziel der zweiten formativen Evaluation war die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und visuellen Ästhetik des zweiten Prototyps. Der Schwerpunkt lag hierbei auf den Funktionen, die gegenüber dem ersten Prototyp hinzugekommen sind (Kommentieren von Elementen und Beitragen eigener Vorschläge).

Die Methode, 25 Studierende als Versuchsleitung für jeweils drei Teilnehmende zu rekrutieren, hat im Wesentlichen funktioniert. Auf diese Weise konnten 75 Datensätze erhoben werden, von denen 72 für die Auswertung verwendet wurden. Die große Zahl an Versuchsleiterinnen und Versuchsleitern hat allerdings auch die Vergleichbarkeit der Durchläufe beeinträchtigt. So war offenbar nicht allen Teilnehmenden klar, dass es sich bei der App um einen Prototyp handelt (z. B. „Wieso ist die App nicht fertig?“, 69), obwohl die Versuchsleitungen diesbezüglich informiert wurden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass diese Information in einigen Fällen nicht an die Teilnehmenden weitergegeben wurde. Durch klare Vorgaben bezüglich der Rekrutierung von Teilnehmenden (z. B. Alter und Geschlecht; vgl. Abschnitt 5.5.2) und der Dokumentation der Studiendurchläufe (z. B. Abgabe aller Fragebogenoriginalen) konnten eine ausreichende Diversität der Stichprobe und eine ausreichende Datenqualität gewährleistet werden. Mit knapp 50 % männlichen und gut 50 % weiblichen Teilnehmenden wurde annähernd eine Gleichverteilung dieser Geschlechter erreicht. Zudem sind die mittlere Technikaffinität sowie ihre Verteilung ähnlich zu der einer deutschen Quotenstichprobe.

Die vier Aufgaben waren so aufgebaut, dass die Teilnehmenden von der leichtesten Aufgabe (sich zu einem Projekt informieren) zur tendenziell schwersten Aufgabe (einen Vorschlag erstellen) vorarbeiten. Alle Aufgaben wurden von den Teilnehmenden als leicht oder sehr leicht bewertet, wobei die Steigerung von Aufgabe 1 zu Aufgabe 4 mit Ausnahme von Aufgabe 3 auch von den Teilnehmenden so wahrgenommen wurde. Aufgabe 3 (Elemente annotieren) wurde entgegen der Erwartung als am schwersten eingeschätzt. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass viele Teilnehmende die für die Aufgabe wichtige Kommentarfunktion zunächst nicht gefunden haben. Die wahrgenommene Unterstützung durch die App wurde bei allen Aufgaben als gut bewertet, wobei die Unterstützung für Aufgabe 3 am schlechtesten bewertet wurde.

Die visuelle Ästhetik des Prototyps wurde im Mittel zwar positiv bewertet, jedoch kann nicht über alle Facetten von einem guten Ergebnis gesprochen werden. Insbesondere die Vielfalt und Originalität (Facette Vielfalt) erreichte nur gut die Hälfte der möglichen Punkte. Auch die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des zweiten Prototyps liegt basierend auf dem Mittelwert der SUS-Werte lediglich im mittleren Bereich. Die qualitative Erhebung von Problemen in der Gebrauchstauglichkeit liefert jedoch konkrete Hinweise zur weiteren Verbesserung, die in der nächsten Iteration umgesetzt werden können. Die abgeleiteten erweiterten Anforderungen (EA) sind in Tabelle 20 zusammengefasst. Neben den Problemen in der Gebrauchstauglichkeit konnten auch einige Ideen für weitere Funktionen aus den Anmerkungen der Teilnehmenden extrahiert werden. Diese vorgeschlagenen erweiterten Funktionen und Inhalte (EF) sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

Kennung	Anforderung	Beschreibung
EA-Hilfe	Hilfe & Einführung	- Funktionen der App und Begriffe besser vorstellen und erklären
EA-Fehler	Fehler beheben	- Inhaltliche, sprachliche und funktionale Fehler beheben
EA-Layout	Darstellung & Layout	- Genannte Fehler im Layout beheben - Layout für verschiedene Seitenverhältnisse optimieren (Responsives Layout)
EA-Gestaltung	Gestaltung & Lesbarkeit	- Farbgebung ansprechender gestalten - Lesbarkeit des Texts überprüfen und ggf. verbessern (insbesondere Kontraste) - Auswahl der Icons überprüfen und ggf. verbessern
EA-Textfelder	Textfelder	- Darstellung der Textfelder korrigieren - Direkte Interaktion im Textfeld ermöglichen - Formulare nach dem Absenden leeren
EA-Navigation	Navigation	- Projektkacheln anklickbar machen - Zurückschaltfläche vereinheitlichen
EA-Tracking	Tracking & Marker	- AR-Tracking bzw. QR-Code / Marker optimieren

Tabelle 20: Erweiterte Anforderungen (EA) für die dritte Iteration

Das häufigste Problem stand im Zusammenhang mit dem unzuverlässigen Tracking des AR-Markers. Dies war vermutlich mitverantwortlich für die lediglich akzeptable Bewertung der Gebrauchstauglichkeit, da es Einfluss auf einen Großteil der Funktionalität der App hat. Die in den Ergebnissen beschriebene Häufung der Probleme bei den Teilnehmenden unter wenigen Versuchsleitungen lässt vermuten, dass die Wahl des Smartphone-Modells einen Einfluss auf die Stabilität des Trackings hatte (jede Versuchsleitung hat ein eigenes Smartphone für die Studie verwendet). Zum einen lässt sich dieser Zusammenhang jedoch nicht ohne Weiteres belegen und zum anderen zeigen die Probleme beim Tracking bei sieben weiteren Teilnehmenden, dass das verwendete Smartphone vermutlich nicht der alleinige Faktor ist. Auch die Beschaffenheit des Markers selbst sollte daher überprüft werden (**EA-Tracking**).

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass sich das Layout des App-Interfaces auf einigen Geräten nicht an das Seitenverhältnis der Geräte angepasst hat und Inhalte daher abgeschnitten wurden und nur teilweise sichtbar waren. Da die korrekte Darstellung des Interfaces zentral für die Gebrauchstauglichkeit

und das Nutzungserlebnis ist, wurde dieses Problem in der nächsten Iteration mit hoher Priorität behandelt (**EA-Layout**). Auch weitere Fehler in der Darstellung (z. B. Datumsformat) oder den Inhalten (z. B. Tippfehler) werden dort behoben (**EA-Fehler**).

Das Feedback der Teilnehmenden bezog sich auch auf die Gestaltung des Interfaces. Besonders die Farbauswahl sollte überarbeitet werden, um die App ansprechender zu gestalten und die Lesbarkeit zum Beispiel durch ausreichende Kontraste zu verbessern (**EA-Gestaltung**). In diesem Zusammenhang wird auch die Auswahl der eingesetzten Icons überprüft.

Kennung	Bereich	Beschreibung
EF-Löschen	App	- alle lokalen Daten löschen
EF-Speichern	App	- Speichern und Veröffentlichen von Beiträgen - Speichern und Veröffentlichen von Kommentaren
EF-Laden	Editor	- Laden von Beiträgen zur Weiterentwicklung im Editor
EF-Editor	Editor	- Gebietsgrenze im Editor anzeigen - Lageplan / Grundriss im Hintergrund einblenden - Kollisionserkennung
EF-Auswahl	Editor	- mehr (Spielplatz-)Elemente im Editor anbieten
EF-Interaktion	Interaktion	- Zoomen und Rotieren in der AR-Ansicht - Kippen der Ansicht („Pitch“)
EF-Projektinfos	Projekt	- mehr Informationen zum Beteiligungsprojekt, zur Verwendung der Ergebnisse sowie zum Beteiligungsgegenstand (z. B. Kosten)

Tabelle 21: Vorgeschlagene erweiterte Funktionen und Inhalte (EF) für die dritte Iteration

Mehrere Teilnehmende wünschten sich zusätzliche Hilfe-Funktionen, Erklärungen oder eine bessere Einführung in die Funktionen der App. Zudem hat sich gezeigt, dass die Navigationspfade innerhalb der App nicht für alle Teilnehmenden ersichtlich waren. Beides wurde als Anforderungen für die nächste Iteration aufgenommen (**EA-Hilfe** bzw. **EA-Navigation**).

Die Funktionen zum Veröffentlichen von Kommentaren und eigenen Beiträgen waren in der für die Evaluation verwendeten Version noch nicht umgesetzt. Wenngleich die damit verbundenen Anmerkungen daher nicht als Fehler gewertet werden können, ist es wahrscheinlich, dass die entsprechenden Probleme die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beeinflusst haben. Diese Funktionalitäten werden in der nächsten Iteration adressiert (**EF-Speichern**). Im Zusammenhang mit Textfeldern traten zudem technische Fehler auf (z. B. der Text wird nach dem Absenden nicht gelöscht oder Anzeigefehler), die ebenfalls behoben werden (**EA-Textfelder**). Neben dem Speichern sollte auch das Laden von Vorschlägen in den Editor (**EF-Laden**) sowie das Löschen der lokalen Daten (z. B. von Beitragsentwürfen) ermöglicht werden (**EF-Löschen**).

Während einige Teilnehmende den eingezeichneten Sicherheitsbereich um Spielgeräte nicht verstanden haben, wurde er von anderen als wertvolles Feature gelobt. Eine Kollisionswarnung für sich überschneidende oder fehlerhaft platzierte Elemente könnte eine sinnvolle Ergänzung des Sicherheitsbereichs sein (**EF-Editor**).

Mehrfach wurde der Wunsch nach mehr Kontext oder Informationen zum Beteiligungsprojekt geäußert (z. B. zur Verwendung der Ergebnisse; EF-Projektinfos). Für mehr Kontext beim Erstellen eigener Vorschläge sollen ein Lageplan im Hintergrund des Editors eingeblendet werden können und die Abgrenzung des Untersuchungsgebiets dargestellt werden. Zudem sollte die Auswahl der im Editor verfügbaren Elemente vergrößert werden (**EF-Auswahl**).

An zusätzlicher Interaktion wurde sich von mehreren Teilnehmenden gewünscht, im Editor die Ansicht kippen zu können (**EF-Interaktion**). Zudem haben mehrere Teilnehmende versucht, das Modell in der AR-Ansicht zu vergrößern oder zu drehen, um es besser bzw. aus anderen Perspektiven betrachten zu können.

In einer explorativen Analyse wurden Korrelationen zwischen der Einfachheit der Aufgaben und der wahrgenommenen Unterstützung durch die App untersucht. Hierbei zeigte sich eine deutliche positive Korrelation: Je einfacher die Aufgaben wahrgenommen wurden, desto stärker fühlten sich die Teilnehmenden durch die App unterstützt. Dieses Ergebnis könnte darauf hindeuten, dass die App Funktionen bereitstellt, die eine Bearbeitung der gestellten Aufgaben deutlich erleichtern. Diese Schlussfolgerung steht im Einklang mit der insgesamt positiven Bewertung der Gebrauchstauglichkeit, auch wenn in Einzelfällen konkrete Verbesserungen nötig sind.

5.5.5 Fazit zur zweiten formativen Evaluation

Nachdem in der ersten formativen Evaluation der Fokus allein auf dem Informieren zu Beteiligungsprojekten und der Visualisierung von Vorschlägen in Augmented Reality lag, sollte in dieser zweiten formativen Evaluation insbesondere untersucht werden, wie gebrauchstauglich der überarbeitete Prototyp für das Hinzufügen neuer Vorschläge ist. Die bisherigen und teilweise überarbeiteten Funktionen wurden aber mituntersucht.

Für die Evaluationsstudie konnten insgesamt 75 Teilnehmende rekrutiert werden. Aufgrund unzureichender Qualität wurden jedoch drei Datensätze von der Auswertung ausgeschlossen (vgl. Abschnitt 5.5.2). Bei der verbleibenden Stichprobe ($n = 72$) konnten die gesetzten Anforderungen an die Verteilung von Geschlecht, Alter und Technikaffinität erfüllt werden. Der höchste Bildungsabschluss der Teilnehmenden zeigt eine breite Streuung, wobei Fach- und allgemeine Hochschulreife sowie Berufsschulabschlüsse tendenziell überrepräsentiert sind.

Zwar ist die Stichprobe nicht repräsentativ für die deutsche Gesamtbevölkerung, sie weist jedoch im Vergleich zur ersten formativen Evaluation eine größere Diversität auf – insbesondere im Hinblick auf Alters- und Ausbildungsmerkmale. Die zweite formative Evaluation zielte vorrangig darauf ab, Usability-Probleme zu identifizieren, wofür die vorliegende Stichprobe eine geeignete Grundlage bietet.

Die Gebrauchstauglichkeit des Prototyps (SUS) wurde lediglich als „OK“ bewertet. Die visuelle Ästhetik (VisAWI) wurde zwar positiv, aber schlechter als in der ersten formativen Evaluation bewertet. Die

Freitextantworten liefern jedoch wertvolle Hinweise, was in der nächsten Iteration verbessert werden kann. Technische Schwerpunkte sind die Stabilität der Marker-Erkennung in AR, die Responsivität des Layouts gegenüber unterschiedlichen Seitenverhältnissen sowie die Korrektur der identifizierten Fehler. Inhaltlich sollte die Einführung in die Funktionen der App sowie die Auswahl der Spielplatzelemente verbessert werden. Im Benutzerinterface der App sollte die Sichtbarkeit von Interaktions- und Navigationselementen überprüft und optimiert sowie das Farbkonzept insgesamt besser abgestimmt und insbesondere in der AR-Ansicht vereinheitlicht werden.

Trotz der genannten Herausforderungen kann festgehalten werden, dass die meisten Teilnehmenden die gestellten Aufgaben (informieren, vergleichen, annotieren und beitragen) mit der App erfüllen konnten. Die Ergebnisse der formativen Evaluation bieten eine gute Grundlage für die dritte Iteration des Prototyps (Kapitel 5.6) und für dessen Vorbereitung für die abschließende Laborstudie (Kapitel 6).

5.6 Der finale Prototyp

In diesem Kapitel wird der dritte und finale Prototyp der AR-Beteiligungsapp „Participate“ vorgestellt. Der Prototyp basiert auf der zweiten Version und wurde auf Grundlage der im Rahmen der formativen Evaluationen erhobenen erweiterten Anforderungen (EA) und vorgeschlagenen erweiterten Funktionen (EF) weiterentwickelt. Beispielsweise wurden im finalen Prototyp diverse kleinere Fehler behoben, die im Rahmen der zweiten formativen Evaluation aufgefallen waren (EA-Fehler). In den nachfolgenden Abschnitten wird auf die einzelnen Bereiche der App eingegangen und jeweils beschrieben, was sich gegenüber der vorherigen Version verändert hat.

5.6.1 Architektur

Das Ökosystem der *Participate*-App besteht aus einer in Unity entwickelten Smartphone-App sowie einem Webserver mit Datenbank zur zentralen Verwaltung und Verteilung der Projekte und Vorschläge an die App-Clients. Zudem wurde eine prototypische Webseite entwickelt, auf der Projekte und Beiträge im Webbrowser abgerufen werden können. Die Webseite bietet derzeit weder 3D- noch AR-Darstellungen der Vorschläge. Da der Fokus dieser Arbeit auf der Smartphone-App und dort insbesondere der AR-Funktionalität liegt, werden die übrigen Komponenten nur kurz vorgestellt.

Für das **Server-Backend** wurde eine SQL-Datenbank eingerichtet. Hier werden Informationen zu Projekten, Vorschlägen, Textbeiträgen und – perspektivisch – zu Nutzenden gespeichert. Der Zugriff auf die Daten erfolgt über eine REST-Schnittstelle (API). Die Smartphone-App und der Browser-Client können über JSON-Objekte Anfragen stellen und Daten abfragen (Abbildung 39).

Die **Smartphone-App** wurde mit Unity erstellt und kann für Android und iOS veröffentlicht werden. Derzeit ist nur eine Version für Android-Geräte verfügbar. Wo möglich werden Daten lokal auf den Geräten der Nutzenden gespeichert (z. B. persönliche Lesezeichen und unveröffentlichte Entwürfe). Veröffentlichte Vorschläge und Projektinformationen werden auf dem Webserver gespeichert.

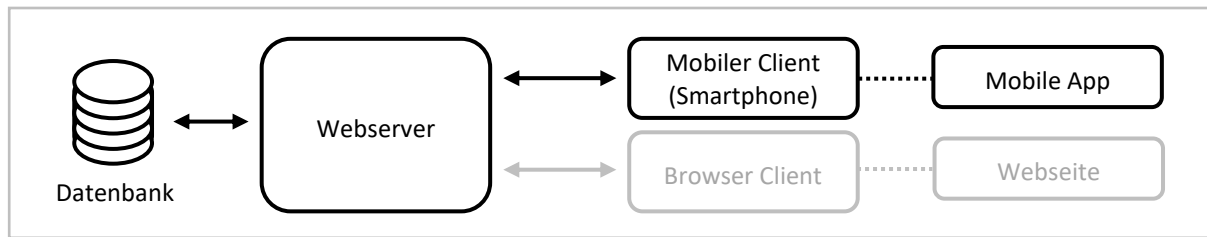


Abbildung 39: Server-Client-Schnittstelle

Ein mit Vue.js prototypisch umgesetzter **Browser-Client** ermöglicht die webbasierte Inhaltsverwaltung (z. B. Projekte erstellen oder Kommentare moderieren) für eingeloggte Benutzende. Zudem können alle Nutzenden auch ohne ein Benutzerkonto Informationen zu verfügbaren Projekten abrufen. Hierbei werden derzeit eine textuelle Beschreibung der Projekte und Vorschläge sowie ein Vorschaubild zu den Vorschlägen angezeigt (siehe Abbildung 40). Zukünftig ist hier auch ein Export sowie eine 3D-Darstellung von Vorschlägen vorgesehen. Dies ist jedoch nicht Teil dieser Arbeit.

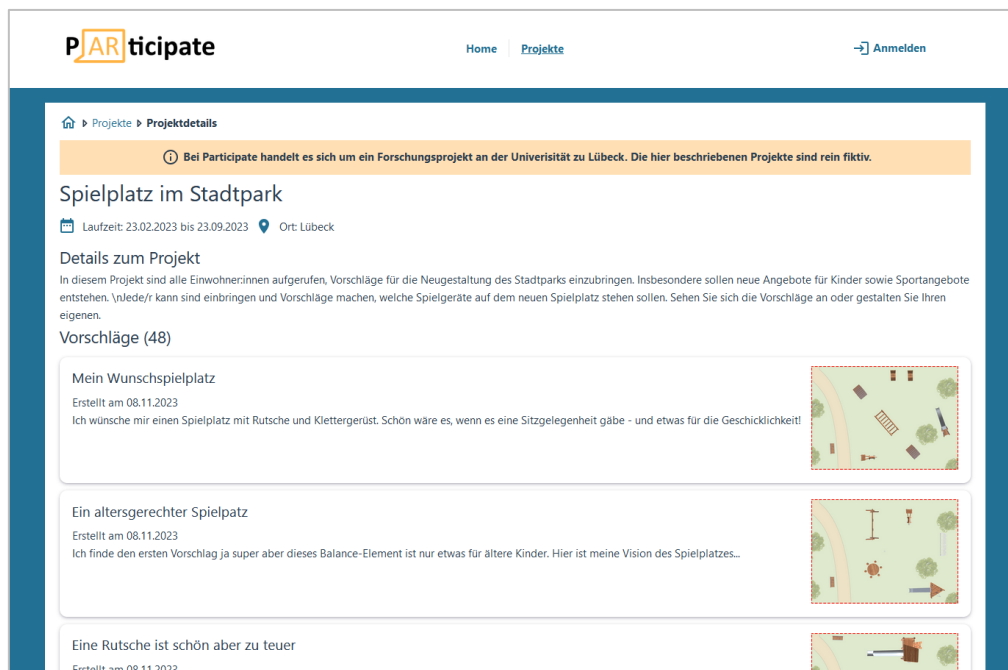


Abbildung 40: Webseite zur Verwaltung der Projekteinhalte

5.6.2 Design und Kontraste

Eines der größten Probleme bei der zweiten formativen Evaluation war, dass das Interface der App nicht auf allen Smartphones korrekt dargestellt wurde. Um die Probleme nachvollziehen zu können, wurden alle Seiten der App in verschiedenen Seitenverhältnissen und Auflösungen getestet. Hierbei hat sich herausgestellt, dass einige Ankerpunkte des Layouts nicht korrekt konfiguriert waren. Diese Fehler im

Layout wurden behoben, sodass das Layout der App nun für verschiedene Seitenverhältnisse und Auflösungen optimiert ist und sich dynamisch daran anpasst (EA-Layout).

Ein weiteres genanntes Problem war die Lesbarkeit von Texten und Schaltflächen. Aus diesem Grund wurden die in der App verwendeten Farben sowie die Kontraste zwischen Vordergrund- bzw. Textfarben und Hintergrundfarben genauer angesehen (EA-Gestaltung). Für die Analyse der für die Lesbarkeit notwendigen Kontrastverhältnisse wurden die WCAG-2.1-Richtlinien des World Wide Web Consortium (W3C) herangezogen (World Wide Web Consortium (W3C), 2023a, 2023b). Dort sind Vorgaben zum minimalen (Level AA) und erweiterten Kontrast (Level AAA) beschrieben, der die Lesbarkeit für Personen mit Sichteinschränkungen gewährleistet. Das maximal mögliche Kontrastverhältnis (schwarzer Text auf weißem Hintergrund) beträgt 21:1. Für das Level AA wird ein minimaler Kontrast von 4.5:1 (normaler Text) bzw. 3:1 (großer Text) gefordert. Für das Level AAA wird mindestens ein Kontrast von 7:1 (normaler Text) bzw. 4.5 (großer Text) gefordert. Text in Logos sowie Text, der allein zur Dekoration dient, ist von den Vorgaben ausgenommen.

Zur Berechnung der Kontraste zwischen den verwendeten Farben wurde ein Online-Tool verwendet.⁶ In Tabelle 22 sind die in der App verwendeten Farben sowie die Kontrastverhältnisse für alle vorkommenden Hintergrund-Vordergrund-Kombinationen dargestellt.

Farbe	Hex-Code	Hintergrundfarbe			Legende
		B	W	HG	
B	#1F6584				<div style="background-color: #d9ead3; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Min. 4.5: Level AA erfüllt Min. 7.0: Level AAA erfüllt</div> <div style="background-color: #fff2cc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Level AA für große Texte erfüllt</div> <div style="background-color: #f4cccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Level AA nicht erfüllt</div> <div style="margin-top: 10px;"><u>6.46:1</u> Kontrast kommt in der App vor</div> <div style="margin-top: 5px;">* Kontrast nur im Logo</div>
G	#F7AE45	1:1	<u>6.46:1</u>	4.49:1	
W	#FFFFFF	<u>3.41:1*</u>	1.89:1	1.32:1	
HG	#D7D7D7	<u>6.46:1</u>	1:1	1.44:1	
DG	#363636	1.87:1	<u>12.08:1</u>	8.41:1	
S	#000000	3.25:1	<u>21.00:1</u>	<u>14.59:1</u>	

Tabelle 22: Farbpalette und Kontrastverhältnisse

Die unterstrichenen Werte sind Kombination, die in der App verwendet werden. Alle grün hinterlegten Kontraste erfüllen die minimalen Anforderungen im Level AA (4.5:1). Der mit einem Sternchen (*) gekennzeichnete Kontrast tritt nur im Logo auf und erfüllt daher ebenfalls die Anforderungen. Die meisten Kontraste erfüllen sogar die minimalen Anforderungen für normalen Text im Level AAA (7:1) oder verfehlen sie nur knapp.

⁶ <https://contrastchecker.com/>

Die meisten Schaltflächen in der App sind für leichtere Verständlichkeit mit einer Kombination aus Icons und Text versehen. Zudem sind die Schaltflächen mit klaren Aktionen beschriftet und enthalten die Handlung beschreibende Verben (z. B. Löschen, Verlassen oder Anzeigen). Die Beschriftung eines Buttons ist somit beispielsweise „Details zum Projekt anzeigen“ anstatt nur „Details zum Projekt“ oder „Projektdetails“. Dies unterstützt die ursprüngliche Anforderung der Zugänglichkeit.

5.6.3 Einführung und Unterstützung

Nach dem Öffnen der App wird den Nutzenden eine Einführung in die wichtigsten Funktionen der App präsentiert. Über drei Informationsbildschirme zu den Themen „Projekte finden“, „Vorschläge vergleichen“ und „Vorschläge machen“ erhalten sie so eine kurze Einführung, was mit der App gemacht werden kann und wie die entsprechenden Funktionen oder Unterseiten der App aussehen (Abbildung 41).

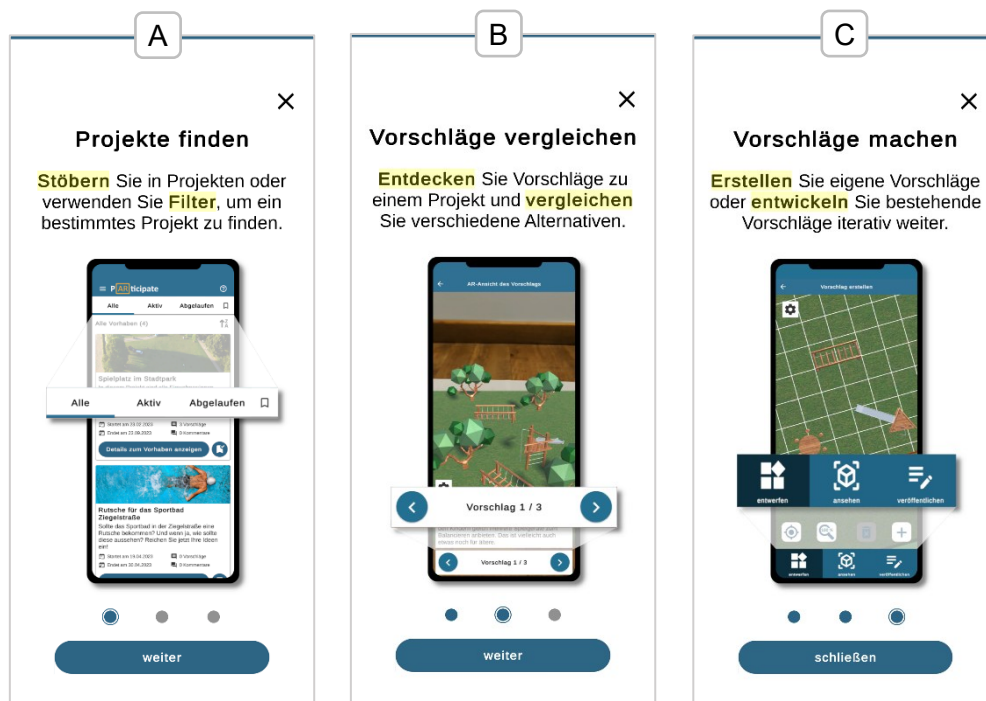


Abbildung 41: Dialogbeispiele: Überarbeitete Einführung in die App

Als größte Neuerung gegenüber dem vorherigen zweiten Prototyp werden für jede Seite die Filter- bzw. Navigationsschaltflächen hervorgehoben. Diese Änderung basiert auf den Erkenntnissen der zweiten formativen Evaluation und soll die Nutzenden beim Navigieren durch die App unterstützen (EA-Hilfe bzw. EA-Navigation). So wird auf zur Projektübersicht (Startseite) die Filterleiste hervorgehoben, mit der sich die Projektliste schnell auf aktive Projekte, abgelaufene Projekte oder die Projekte in der eigenen Lesezeichenliste einschränken lässt. In der AR-Ansicht ist die Navigationsleiste zwischen den Vorschlägen zu einem Projekt hervorgehoben, da sie das zentrale Element zum Vergleichen der vorhandenen Alternativen darstellt. Für den AR-Editor ist die Navigation durch die einzelnen Schritte (erstellen, ansehen und veröffentlichen) in der Einführung besonders hervorgehoben. Zudem wurden die handlungsleitenden Verben im Beschreibungstext hervorgehoben. Hierdurch soll deutlicher werden, welche

Aufgaben mit der App erledigt werden können und auf welcher Seite der App die entsprechenden Funktionen zu finden sind.

Nutzende können frei zwischen den drei Einführungsbildschirmen wechseln (durch Tippen auf einen der Punkte oder über die Weiter-Schaltfläche) und die Einführung jederzeit von der Startseite aus erneut aufrufen. Zudem können Nutzende die Einführung jederzeit überspringen und so zur Projektübersicht gelangen.

5.6.4 Startseite und Navigationskonzept

Die Projektübersicht ist die Startseite der App und Ausgangspunkt aller zentralen Funktionen der App: Projekte finden, über Projekte informieren, Vorschläge ansehen und vergleichen sowie Vorschläge hinzufügen und weiterentwickeln (Abbildung 42). Egal, welche dieser Aufgaben mit der App bearbeitet werden soll, muss zunächst ein Projekt aus der Projektliste ausgewählt werden. Um ein Projekt zu finden, kann nach dem Erstellungsdatum auf- oder absteigend sortiert, nach aktiven oder abgelaufenen Projekten gefiltert oder die eigenen Lesezeichen angezeigt werden.

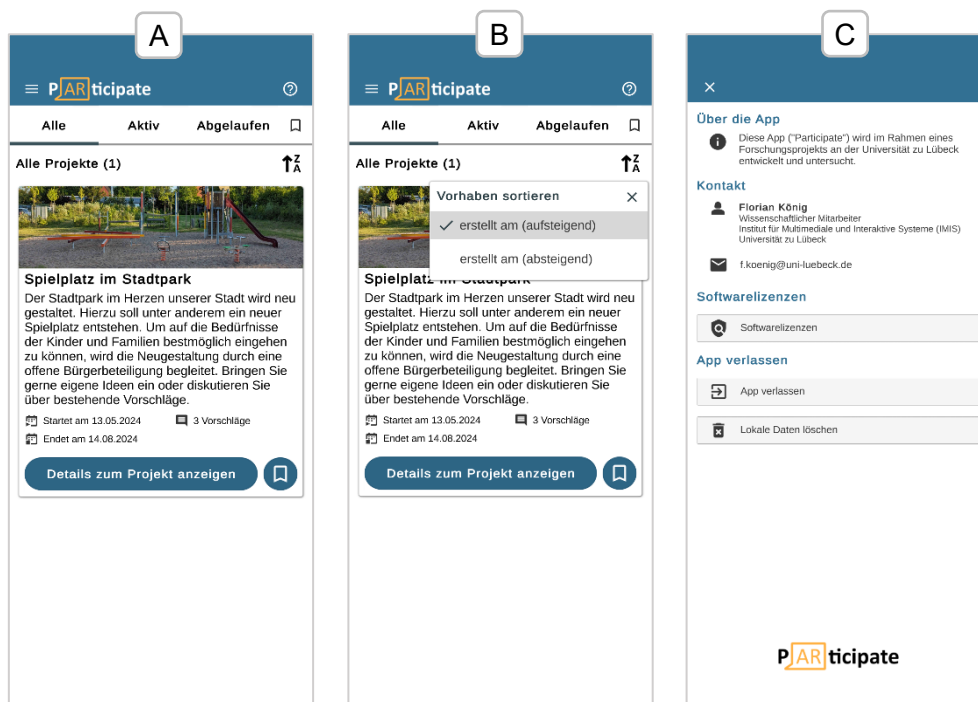


Abbildung 42: Dialogbeispiele: Startseite und Navigationskonzept

Sollte unklar sein, was mit der App gemacht werden kann, kann von der Projektübersicht aus jederzeit über das Fragezeichen-Icon die Einführung in die App aufgerufen werden. Zudem können über ein Hamburger-Menü Informationen zur App (z. B. Softwarerlizenzen, Kontaktdaten) aufgerufen oder alle lokal gespeicherten Daten (z. B. Entwürfe von Vorschlägen und Lesezeichen) gelöscht werden (EF-Löschen).

In der Projektliste wird jedes Projekt als eine Kachel bestehend aus einem Vorschaubild, einem Titel, einer kurzen Beschreibung sowie Informationen zur Laufzeit und zur bisherigen Aktivität im Projekt (hier Anzahl der Vorschläge) dargestellt. Über entsprechende Schaltflächen kann ein Projekt zu den eigenen Lesezeichen hinzugefügt oder zu den Projektdetails navigiert werden. Aufgrund des entsprechenden Feedbacks und der beobachteten Fehlbedienungen in den formativen Evaluationen können die Projektdetails auch durch Tippen auf andere Bereiche der Kachel aufgerufen werden (z. B. auf den Titel; EA-Navigation).

5.6.5 Projektdetails

Gegenüber der ersten Version der Projektdetails wurden die Farben vereinheitlicht und die Kontraste verbessert. In der formativen Evaluation äußerten Teilnehmende den Wunsch nach mehr Informationen zum Projekt. Im Prototyp wurde jedoch bewusst auf zusätzliche Projektdetails (EF-Projektinfos) verzichtet, da diese im Studienkontext eine potenzielle Verzerrung erzeugen könnten. Zwar sind solche Informationen in realen Beteiligungsprozessen essenziell, um Vorschläge im Zusammenhang zu verstehen und fundierte eigene Beiträge zu entwickeln, im Rahmen der Studie lag der Fokus jedoch auf dem Vergleich zweier Beteiligungswerkzeuge. Zusätzliche Informationen hätten nur eingebunden werden können, wenn sie in beiden Werkzeugen gleichwertig verfügbar gewesen wären. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass Effekte der jeweiligen Werkzeuge überlagert würden. Sollte die Bearbeitung der Aufgaben in der Studie dennoch weiterführende Informationen erfordern, könnten diese außerhalb der App in einem neutralen Format bereitgestellt werden.

Die Vorschlagskacheln in der Liste der Vorschläge in den Projektdetails wurde um die Funktion erweitert, bestehende Vorschläge im Editor zu öffnen („im Editor öffnen“; EF-Laden; Abbildung 43). Diese Funktion ist essenziell, um Vorschläge nicht nur neu erstellen, sondern auch weiterentwickeln zu können. Beim Öffnen im Editor wird automatisch eine Kopie des Vorschlags erstellt und als Entwurf gespeichert (KF-16).

5.6.6 Vorschläge und AR-Ansicht

Die AR-Ansicht zum Betrachten und Vergleichen von Vorschlägen wurde von den Farben und dem Layout an die übrigen Seiten der App angepasst (Abbildung 44). Neu sind in diesem Zusammenhang beispielsweise der Zurück-Pfeil und der Seitentitel am oberen Bildschirmrand. Nachdem in der Evaluation mehrfach angemerkt wurde, dass die Navigation durch die App nicht verstanden wurde oder der Zurückpfeil nicht gefunden wurde, soll diese Vereinheitlichung die Navigation erleichtern.

Alternativ zu dem gezeigten Grashintergrund (Abbildung 44) kann für ein Projekt auch ein Lageplan hinterlegt werden (Abbildung 45). Hier können beispielsweise Bäume, Straßen oder die Grund- oder Umrisse von Gebäuden gezeigt werden. Das AR-Modell wird dann auf diesem Lageplan platziert und ergänzt die bestehende Umgebung des Lageplans mit den Elementen der Vorschläge.



Abbildung 43: Dialogbeispiele: Projektdetails

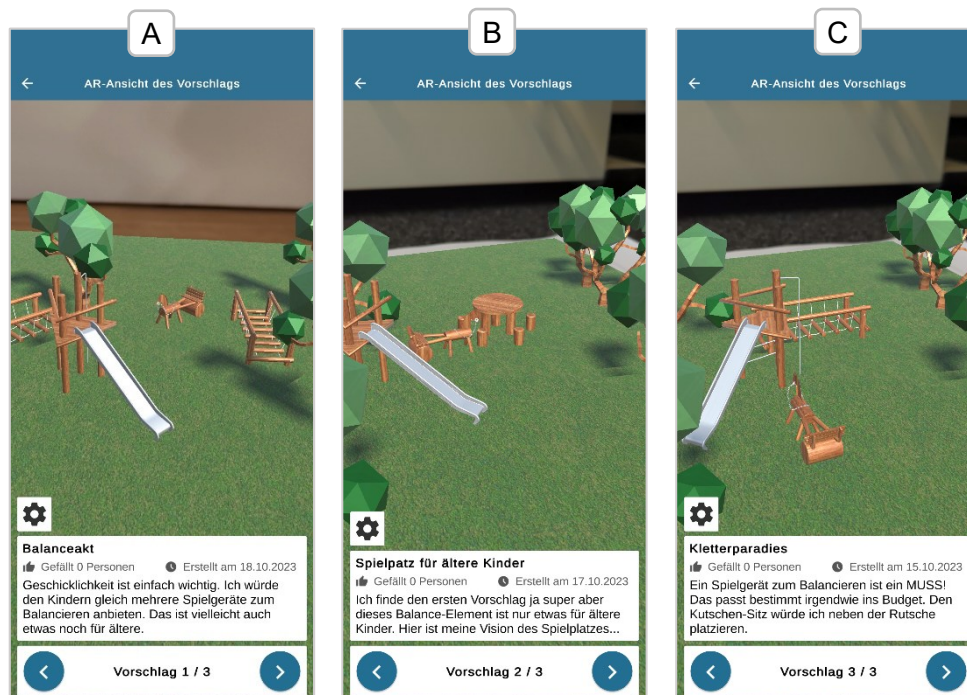


Abbildung 44: Dialogbeispiele: Vorschläge in AR ansehen und vergleichen

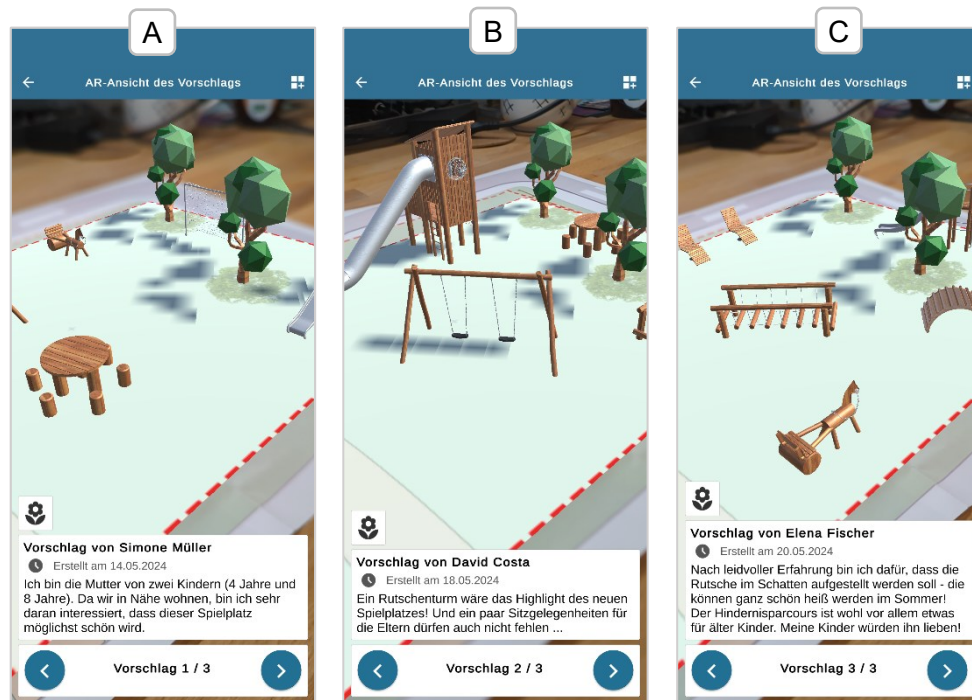


Abbildung 45: Dialogbeispiele: Vorschläge mit Lageplan ansehen

Die Funktion zum Kommentieren von Elementen wurde für die abschließende Laborstudie deaktiviert. Um möglichst ähnliche Bedingungen zu erreichen, sollen Reaktionen in Textform in einem neutralen Medium erfolgen, das für beide Systeme (AR-App und analoges Werkzeug) gleich ist. Geplant ist hierfür die Verwendung einer Webseite (z. B. LimeSurvey). Die Kommentarfunktionen sind im Prototyp nur deaktiviert und können für zukünftige Versionen der App leicht wieder reaktiviert werden.

Die vorgeschlagene Funktion, das Modell in der AR-Ansicht zu drehen oder in der Größe zu verändern („zoomen“), wurde nicht umgesetzt (EF-Interaktion). Zwar könnte diese Funktionalität hilfreich sein, jedoch stellt sie auch eine weitere Quelle für Fehlbedienungen und Fehlinterpretationen (z. B. der Größe im Verhältnis zu einem ausliegenden Plan) dar. Eine frei platzierbare Variante der AR-Ansicht ohne Marker sollte in Zukunft erprobt werden, sie ist jedoch nicht Teil dieser Arbeit.

Der ursprünglich verwendete AR-Marker war ein QR-Code, welcher zugleich auf die Google Play Store Seite der App verwiesen hat. Obwohl diese doppelte Funktion (Verweis zum Download der App und AR-Tracking in der App) praktisch war, hat sich herausgestellt, dass der QR-Code für ein stabiles Tracking ungeeignet ist. Vermutlich sind verschiedene Bereiche des QR-Code-Musters zu ähnlich, um bei ungünstigen Lichtverhältnissen oder unterschiedlichen Neigungswinkeln zuverlässig unterschieden werden zu können. Der AR-Marker wurde überarbeitet und der QR-Code (Abbildung 46, A) durch ein zufälliges Muster mit aufgesetztem Logo ersetzt (Abbildung 46, B). Auf diese Weise soll ein stabileres Tracking ermöglicht werden (EA-Tracking). Die App ist in Bezug auf den Marker rückwärtskompatibel und unterstützt neben dem neuen auch weiterhin den alten Marker.

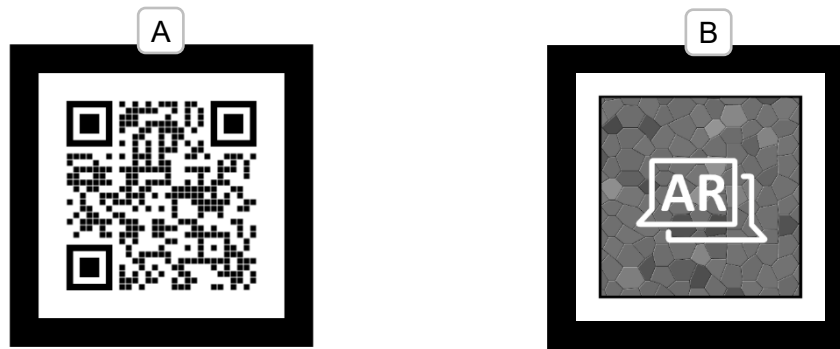


Abbildung 46: alter (A) und neuer (B) AR-Marker

5.6.7 Vorschlag-Editor

Der Vorschlagseditor wurde auf Basis der Ergebnisse der zweiten formativen Evaluation an mehreren Stellen umgestaltet oder mit Funktionen erweitert (EF-Editor). Ein mehrfach genanntes Problem war, dass im Editor nicht ersichtlich sei, wo die Grenze des Spielplatzgeländes ist. Aus diesem Grund wurde eine rote Umrandungslinie eingeführt, die im einfachsten Fall ein Rechteck darstellt, aber auch komplexere Formen annehmen kann (Abbildung 47, A und C). Diese Grenze wird dauerhaft angezeigt, während das Raster weiterhin ein- und ausgeblendet werden kann. Ebenfalls umgesetzt wurde die Anzeige eines Lageplans. Hier wird derselbe Plan angezeigt wie in der AR-Ansicht. Nicht umgesetzt wurde die Kollisionserkennung bei sich überschneidenden Spielplatzelementen. Zwar könnte die Funktion problemlos in den Editor integriert werden, jedoch sollte in der Laborstudie untersucht werden, ob allein die Vorschau in AR das fehlerhafte Platzieren verhindern kann.

Als weitere Neuerung wurden einige neue Spielplatzelemente zum Editor hinzugefügt (EF-Auswahl, Abbildung 47, B). Insgesamt kann für die Gestaltung von Vorschlägen aus zwölf Spielelementen (acht neu), drei Sitzgelegenheiten (zwei neu) sowie einem Fahrradständer (neu) gewählt werden. Damit hat sich die Auswahl fast verdreifacht. Es wurde zudem darauf geachtet, dass bei den meisten Elementen mehrere Alternativen eines Typs zur Auswahl standen (z. B. drei unterschiedliche Rutschen). Die Möglichkeit, weitere Bäume zum Vorschlag hinzuzufügen, wurde nicht umgesetzt.

Im finalen Prototyp wurden verschiedene Probleme im Zusammenhang mit der Texteingabe und der Darstellung von Textfeldern behoben (EA-Textfelder). Die Eingabe von Text ist jetzt direkt im Textfeld möglich (vorher in separatem Eingabefeld) und die Darstellung der Textfelder sowie des enthaltenen Texts wurde entsprechend dem Feedback der zweiten formativen Evaluation verbessert. Zudem wurde die Anzahl der Zeichen für den Titel (200 Zeichen) und die Beschreibung (1000 Zeichen) begrenzt und eine Anzeige der verfügbaren und verwendeten Zeichen unter den Textfeldern ergänzt.

Vorschläge können nun gespeichert und veröffentlicht werden (EF-Speichern, KF-15). Sie werden hierzu lokal und in einer Datenbank auf einem Server gespeichert (TF-7). Nach dem Veröffentlichen werden der Editor sowie die Textfelder für den Titel und die Beschreibung zurückgesetzt und Nutzende

werden auf die Projektübersicht weitergeleitet. Für die Laborstudie wurde das lokale Speichern veröffentlichter Vorschläge deaktiviert und Vorschläge wurden nur auf dem Server gespeichert. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Teilnehmenden nicht durch zuvor erstellte Vorschläge anderer Teilnehmender beeinflusst wurden. Auch Kommentare würden jetzt gespeichert und an den Server gesendet, die Kommentarfunktion wurde jedoch ebenfalls für die Laborstudie deaktiviert.

Die vorgeschlagene Funktion, die Ansicht im Editor kippen zu können, wurde nicht umgesetzt (EF-Interaktion). Da bereits einige Teilnehmende mit der Gestensteuerung beim Platzieren von Spielplatzelementen Probleme hatten, wurde befürchtet, dass dies zusätzliche Verunsicherung hervorrufen könnte. Die Elemente würden zwar weiterhin zweidimensional in einer Ebene verschoben oder rotiert, jedoch wäre diese Ebene dann nicht länger parallel zum Bildschirm. Da weiterhin die Möglichkeit besteht, sich den dreidimensionalen Vorschlagsentwurf in der AR-Vorschau aus verschiedenen Richtungen anzusehen, wurde dies als ausreichend angesehen.

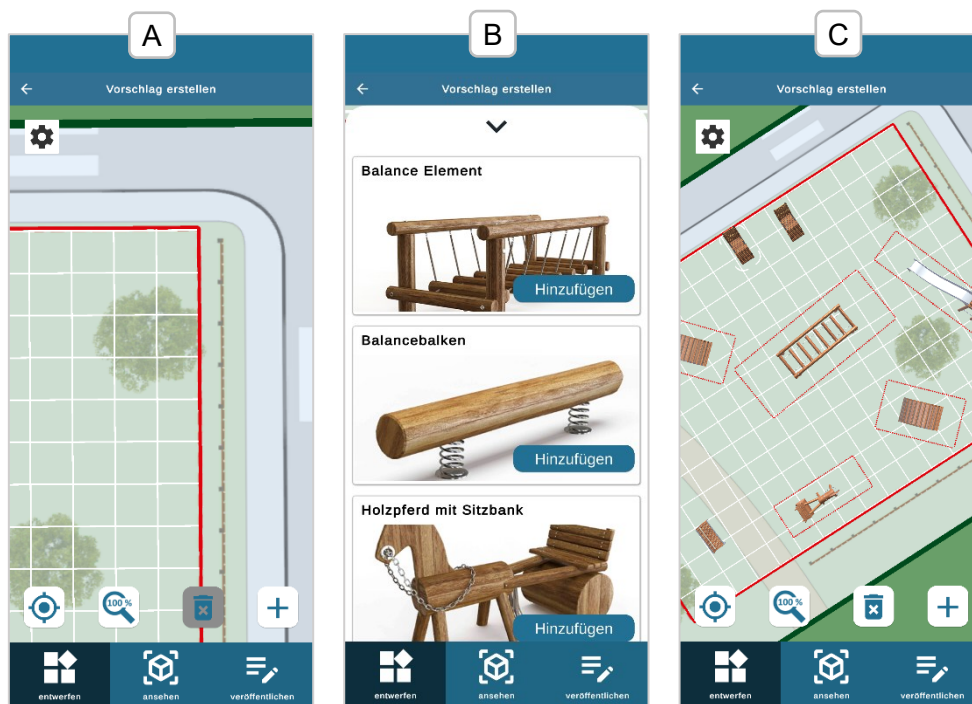


Abbildung 47: Dialogbeispiele: Vorschläge erstellen und weiterentwickeln

6 Summative Evaluation

Nachdem zuvor der finale Prototyp der AR-Anwendung beschrieben wurde (Kapitel 5.6), wird in diesem Kapitel die mit diesem Prototyp durchgeführte Laborstudie vorgestellt. Der finale Prototyp wurde über mehrere Iterationen konzipiert, formativ evaluiert und weiterentwickelt (Kapitel 5.1 bis 5.6), um eine bestmögliche Gebrauchstauglichkeit im Sinne der Anforderungen (Kapitel 2.3) zu erreichen.

Mit der Laborstudie werden zwei zentrale Ziele verfolgt: Erstens wird die Anwendung mit der Zielgruppe (vgl. Kapitel 4.1) hinsichtlich der definierten Aufgaben (vgl. Kapitel 4.1) summativ evaluiert (RQ1). Zweitens wird die AR-Anwendung mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen, um Unterschiede in der Nutzbarkeit und Wirkung auf zentrale Bewertungskriterien zu identifizieren (RQ2).

Die Ergebnisse der Studie dienen zusammen mit den Erkenntnissen der formativen Evaluationen und Literaturrecherche als Grundlage zur anschließenden Beantwortung der eingangs definierten Forschungsfragen (Kapitel 3.1).

Zur Erprobung des Studiendesigns und zur Identifikation potenzieller Probleme wurde eine Vorstudie mit wissenschaftlichen Hilfskräften durchgeführt. Die hierbei erhobenen Daten wurden jedoch nicht für die Auswertung der Studie einbezogen, da die Durchführung unter nicht vollständig vergleichbaren Bedingungen erfolgte (z. B. durch den Austausch über Formulierungen in den Aufgabenstellungen).

6.1 Methodik der Laborstudie

Die Studie wurde als randomisierte kontrollierte Laborstudie (*RCT*) im Zwischen-Gruppen-Design (engl. *between-subjects-Design*) durchgeführt (Döring, 2023, S. 713). Die Teilnehmenden wurden zufällig einer von zwei Gruppen zugewiesen. Die Experimentalgruppe nutzte die AR-App und die Kontrollgruppe arbeitete mit einem analogen Material. Das Setting als Laborstudie ermöglicht es, die Bedingungen für alle Durchläufe kontrollieren und möglichst gleich halten zu können.

Als Beteiligungsszenario wurde ein fiktives, jedoch realitätsnahes Projekt zur Gestaltung eines Spielplatzes in einem Stadtpark gewählt. Auf die Verwendung realer Orte oder Projekte wurde verzichtet, um mögliches individuelles Vorwissen oder extreme Positionen durch persönliche Betroffenheit (z. B. für Nachbarn konkreter Spielplätze) auszuschließen.

In den folgenden Abschnitten werden die Teilnehmenden (Abschnitt 6.1.1), das Setting (Abschnitt 6.1.5), die Instrumente (Abschnitt 6.1.2) und der Ablauf (Abschnitt 6.1.4) der Studie beschrieben.

6.1.1 Teilnehmende

Die Rekrutierung von Studienteilnehmenden erfolgte auf unterschiedlichen Wegen. Zunächst wurde die Studie über das Forum „Studien und Umfragen“ in einem zentralen Moodle-Kurs beworben. Über einen

Link konnten freie Termine ausgewählt und gebucht werden. Auf diesem Weg konnten Studierende für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden. Die Studierenden kamen überwiegend aus den Studiengängen Medieninformatik und Psychologie und konnten für die Teilnahme Versuchspersonenstunden anrechnen lassen. Um neben Studierenden auch weitere Bevölkerungsgruppen zu gewinnen, wurde die Studie auf der lokalen Nachrichten-Webseite HL Live⁷ angekündigt sowie in mehreren Stadtteilen über Aushänge beworben. Die Aushänge mit Informationen zur Studie sowie Abreißzettel mit dem Link zur Terminauswahl wurden in der Stadtbibliothek Lübeck und in einer Lübecker Kita sowie in einem Einkaufszentrum und fünf Supermärkten ausgehängt. Auch hier konnten interessierte Personen über einen Link einen Termin auswählen. Darüber hinaus gaben einzelne Teilnehmende an, in ihrem Umfeld für die Studie werben zu wollen. Auch auf diesem Weg konnten mehrere Teilnehmende rekrutiert werden. Anstatt von Versuchspersonenstunden wurden unter den ersten 30 Teilnehmenden fünf Wunschgutscheine à 20 Euro verlost. Die Verlosung fand durch das manuelle Ziehen von fünf Teilnehmernummern unter Aufsicht einer unbeteiligten Person statt. Alle Teilnehmenden, die sich für die Verlosung angemeldet hatten, erhielten anschließend eine E-Mail mit einem Dank für ihre Teilnahme. Den Teilnehmenden, deren Nummern gezogen wurde, erhielten in derselben E-Mail auch ihren Wunschgutschein.

Die Verlosung diente als zusätzlicher Anreiz zur Teilnahme, insbesondere für Personen, die keine Versuchspersonenstunden erhalten konnten. Gleichzeitig kann nicht ausgeschlossen werden, dass solche Anreize eine gewisse Selbstselektion begünstigen, etwa durch eine bevorzugte Teilnahme besonders engagierter oder durch Belohnung motivierter Personen (vgl. Singer & Couper, 2008). Allerdings ist zu beachten, dass einige Personen die Teilnahme an der Verlosung bewusst abgelehnt haben, was darauf hinweist, dass der Anreiz nicht generell als beeinflussend empfunden wurde.

Insgesamt konnten über die genannten Kommunikationswege 40 Personen rekrutiert werden. Unter den Teilnehmenden waren 19 Studierende der Universität zu Lübeck sowie 21 weitere Teilnehmende aus der Bevölkerung. Von den Teilnehmenden gaben 25 Teilnehmende „weiblich“ als Geschlecht an, 14 Teilnehmende gaben „männlich“ an und eine Person gab „divers“ an. Die Teilnehmenden hatten ein durchschnittliches Alter von 35.95 Jahren, der Median liegt bei 27 Jahren ($SD = 17.88$, Min. = 20, Max. = 75, Abbildung 48). Hierbei sind 70 % der Teilnehmenden jünger als 40 Jahre und 52.5 % jünger als 30 Jahre. Dies ist auf die teilweise Rekrutierung unter Studierenden zurückzuführen. Dem gegenüber stehen einige ältere Teilnehmende: Insgesamt konnten sieben Teilnehmende (17.5 %) über 60 Jahre rekrutiert werden, wobei drei Teilnehmende zum Zeitpunkt der Studie über 70 Jahre alt waren.

Um einen möglichen Technologie-Bias zu vermeiden, wurde in allen Formaten der Studienwerbung darauf geachtet, keine Informationen zum Studiendesign preiszugeben. Die Teilnehmenden wussten somit nicht, dass es sich um eine Vergleichsstudie zwischen einem digitalen und einem analogen Beteiligungswerkzeug handelt. Die Teilnehmenden wurden nach einer zuvor erstellten Liste zufällig auf die

⁷ <https://www.hl-live.de>

Experimental- (EG) und Kontrollgruppe (KG) aufgeteilt, sodass jeweils 20 Teilnehmende in jeder Gruppe waren. Da nicht zu jeder Zeit klar war, wie viele Teilnehmende noch für die Studie rekrutiert werden würden, wurde gegen Ende der Studie in zwei Fällen von der Liste abgewichen, um eine Gleichverteilung auf die Gruppen sicherzustellen.

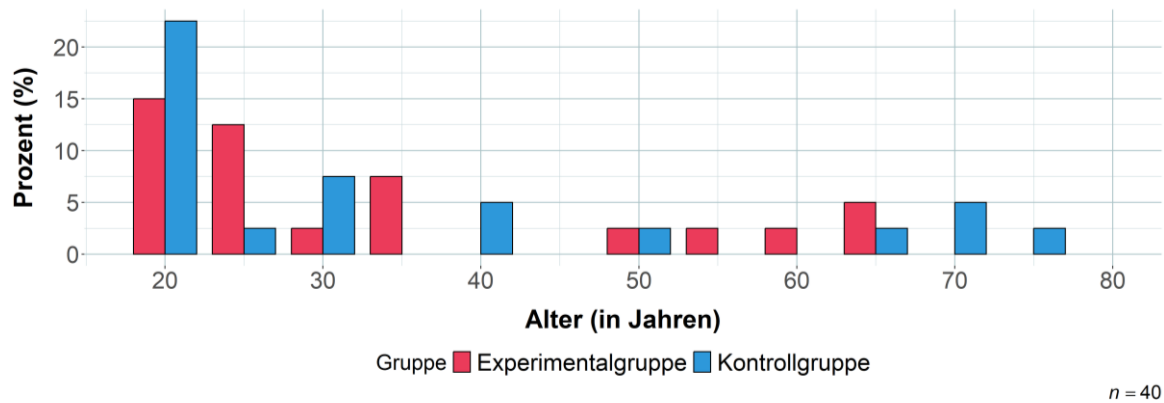


Abbildung 48: Altersverteilung in Experimental- und Kontrollgruppe (Balken = 5 Jahre)

Die Technikaffinität (vgl. Abschnitt 6.1.2) der Teilnehmenden ist insgesamt mit einem Mittelwert von 3.66 ($SD = 1.03$, Min. = 1.00, Max. = 5.75) vergleichbar mit der einer deutschen Quotenstichprobe aber deutlich geringer als die von Studierenden der Medieninformatik (siehe Tabelle 23). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der ATI-Skala wurde Cronbachs Alpha berechnet. Der Wert ($\alpha = .85$) weist auf eine gute interne Konsistenz hin (Bühner, 2021, S. 598, 640).

Hinsichtlich der Beteiligungserfahrung wurde abgefragt, wie häufig sich die Teilnehmenden bisher beteiligt haben, wie lange die letzte Beteiligung her ist und in welcher Form sie sich beteiligt haben („informieren“, „beitragen“ oder „initiiieren“). Insgesamt haben sich fast zwei Drittel der Teilnehmenden (65 %) bereits beteiligt. Hierbei haben sich 20 % in den letzten sechs Monaten beteiligt, 17.5 % in den letzten sechs bis zwölf Monaten und 27.5 % vor mehr als zwölf Monaten. Hinsichtlich der Beteiligungsformen, an denen sich beteiligt wurde („informieren“, „beitragen“ und „initiiieren“) haben sich 14 Teilnehmende (35 %) noch in keiner dieser Formen beteiligt. 26 Teilnehmende (65 %) haben sich mindestens in einer Form beteiligt und sieben Teilnehmende (17.5 %) haben sich in allen Formen beteiligt. Hierbei haben sich 65 % der Teilnehmenden bereits informiert (40 % mehrfach), 37.5 % bereits aktiv beigetragen (12.5 % mehrfach) und 17.5 % haben schon einmal Beteiligung initiiert (2.5 % mehrfach).

Stichprobe	Mittelwert	SD	Min.	Max.
Laborstudie	3.66	1.03	1.00	5.75
Studierende der Medieninformatik (Wessel et al., 2020)	4.64	0.58	3.33	5.78
Deutsche Quotenstichprobe (Franke et al., 2019)	3.61	1.08	1.00	5.89

Tabelle 23: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe

6.1.2 Instrumente

In diesem Abschnitt werden die für die Studie verwendeten Fragebögen und Messmethoden vorgestellt und im Kontext der Studie eingeordnet.

Zeiterfassung über LimeSurvey: Für die einzelnen Aufgaben wurde die von den Teilnehmenden benötigte Zeit erfasst. Die Zeitmessung für eine Aufgabe beginnt mit dem Öffnen der Aufgabenstellung und endet mit dem Wechsel zur nächsten Aufgabe. Jede Aufgabe ist in LimeSurvey auf zwei Seiten dargestellt. Auf der ersten Seite wird jeweils die Aufgabenstellung beschrieben und notwendige Informationen bereitgestellt. Die zweite Seite beinhaltet Fragen zur jeweiligen Aufgabe (z. B. inhaltliche Fragen und eine Einschätzung der Schwierigkeit der Aufgabe).

ATI-Skala (Kurzversion): Die Technikaffinität einer Person beschreibt, wie gerne diese sich aktiv mit Technologie beschäftigt („tendency to actively engage in intensive technology interaction“; Franke et al., 2019). Zur Erfassung der Technikaffinität wird die Kurzversion der ATI-Skala verwendet (Wessel et al., 2019; Anhang F.1). Diese verwendet lediglich vier Items, erzielt jedoch eine ähnliche Verteilung wie die volle 9-Item-Skala. Die Technikaffinität kann dabei helfen, die Stichprobe einzuschätzen. Zum einen kann überprüft werden, ob Experimental- und Kontrollgruppe eine ähnliche Verteilung aufweisen. Zum anderen können der Mittelwert und die Verteilung mit einer deutschen Quotenstichprobe verglichen werden. Zudem kann auf mögliche Korrelationen zwischen der individuellen Technikaffinität und Angaben und Ergebnissen in der Studie geprüft werden. Ideal ist zum einen eine ähnliche Verteilung und durchschnittliche Technikaffinität im Vergleich beider Gruppen und zum anderen in beiden Gruppen eine ähnliche Normalverteilung um den Durchschnitt einer Quotenstichprobe für Deutschland.

Visual Aesthetics of Websites Inventory (VisAWI; Kurzversion): Der VisAWI wurde ursprünglich zur Messung des subjektiven Eindrucks der visuellen Ästhetik von Webseiten als Fragebogen mit 18 Items entwickelt (Moshagen & Thielsch, 2010). Hierbei werden die vier Facetten der visuellen Ästhetik Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit gemessen. Die Übertragbarkeit des VisAWI auf andere Interfaces (nicht Webseiten) wurde bereits von den Autoren vorgeschlagen (Moshagen & Thielsch, 2013). Für diese Studie wurde die Kurzsкала mit vier Items (VisAWI-S) im deutschen Original verwendet (Moshagen & Thielsch, 2013; Anhang F.3). Die Kurzversion erlaubt keine Auswertung der einzelnen Facetten. Stattdessen ergibt sich ein Mittelwert, welcher die generelle Ästhetik beschreibt (Moshagen & Thielsch, 2013). Das erste Item wurde leicht angepasst, um auf die verwendeten Medien (App bzw. analoges Material) zu passen. Im Original wird hier von „der Seite“ gesprochen. Es konnte eine Korrelation zwischen dem VisAWI-Wert und der Intention, die Webseite wiederholt zu verwenden, nachgewiesen werden (Moshagen & Thielsch, 2013). Der VisAWI-S misst die einzelnen Facetten auf einer 7-Punkte-Likert-Skala, woraus sich ein minimaler Wert von 1 (am schlechtesten) und ein maximaler Wert von 7 (am besten) ergibt. Für die Auswertung wird jeweils der Mittelwert über die vier Facetten betrachtet.

System Usability Scale (SUS): Die System Usability Scale (SUS) wird eingesetzt, um die subjektive Gebrauchstauglichkeit zu erfassen (Brooke, 1996). Für diese Studie wurde die deutsche Übersetzung des Fragebogens verwendet (Gao et al., 2020; Anhang F.2). Der SUS ist ausdrücklich für den Einsatz in unterschiedlichen Kontexten geeignet (Brooke, 1996) und die Items beziehen sich bis auf das vierte Item („Hilfe einer technisch versierten Person“) nicht explizit auf ein technisches System. Daher wurde die Skala eingesetzt, um mithilfe der zehn Items die subjektive Gebrauchstauglichkeit der App und des papierbasierten Äquivalents zu messen. Für eine bessere Verständlichkeit der Items des Fragebogens wurde der allgemeine Begriff „Produkt“ an das jeweilige Werkzeug (EG: „App“; KG: „Beteiligungsmaterial“) angepasst. Studien haben gezeigt, dass diese Art von Anpassungen keinen Einfluss auf die Bewertung haben (Lewis & Sauro, 2018). Aufgrund dieser Anpassung und da die Teilnehmenden jeweils nur ein Werkzeug bewertet haben, ist ein direkter Vergleich zwischen den Gruppen nur eingeschränkt möglich. Ein Vergleich der App mit früheren Versionen (formative Evaluation) ist möglich (vgl. Kapitel 5.3 und 5.4.3). Für eine gute Bewertung der Gebrauchstauglichkeit muss demnach auf der Skala von 0 (am schlechtesten) bis 100 (am besten) mindestens ein Wert von 71.4 erreicht werden.

NASA-Task-Load-Index (NASA-TLX): Der NASA-Task-Load-Index (NASA-TLX) wird verwendet, um die subjektive Arbeitsbelastung einer Person in Bezug auf eine Aufgabe zu erfassen (Hart, 2006; Hart & Staveland, 1988). Für diese Studie wurde eine deutsche Übersetzung des Fragebogens verwendet (Interaction Design Group, 2016; Anhang F.4). Der Fragebogen wird eingesetzt, um die subjektiv empfundene Belastung bei der Nutzung der App- bzw. Papier-Version vergleichen zu können. Hierzu werden sechs Items zu den Bereichen geistige Anforderung, körperliche Anforderung, zeitliche Anforderung, Leistung, Anstrengung und Frustration auf einer Skala von 0 bis 20 bewertet. Ein kleiner Wert steht hierbei für eine geringe Belastung (bzw. eine gute Leistung) und ein hoher Wert für eine hohe Belastung (bzw. eine schlechte Leistung).

Diskursanalyse (DQI): Um die Qualität politischer Diskurse messbar zu machen, wurde auf Grundlage der Diskursethik nach Habermas (Habermas, 1991) der Discourse Quality Index (DQI) entwickelt (Steenbergen et al., 2003). Die Diskursqualität wird darin anhand von fünf Kriterien erfasst: dem Begründungsniveau, dem Inhalt von Begründungen, dem Respekt gegenüber betroffenen Gruppen, dem Respekt gegenüber Kommunikationspartnern sowie dem Umgang mit Gegenargumenten bzw. der „Gesprächsführung“ (Schünemann & Steiger, 2019; Steenbergen et al., 2003). Die möglichen Ausprägungen der Kriterien und die zugehörige Punktevergabe sind im Anhang F.5 dargestellt. Insgesamt können maximal zwölf Punkte erreicht werden.

Da in der Literatur keine klaren Referenzwerte zur Einordnung von DQI-Ergebnissen angegeben werden, wurden exemplarisch Studien der Autoren herangezogen, in denen der Index praktisch eingesetzt wurde. So wenden Schünemann & Steiger (2019) den DQI in insgesamt 14 Studien an. Im Mittel über diese Studien ergibt sich ein DQI-Wert von 3.87 bei einer Standardabweichung von 0.24 (Min. = 3.50,

Max. = 4.23). Im praktischen Einsatz der Skala sind daher deutlich geringere Werte zu erwarten als der theoretisch erreichbare Maximalwert von 12 Punkten.

Gemäß dem Fokus dieser Arbeit wurde vor allem der Einfluss von Augmented Reality auf den Diskurs untersucht. Hierbei wurde angenommen, dass der Einsatz von Augmented Reality als Visualisierungs- und Kommunikationsmedium einen positiven Effekt auf die Aspekte *Begründungsniveau* und *Begründungsinhalt* hat.

Da die Teilnehmenden die Studie jeweils einzeln durchliefen, kam es zu keiner realen Gesprächssituation. Um dennoch fremde Argumente und Positionen einzubringen, wurden in der vierten Aufgabe (vgl. Abschnitt 6.1.3) fiktive Kommentare vorgegeben. Auf diese konnten die Teilnehmenden mit eigenen Vorschlagsdesigns und entsprechenden Begründungen reagieren.

Für die DQI-Kriterien *Respekt gegenüber Gruppen*, *Respekt gegenüber Gegenargumenten* sowie *konstruktive Gesprächsführung* wurde kein Effekt erwartet, da angenommen wurden, dass diese Aspekte weniger direkt von der visuellen Darstellung eines Vorschlags abhängen. Begründungsniveau und Begründungsinhalt hingegen lassen sich unmittelbar durch die Gestaltung des sichtbaren Spielplatzentwurfs beeinflussen. Da im Studiendesign keine über die einmalige Reaktion hinausgehende Interaktion vorgesehen war, wurde der Aspekt *konstruktive Gesprächsführung* nicht berücksichtigt.

Beteiligungserfahrung: Zu Erfassung der bisherigen Beteiligungserfahrung sollten die Teilnehmenden für die drei Formen (informieren, beitragen und initiieren) angeben, wie häufig sie sich in dieser Form beteiligt haben („Wie oft haben Sie bisher an Bürgerbeteiligung teilgenommen?“) und wann die sich in dieser Form beteiligt haben („Sie haben angegeben, dass Sie bereits Angebote der Bürgerbeteiligung wahrgenommen haben. Wann war das zuletzt?“). Für die Häufigkeit konnte aus den Antwortoptionen „noch nicht“, „einmal“ und „mehrfach“ gewählt werden und für den Zeitpunkt aus „vor mehr als 12 Monaten“, „in den letzten 12 Monaten“ und „in den letzten 6 Monaten“. Die Häufigkeit der Beteiligung in den drei Formen wurde jeweils nur abgefragt, sofern zuvor angegeben wurde, sich einmal oder mehrfach in dieser Form beteiligt zu haben.

Beteiligungsbereitschaft: Die Beteiligungsbereitschaft wurde getrennt für die drei Beteiligungsformen (informieren, beitragen und initiieren) erfasst. Die Teilnehmenden konnten auf einer 6-Punkte-Skala angeben, wie wahrscheinlich sie sich in der jeweiligen Form beteiligen würden (1 = „sehr unwahrscheinlich“ bis 6 = „sehr wahrscheinlich“). Die Erhebung erfolgte zweimal: zunächst zu Beginn der Studie als allgemeine Einschätzung und zur Überprüfung der Gruppenvergleichbarkeit, sowie erneut am Ende der Studie im Zusammenhang mit dem verwendeten Beteiligungswerkzeug. In der Nachbefragung wurden die Teilnehmenden zudem gebeten, zusätzlich zur Einschätzung mit dem genutzten Werkzeug auch anzugeben, wie wahrscheinlich sie sich mit einem anderen, nicht näher beschriebenen Beteiligungswerkzeug beteiligen würden.

Bezug zum Thema (Spielplatzgestaltung): Der Bezug der Teilnehmenden zum Thema (Spielplatzgestaltung) wurde über die Variablen Interesse an den Themen Spielplatzgestaltung und Stadtplanung sowie die Relevanz des Themas Spielplätze abgefragt. Für die Bewertung des Interesses wurde auf einer 6-Punkte-Skala (1 = „ich stimme gar nicht zu“ bis 6 = „ich stimme völlig zu“) die Zustimmung zu den Aussagen „ich finde die Gestaltung von Spielplätzen interessant“ und „ich finde die Stadtplanung in meiner Stadt interessant“ angegeben. Zur Bewertung der Relevanz des Themas wurden die Teilnehmenden gefragt: „Nutzen Sie aktuell Spielplätze mit eigenen oder fremden Kindern (z. B. auch Enkel, Geschwister oder Tageskinder) oder war dies in der Vergangenheit der Fall?“. Die Antwortoptionen waren „nein, noch nie“, „ja, in der Vergangenheit“ und „ja, aktuell“.

Schätzfähigkeit: Um die Schätzfähigkeit der Teilnehmenden unabhängig vom in der Studie verwendeten Werkzeug beurteilen zu können (Überprüfung der Randomisierung), wurden die Teilnehmenden befragt, wie weit ein im Raum aufgestellter Papierpinguin (Abbildung 49) entfernt ist („Bitte sehen sie sich im Raum nach dem abgebildeten Objekt um (ohne aufzustehen). Was schätzen Sie, wie weit das Objekt von Ihnen entfernt ist?“) und wie groß dieser eingeschätzt wird („Bitte sehen sie sich im Raum nach dem abgebildeten Objekt um (ohne aufzustehen). Was schätzen Sie, wie groß ist das Objekt (Höhe und Breite)?“). Die Angabe der Entfernung erfolgte in Metern, die der Höhe und Breite in Zentimetern. Der Pinguin hat eine Breite von 12,8 cm (Flügel zu Flügel) und eine Höhe von 19,5 cm. Er wurde auf einem Sideboard in einer Entfernung von 4,5 Metern zum Mittelpunkt des Laptops aufgestellt, an dem die Teilnehmenden die Befragung bearbeitet haben. Aus dem direkten Umfeld des Pinguins wurden alle Objekte entfernt, die bei der Schätzung der Größe unterstützt hätten (z. B. genormtes A4-Papier).



Abbildung 49: Pinguin als Schätzobjekt

Einschätzung der Aufgaben: Um zu erheben, wie die Teilnehmenden die einzelnen Aufgaben und ihre jeweilige Lösung einschätzen, wurde die Zustimmung zu vier Aussagen bewertet: „Ich konnte die Aufgabe gut lösen“ (Lösbarkeit), „Ich konnte mir den Spielplatz gut vorstellen“ (Vorstellbarkeit), „Die Aufgabe hat mir gefallen“ (Gefallen) und „Ich bin mit meiner Lösung der Aufgabe zufrieden“ (Zufriedenheit). Die Bewertung erfolgte nach jeder Aufgabe auf einer 6-Punkte-Likert-Skala. Zusätzlich wurde für

die Aufgaben 3 und 4 die wahrgenommene Schwierigkeit einzelner Teilschritte (Beschreiben oder Weiterentwickeln von Vorschlägen) auf einer 7-Punkte-Likert-Skala erfasst. Ein hoher Wert ist in beiden Fällen positiv zu interpretieren (z. B. gute Vorstellbarkeit).

Die Aussagen wurden inhaltlich auf Basis zentraler Konzepte der Aufgabenbewertung und Usability-Forschung entwickelt. Die Items zu Lösbarkeit und Gefallen beziehen sich direkt auf die Aufgabenstellung und sollen mögliche Unterschiede in der subjektiven Schwierigkeit und Attraktivität der einzelnen Aufgaben erfassen – unabhängig vom eingesetzten Werkzeug. Die Aussage zur Vorstellbarkeit adressiert hingegen die Unterstützung durch das jeweilige Werkzeug, insbesondere im Hinblick auf die mentale Repräsentation der betrachteten Vorschläge. Das Item zur Zufriedenheit orientiert sich an der entsprechenden Dimension des NASA Task Load Index (Hart, 2006; Hart & Staveland, 1988), wurde jedoch auf die Ebene einzelner Aufgaben angepasst, um eine differenzierte Erfassung zu ermöglichen.

Realitätsbezug der Beteiligung: Da für die Studie ein fiktives Beteiligungsverfahren genutzt wurde, wurden die Teilnehmenden gefragt, wie realistisch die Beteiligung und die Methode wahrgenommen wurden. Hierzu wurde im Rahmen der Nachbefragung erhoben, wie gut die Auswahl und Vielfalt der Spielplatzelemente für die Bearbeitung der Aufgabe geeignet waren und inwieweit diese ein als realistische wahrgenommenes Beteiligungsverfahren darstellen. Die Einschätzung erfolgte über die Angabe der Zustimmung auf einer 6-Punkte-Likert-Skala, wobei alle Aussagen positiv formuliert waren (der Wert 6 ist die bestmögliche Antwort).

Die Augmented-Reality-Beteiligungsapp „Participate“: Die über mehrere Iterationen entwickelte Beteiligungsapp Participate erlaubt es Nutzenden, sich über Beteiligungsprojekte zu informieren und sich mit eigenen Vorschlägen daran zu beteiligen. Kernelemente der App sind ein Vorschlagseditor sowie eine AR-Ansicht. Eigene und fremde Vorschläge werden hierbei mithilfe eines AR-Markers in einen physischen Lageplan eingesetzt und erweitern diesen mit virtuellen 3D-Elementen. Die App ist derzeit für das Smartphone-Betriebssystem Android verfügbar; eine spätere Veröffentlichung für Apples iOS ist geplant. Für die Studie wird die App auf einem Android-Smartphone vorinstalliert. In allen Durchläufen wird dasselbe Smartphone an die Teilnehmenden ausgegeben, um Unterschiede zwischen den Durchläufen zu minimieren. Die Smartphone-App wurde von den Teilnehmenden in der Experimentalgruppe verwendet.

Analoges Beteiligungsmaterial: Als analoges Gegenstück zur Smartphone-App wurden Spielgeräte und weitere Spielplatzelemente (z. B. Bänke) auf durchsichtige Folien gedruckt und den Teilnehmenden in der Kontrollgruppe zur Verfügung gestellt. Die Elemente wurden vor Studienbeginn an einem Whiteboard befestigt, waren jedoch zunächst nicht von den Teilnehmenden einsehbar. Ab der zweiten Aufgabe wurde das Whiteboard umgedreht und die Teilnehmenden konnten die Elemente für ihre Entwürfe verwenden (Abbildung 50). Die Auswahl der Spielgeräte ist identisch mit den in der App verfügbaren Elementen. Jedes Element war mehrfach verfügbar, im Gegensatz zur App-Version war die Anzahl jedoch durch die physische Verfügbarkeit begrenzt.



Abbildung 50: Die 16 Spielplatzelemente zur Platzierung auf dem Lageplan

6.1.3 Aufgaben

Die Teilnehmenden sollten in der Studie vier Aufgaben mit mehreren Unteraufgaben oder Anforderungen bearbeiten. Die Aufgaben wurden so gestellt, dass die Teilnehmenden die App für möglichst verschiedene Aspekte und für alle eingangs benannten Beteiligungsformen (informieren, beitragen und weiterentwickeln) nutzen würden.

In der ersten Aufgabe wurden die Teilnehmenden an das jeweils verwendete Beteiligungswerkzeug (AR-App bzw. analoge Materialien) herangeführt, indem sie sich drei verschiedene Vorschläge angesehen haben und im Anschluss Fragen dazu beantwortet haben. Hierbei ging es auch darum herauszufinden, welche Informationen gut oder schlecht aus den beiden unterschiedlichen Medien abgelesen werden können.

In der zweiten Aufgabe sollten die Teilnehmenden einen eigenen Vorschlag erstellen. Hierzu wurden Vorgaben zu den Rahmenbedingungen gemacht, an die sich die Teilnehmenden bei ihren Vorschlägen halten sollten. Der Spielplatz sollte demnach für verschiedene Altersgruppen nutzbar sein, gute Sitzgelegenheiten bieten, die Sicherheit gewährleisten, ansprechend gestaltet sein und mindestens 50 % der Fläche für freies Spielen freihalten.

Bei der dritten Aufgabe ging es darum, einen vorgegebenen Vorschlag zu beschreiben und positive sowie negative Aspekte zu benennen. Ziel war es hier vor allem, herauszufinden, welche Aspekte eines Vorschlags mit dem jeweiligen Medium erkennbar und nachvollziehbar gemacht werden können.

In der vierten und letzten Aufgabe sollte erneut ein Vorschlag zum Beteiligungsprojekt gestaltet werden. Anders als in der zweiten Aufgabe ging es hier jedoch darum, einen bestehenden Vorschlag auf Basis von Nutzerkommentaren weiterzuentwickeln. Hierzu wurden neben einem Vorschlag auch Kommen-

tare mit Anmerkungen zum Vorschlag vorgegeben. In den bereitgestellten Kommentaren forderten fiktive Kommentatoren, die große Rutsche beizubehalten, für ausreichend Schatten zu sorgen, den Spielplatz auch für ältere Kinder attraktiv zu gestalten und eine Fläche zwischen den Bäumen freizuhalten (z. B. für eine Slackline).

6.1.4 Ablauf

Die Teilnehmenden nutzten ein Beteiligungswerkzeug, um sich über mögliche Gestaltungslösungen (nachfolgend Vorschläge genannt) im Beteiligungsprojekt zu informieren, um eigene Vorschläge zu entwerfen und um bestehende Vorschläge weiterzuentwickeln. Die Teilnehmenden in der Experimentalgruppe (EG) verwendeten hierbei die AR-Smartphone-App, während die Teilnehmenden in der Kontrollgruppe (KG) analoges papierbasiertes Beteiligungsmaterial verwendeten.

Die Teilnehmenden nahmen einzeln an der Studie teil, um Effekte einer gegenseitigen Beeinflussung zu vermeiden, wie dies in Gruppen zu erwarten wäre. Zudem wurden die Teilnehmenden mithilfe einer LimeSurvey-Umfrage durch die Studie geführt, um alle Durchläufe möglichst ähnlich zu halten. In der Umfrage wurden sowohl Fragen als auch Aufgabenstellungen präsentiert (Abschnitt 6.1.3). Es gab zwei Versionen der Umfrage für die beiden Gruppen, die sich in einzelnen Formulierungen unterschieden, um zum verwendeten Beteiligungswerkzeug zu passen (z. B. „App“ in der Experimentalgruppe und „Beteiligungsmaterial“ in der Kontrollgruppe). Die Studie ist in sechs Abschnitte gegliedert (siehe Abbildung 51).

Im ersten Abschnitt erfolgte eine Vorbefragung zu soziodemografischen Daten, der Beteiligungserfahrung und der initialen Beteiligungsbereitschaft. Zudem wurden hier zwei Schätzaufgaben gestellt, um eine Vergleichsbasis für individuelle Unterschiede bei der Fähigkeit, Größen und Abstände im Raum einschätzen, zu erhalten. In den darauffolgenden vier Abschnitten (zwei bis fünf) wurden den Teilnehmenden jeweils Aufgaben zum Beteiligungsprojekt sowie im Anschluss Fragen zur jeweiligen Aufgabe gestellt. Jede Aufgabe hatte hierbei einen anderen Schwerpunkt (Abbildung 51).

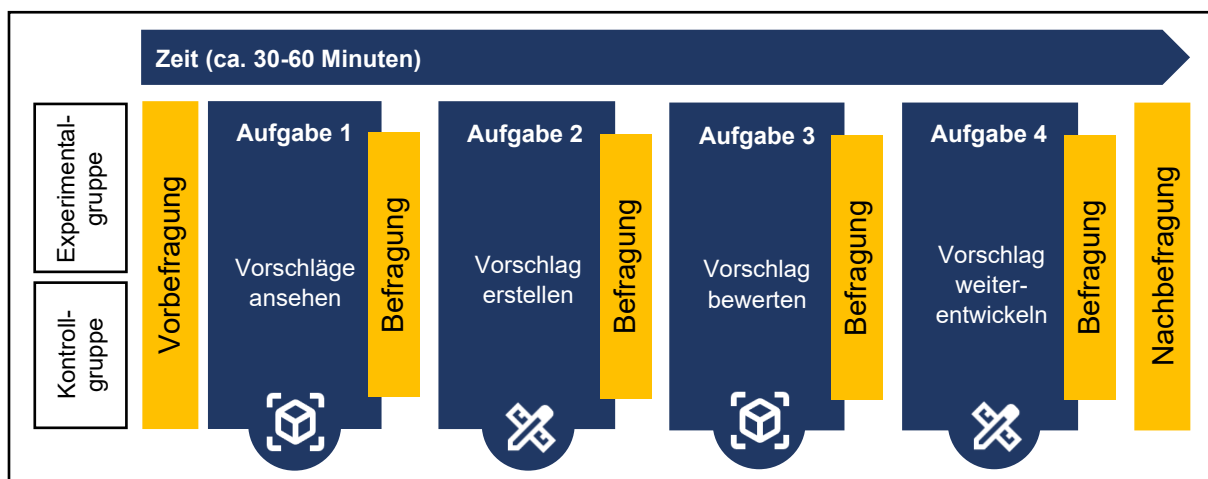


Abbildung 51: Überblick zum Ablauf der Studie

Nach jeder der vier Aufgaben wurde zudem gefragt, wie gut die Aufgabe gelöst werden konnte, wie gut sich der Vorschlag vorgestellt werden konnte, wie gut die Aufgabe gefallen hat und wie zufrieden die Teilnehmenden mit ihrem Vorschlag waren.

In der Nachbefragung wurden Informationen zum verwendeten Beteiligungswerkzeug, zum vorgegebenen Beteiligungsszenario sowie zum Beteiligungsthema abgefragt. Zudem wurden die Teilnehmenden gefragt, wie sie die visuelle Ästhetik und Gebrauchstauglichkeit des verwendeten Werkzeugs sowie die empfundene Belastung bei der Bearbeitung der Aufgaben einschätzen. Sie konnten außerdem positive und negative Aspekte des verwendeten Werkzeugs benennen.

Darüber hinaus wurde die Beteiligungsbereitschaft erneut erfasst, um den potenziellen Einfluss des eingesetzten Werkzeugs zu untersuchen. Dabei wurden die Teilnehmenden gebeten, getrennt für alle drei Beteiligungsformen (informieren, beitragen, initiieren) anzugeben, wie wahrscheinlich sie sich mit dem verwendeten Beteiligungswerkzeug beteiligen würden. Zusätzlich sollten sie einschätzen, wie hoch ihre Bereitschaft zur Beteiligung mit einem anderen, nicht näher beschriebenen Werkzeug wäre.

Die Teilnehmenden wurden auch gefragt, ob sie bereits mit Augmented Reality gearbeitet haben und falls ja, wie lange die Nutzung zurückliegt und welche Anwendungen genutzt wurden. Diese Fragen wurden ans Ende der Befragung gestellt, um die Teilnehmenden bei den Aufgaben nicht zu beeinflussen. Zum Abschluss der Studie hatten die Teilnehmenden noch die Gelegenheit, bisher nicht gefragte oder genannte Punkte anzusprechen.

Während der Studie wurden zudem weitere Daten erhoben. Zum einen wurden die Teilnehmenden sowie die Versuchsleitung mit kabellosen Ansteckmikrofonen ausgestattet, um Antworten und eventuelle Hinweise und Hilfestellungen im Nachgang nachvollziehen zu können.

Zudem wurden die von den Teilnehmenden erstellen und weiterentwickelten Vorschläge gespeichert. Für die Experimentalgruppe erfolgte dies automatisch durch das Speichern der Vorschläge als Bilddatei, für die Kontrollgruppe wurden die Vorschläge fotografiert. Für die Experimentalgruppe wurden zudem Logdateien zu wichtigen Ereignissen gespeichert. Zu den aufgezeichneten Ereignissen zählen beispielsweise das Öffnen einer Seite in der App (Einführung, Startseite, Projektdetails, AR-Ansicht, Editor) oder Ereignisse beim Bearbeiten eines Vorschlags (Hinzufügen, Verschieben, Drehen, Löschen, Veröffentlichlichen).

Über LimeSurvey kann die für die einzelnen Aufgaben benötigte Zeit nachvollzogen werden. Zu diesem Zweck speichert LimeSurvey die Zeit, die auf den einzelnen Seiten der Umfrage verbracht wurde, und gibt diese zusammen mit den Ergebnissen der Umfrage aus.

6.1.5 Setting

In diesem Abschnitt werden die für die Studie verwendeten Materialien sowie das Studiensetting vorgestellt und in den Kontext der Studie eingeordnet.

Die Studie wurde in den Räumen des Joint eGov and Open Data Innovation Lab (JIL) an der Universität zu Lübeck durchgeführt (Abbildung 52). Die Teilnehmenden kamen einzeln zur vereinbarten Zeit ins JIL und wurden in einen Raum geführt, in dem die Studie stattfand. Der Raum wurde mit zwei Tischen (Proband und Versuchsleitung) sowie einem Rollcontainer mit einem Lageplan des Beteiligungsprojekts und einem Whiteboard zur Befestigung von Beteiligungsmaterialien ausgestattet.



Abbildung 52: Studienaufbau im JIL

Zur Bearbeitung der Aufgaben und Fragen wurde den Teilnehmenden ein Windows Laptop der Marke DELL zur Verfügung gestellt (Abbildung 52, rechts). Auf dem Laptop wird im Webbrowser eine Umfrage in LimeSurvey geöffnet, welche die Teilnehmenden durch die Datenschutz- und Studieninformationen, die Vorbefragung, die vier Aufgaben sowie die Nachbefragung führt. Für die leichtere Bedienbarkeit stand eine externe Maus zur Verfügung. Durch die Verwendung der Umfrage zur Präsentation der Aufgabenstellungen und Informationen zu den Aufgaben soll die Vergleichbarkeit zwischen den Durchläufen verbessert werden. Der eingerichtete Arbeitsplatz soll zudem sicherstellen, dass die Teilnehmenden alle an derselben Position sitzen, wenn sie die Schätzaufgaben im Raum bearbeiten.

Als Ausgangspunkt der Beteiligung in der Studie fungierte ein fiktiver Stadtpark, in dem ein neuer Spielplatz gestaltet werden soll (Abbildung 53, links). Der Stadtpark wurde als Ausdruck (im Format DIN A2) als Lageplan zur Verfügung gestellt. Der Plan wurde als AR-Marker für die Smartphone-App (EG) sowie zum Platzieren der analogen Elemente (KG) verwendet. Der Lageplan zeigt einen rot umrandeten Kernbereich (im Format DIN A3), der als Gestaltungsfläche für das Beteiligungsprojekt dient. Durch den Kernbereich führt ein Fußgängerweg. Darüber hinaus befinden sich im Park sechs Bäume und zu zwei Seiten ein begrenzender Holzzaun. Auf zwei Seiten wird der Park von Straßen mit Zebrastrifen gesäumt. In einer früheren Version war der Plan zudem mit einer Legende, einem Maßstab und einem Kompass mit Nordpfeil ausgestattet. Diese Elemente wurden jedoch für die Studie entfernt, um

die Teilnehmenden auf die Spielplatzelemente und den Lageplan zu beschränken. Dies soll dabei unterstützen, Unterschiede zwischen den Gruppen auf die Darstellungsform zurückführen zu können. Wären diese Elemente auf dem in beiden Gruppen ausliegenden Plan abgedruckt, könnten beispielsweise Größen, Abstände und Richtungen unabhängig vom verwendeten Werkzeug abgelesen werden und damit Unterschiede zwischen den Werkzeugen verdecken.

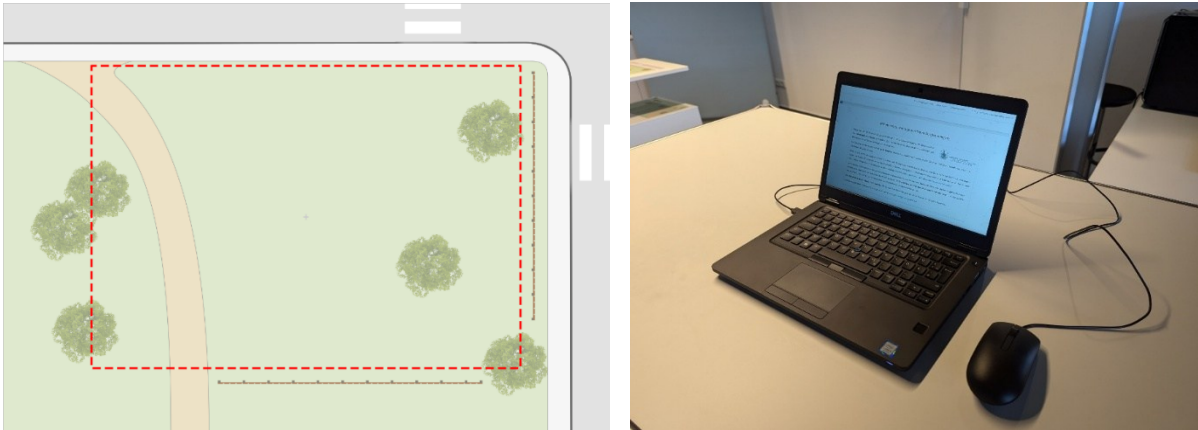


Abbildung 53: Lageplan zum Beteiligungsprojekt (links) und Laptop mit Befragung (rechts)

Im Rahmen der Studie sollten die Teilnehmenden in beiden Gruppen sowohl auf bestehende Vorschläge eingehen als auch eigene Vorschläge machen. Daher wurden für die Studie drei Spielplatzvorschläge erstellt und über die App bzw. als separate Ausdrücke zur Verfügung gestellt. Die drei Vorschläge sind in Abbildung 54 dargestellt. Die Vorschläge sind jeweils einer fiktiven Beteiligungsteilnehmerin oder einem fiktiven Beteiligungsteilnehmer zugeordnet und unterscheiden sich in der Auswahl und Anordnung der Spielplatzelemente.

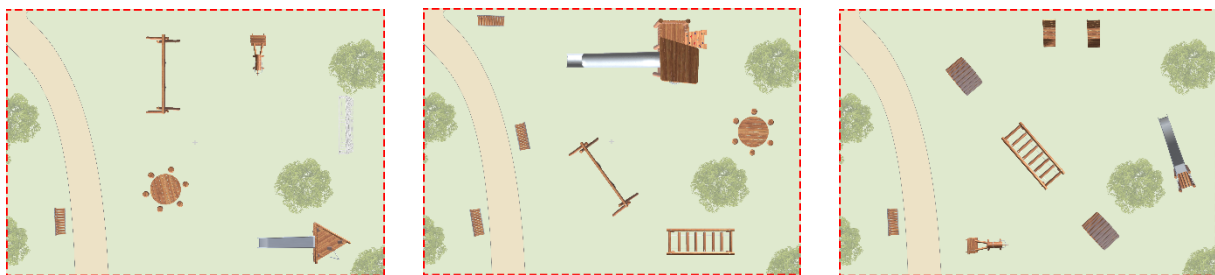


Abbildung 54: Drei Spielplatzvorschläge für die Studie

Die Informationen zum Beteiligungsprojekt wurden auf das notwendige Minimum reduziert, um die Teilnehmenden nicht mit Informationen zu überfordern. So wurde beispielsweise kein Kostenrahmen für die Neugestaltung des Spielplatzes vorgegeben.

6.1.6 Auswertung

Für eine bessere Nachvollziehbarkeit ist in diesem Abschnitt das Vorgehen bei der Auswertung der Ergebnisse beschrieben. Wichtige Aspekte der Auswertung waren die *Auswertung von Beiträgen* (z. B.

genannte Argumente oder erstellte Spielplatzvorschläge) sowie *statistische Berechnungen* (z. B. Mittelwerte, Signifikanz oder Korrelationen).

Transkription der Audioaufnahmen: Die Audioaufnahmen wurden automatisiert transkribiert und im Anschluss gelöscht. Für die Transkription kam die Software *Whisper Transcribe* der Firma *OpenAI* zum Einsatz (Radford et al., 2023). Die Transkription erfolgte lokal, sodass keine Audiodateien an externe Server oder Unternehmen übermittelt werden mussten. Für die Transkription wurden die Modelle „medium“ und „large“ eingesetzt und auf einer CPU ausgeführt.

Auswertung von Beiträgen: Die Auswertung der Beiträge in den Aufgaben (z. B. Begründungen, Nachvollziehbarkeit und erstellte Vorschläge) erfolgte durch zwei unabhängige Gutachter. Im Fall von Meinungsverschiedenheiten wurden strittige Fälle besprochen und versucht ein gemeinsames Ergebnis zu erzielen. In wenigen Fällen, in denen keine gemeinsame Position gefunden wurde, wurde die Entscheidung durch einen dritten Gutachter getroffen. Auf diese Weise wurden auch die positiven/negativen sowie sichtbaren/nicht sichtbaren Aspekte in Aufgabe 3 sowie die fehlerhaft (z. B. gefährlich oder überschneidend) platzierten Elemente in Aufgabe 2 und Aufgabe 4 ausgewertet.

Für eine möglichst objektive Auswertung der Fehler beim Platzieren der Spielplatzelemente wurden folgende Kriterien für einen Fehler festgelegt. Als Basis wurde hierzu die Länge eines der quadratischen Kästchen herangezogen, die auf der Spielplatzfläche eingezeichnet sind. Ein Element ist genau dann fehlerhaft platziert, wenn mindestens eine von drei Bedingungen erfüllt ist:

- Das Element oder der Sicherheitsrand eines Elements überschneidet sich um mindestens eine Kästchenlänge mit einem anderen Element oder dessen Sicherheitsrand,
- das Element oder der Sicherheitsrand eines Elements liegt um mindestens eine Kästchenlänge außerhalb der Spielplatzfläche (rote Umrandung) oder
- das Element oder der Sicherheitsrand eines Elements ragt um mindestens eine Kästchenlänge in einen Baum hinein.

Der Weg, der durch den Spielplatz führt, ist hierbei nicht als Teil der Spielplatzfläche zu betrachten. Eine entsprechend große Überschneidung mit dem Weg wird daher als Fehler gewertet. Überschneidungen, die kleiner sind als ein Kästchen, werden nicht als Fehler gewertet. Bei den Bäumen hat beispielsweise die dargestellte Baumkrone einen Durchmesser von rund zweieinhalb Kästchen. Es wird daher angenommen, dass ein Spielplatzelement um maximal ein Kästchen in diesen Bereich hineinragen kann, ohne mit dem Baumstamm in Konflikt zu geraten. Gezählt werden die Fehler und nicht die am Fehler beteiligten Elemente. Eine Überschneidung von zwei Elementen zählt daher als ein Fehler. Inhaltliche Fehler, die nicht mit der obigen Definition übereinstimmen, wurden in dieser Betrachtung nicht als Fehler gewertet. Wurden beispielsweise Bänke oder Fußballtore in falscher Ausrichtung aufgestellt, wurde dies hier nicht als Fehler gewertet, sondern separat betrachtet.

Zudem wurden die gemachten Fehler von den Gutachtern daraufhin überprüft, ob sie nachvollziehbar waren. So kam es beispielsweise vor, dass mehrere Elemente kombiniert wurden (z. B. zwei Balanceelemente hintereinander). Solche Fälle wurden zwar als ein Fehler gewertet, jedoch zusätzlich als *nachvollziehbarer Fehler* gekennzeichnet.

Statistische Berechnungen: Für die Auswertung der Daten, statistische Berechnungen und die Erstellung von Diagrammen wurden R und R-Studio verwendet. Zur Berechnung statistischer Signifikanz wurde ein t-Test verwendet, sofern die Bedingungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität erfüllt waren. Bei fehlender Varianzhomogenität aber erfüllter Normalverteilung wurde ein Welch-t-Test verwendet. Sofern keine Normalverteilung gegeben war, wurde stattdessen ein Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet, da dieser robust gegenüber nicht normalverteilten Daten ist. Zur Berechnung linearer Korrelationen zweier Variablen wurde die Pearson-Korrelation oder, sofern die Bedingung der Normalverteilung nicht erfüllt war, die Spearman-Korrelation verwendet.

6.2 Ergebnisse der Laborstudie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie vorgestellt. In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse zur Überprüfung der Randomisierung (Abschnitt 6.2.1), zur Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit der mobilen AR-App (Abschnitt 6.2.2) sowie zum Vergleich der mobilen AR-App mit einem analogen Beteiligungswerkzeug vorgestellt (Abschnitte 6.2.3 bis 6.2.8). Die Diskussion der Ergebnisse ist im Kapitel 6.3 beschrieben.

6.2.1 Vergleichbarkeit der Gruppen

Da die beiden Beteiligungswerkzeuge (AR-App bzw. analoges Werkzeug) miteinander verglichen werden sollen, ist es erforderlich, dass die Teilnehmenden hinsichtlich relevanter Merkmale möglichst ähnlich auf die Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe verteilt sind. Um die erfolgreiche Randomisierung zu überprüfen, wurden die Teilnehmenden beider Gruppen hinsichtlich der Merkmale Geschlecht, Alter, Technikaffinität, initiale Beteiligungsbereitschaft, Beteiligungserfahrung, Erfahrung mit Augmented Reality, Interesse am Thema (Stadtplanung und Spielplatzgestaltung), der Relevanz des Themas sowie der individuellen Schätzfähigkeit verglichen. Die statistischen Analysen zeigen für keines der Merkmale statistisch signifikante Unterschiede (vgl. Tabelle 24). Damit kann von einer erfolgreichen Randomisierung ausgegangen werden. Für einen Überblick werden die einzelnen Merkmale nachfolgend für beide Gruppen kurz vorgestellt.

Die Verteilung der Teilnehmenden und Geschlechter auf die Experimental- und Kontrollgruppe ist in Abbildung 55 dargestellt. Zwar konnte aufgrund der unterschiedlichen Anmeldungen zur Studie keine Gleichverteilung zwischen den Geschlechtern hergestellt werden, jedoch sind annähernd gleich viele Teilnehmende der jeweiligen Geschlechter in beiden Gruppen vertreten. Die Teilnehmenden beider

Gruppen haben ein ähnliches Durchschnittsalter (EG: $M = 35.45$; KG: $M = 36.45$) und die Gruppen eine ähnliche Altersverteilung (siehe Abbildung 48 auf Seite 119).

Hinsichtlich der Technikaffinität gibt es zwar Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe, diese sind jedoch statistisch nicht signifikant. In der Kontrollgruppe fehlen insbesondere Personen mit sehr geringer Technikaffinität (Min. = 2.50). In der Experimentalgruppe kann zudem festgestellt werden, dass die männlichen Teilnehmenden tendenziell einen höheren ATI-Wert aufweisen als die weiblichen Teilnehmenden. In der Kontrollgruppe ist dieser Trend nicht zu erkennen.

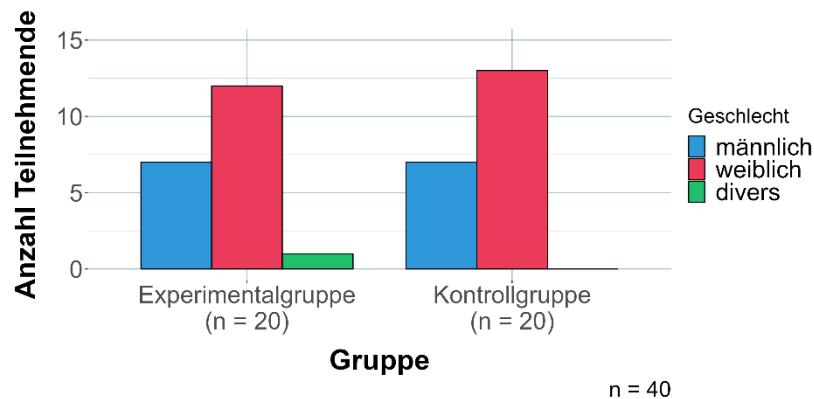


Abbildung 55: Verteilung der Teilnehmenden auf die Experimental- und Kontrollgruppe

Die Beteiligungsbereitschaft war zwar zum Zeitpunkt der Vorbefragung für alle Formen (informieren, beitragen und initiieren) in der Experimentalgruppe leicht höher als in der Kontrollgruppe, ein Wilcoxon-Rangsummen-Test zeigte jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede (vgl. Tabelle 24).

Für die Bewertung der Beteiligungserfahrung wurde zum einen gefragt, wie häufig sich bisher in einer der drei Formen beteiligt wurde und zum anderen, wie lange jeweils die letzte Beteiligung zurückliegt. Über ein Drittel der Teilnehmenden (EG: 35 %, KG: 40 %) hat sich in den letzten zwölf Monaten in mindestens einer der drei Formen beteiligt. Hierbei haben sich in beiden Gruppen 20 % der Teilnehmenden in den letzten sechs Monaten beteiligt. Weitere 35 % (EG) bzw. 20 % (KG) der Teilnehmenden haben sich vor mehr als zwölf Monaten in mindestens einer der drei Formen beteiligt. Während sich in beiden Gruppen etwa ein Drittel der Teilnehmenden (EG: 30 %, KG: 40 %) noch nie zu Beteiligungsprojekten informiert hat, haben sich jeweils rund zwei Drittel (EG: 65 %, KG: 60 %) noch nie aktiv an einem Beteiligungsprojekt beteiligt und über 80 % der Teilnehmenden (EG: 80 %, KG: 85 %) haben noch nie ein Beteiligungsprojekt initiiert. Die Beteiligungshäufigkeit ist in Abbildung 56 dargestellt.

Die Erfahrung mit Augmented Reality ist sehr ähnlich zwischen den Gruppen verteilt. Von allen Teilnehmenden haben 67.5 % bereits AR-Anwendungen verwendet (EG: 70 %, KG: 65 %). 22.5 % der Teilnehmenden gaben an, (vor der Studie) noch nie AR verwendet zu haben (EG: 20 %, KG: 25 %). Vier Teilnehmende (10 %) gaben an, sich nicht sicher zu sein, ob sie bereits AR verwendet haben (EG/KG: 10 %). Die Verteilung der Erfahrung mit AR ist in beiden Gruppen demnach ähnlich.

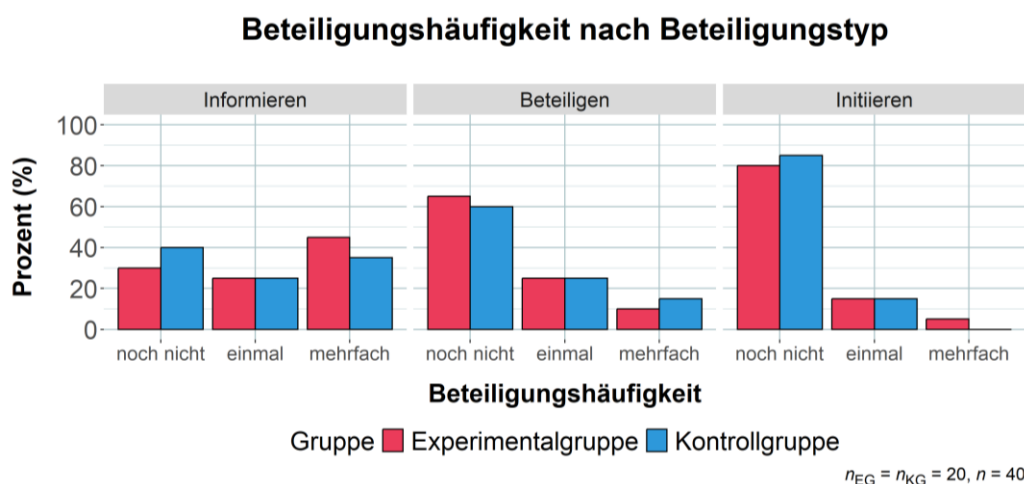


Abbildung 56: Beteiligungshäufigkeit nach Teilnehmungsform

Merkmal	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Alter	EG	35.45 (16.59)	21	69	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 217.5, p = .645$
	KG	36.45 (19.51)	20	75	
Technikaffinität	EG	3.74 (1.18)	1.00	5.50	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 232, p = .392$
	KG	3.58 (0.88)	2.50	5.75	
Beteiligungsbereitschaft (informieren)	EG	4.85 (1.23)	2	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 244, p = .222$
	KG	4.45 (1.10)	2	6	
Beteiligungsbereitschaft (beitragen)	EG	3.90 (0.79)	2	5	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 236, p = .315$
	KG	3.55 (1.28)	1	6	
Beteiligungsbereitschaft (initiiieren)	EG	2.65 (1.04)	1	5	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 219.5, p = .590$
	KG	2.55 (1.15)	1	5	
Interesse am Thema (Spielplatzgestaltung)	EG	4.55 (1.19)	2	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 172.5, p = .449$
	KG	4.80 (1.15)	2	6	
Interesse am Thema (Stadtplanung)	EG	4.80 (1.01)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 234, p = .344$
	KG	4.50 (0.95)	3	6	
Schätzfähigkeit (Entfernung; Fehler in Metern)	EG	0.68 (0.57)	0	1.5	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 177, p = .524$
	KG	0.78 (0.53)	0	1.5	
Schätzfähigkeit (Höhe; Fehler in Zentimetern)	EG	4.42 (1.91)	0.8	7.8	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 156.5, p = .232$
	KG	5.10 (6.35)	0.2	27.2	
Schätzfähigkeit (Breite; Fehler in Zentimetern)	EG	3.15 (3.00)	0.5	10.5	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 245, p = .225$
	KG	5.75 (7.09)	0.5	30.5	

Tabelle 24: Vergleichbarkeit der Gruppen

Bei den Teilnehmenden, die bereits AR genutzt haben, gibt es zwischen den Gruppen jedoch Unterschiede, wie lange die letzte Nutzung zurückliegt (siehe Abbildung 57). So haben in der Experimentalgruppe 55 % der Teilnehmenden angegeben, in den letzten sechs Monaten AR verwendet zu haben, während dies in der Kontrollgruppe nur 35 % angegeben haben. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die

Nutzung in den letzten zwölf Monaten (exklusiv der letzten sechs Monate; EG: 15 %, KG: 5 %). Dafür hat niemand aus der Experimentalgruppe angegeben, vor mehr als zwölf Monaten AR verwendet zu haben, während 25 % der Teilnehmenden in der Kontrollgruppe dies angegeben haben. Dadurch ist die Verteilung der Teilnehmenden, die bereits AR genutzt haben, insgesamt relativ ausgeglichen.

Auch hinsichtlich des Interesses an den Themen Spielplatzgestaltung und Stadtplanung wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Hier zeigt sich, dass die Teilnehmenden der Experimentalgruppe im Mittel etwas weniger interessiert an der Gestaltung von Spielplätzen sind ($M = 4.55$, $SD = 1.19$) als die Teilnehmenden der Kontrollgruppe ($M = 4.80$, $SD = 1.15$), wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist ($W = 172.5$, $p = .449$). In beiden Gruppen und bei allen Teilnehmenden ist ein gewisses Interesse für das Thema vorhanden (EG/KG: Min. = 2, Max. = 6). Hinsichtlich des Interesses am Thema Stadtplanung sind die Teilnehmenden der Experimentalgruppe im Mittel etwas interessierter ($M = 4.80$, $SD = 1.01$) als die Teilnehmenden der Kontrollgruppe ($M = 4.50$, $SD = 0.95$). Der Unterschied ist jedoch nicht statistisch signifikant ($W = 234$, $p = .344$). Auch hier ist bei beiden Gruppen und bei allen Teilnehmenden ein Interesse für das Thema vorhanden.

Die Teilnehmenden wurden zudem gefragt, ob sie sich über Beteiligung zum Thema Spielplatzgestaltung informieren würden, ob sie sich daran beteiligen würden und ob es wichtig sei, zu dem Thema eine Beteiligung durchzuführen. Hierfür konnte auf einer angepassten 6-Punkte-Likert-Skala der Grad der Zustimmung angegeben werden (1 = ich stimme gar nicht zu; 6 = ich stimme völlig zu). Für keine der Fragen wurden signifikante Unterschiede festgestellt (Anhang E.1). Die Bereitschaft, sich zu dem Thema zu informieren, war in der Experimentalgruppe etwas höher als in der Kontrollgruppe (EG: $M = 4.25$, $SD = 1.33$; KG: $M = 3.45$, $SD = 1.50$). Diese Tendenz bestätigt sich auch für die Bereitschaft, sich an Projekten zu dem Thema zu beteiligen (EG: $M = 3.45$, $SD = 1.36$; KG: $M = 3.00$, $SD = 1.26$). Die Teilnehmenden beider Gruppen halten die Beteiligung von Einwohnern und Interessierten an diesem Thema für wichtig (EG: $M = 5.35$, $SD = 0.88$; KG: $M = 5.45$, $SD = 0.51$).

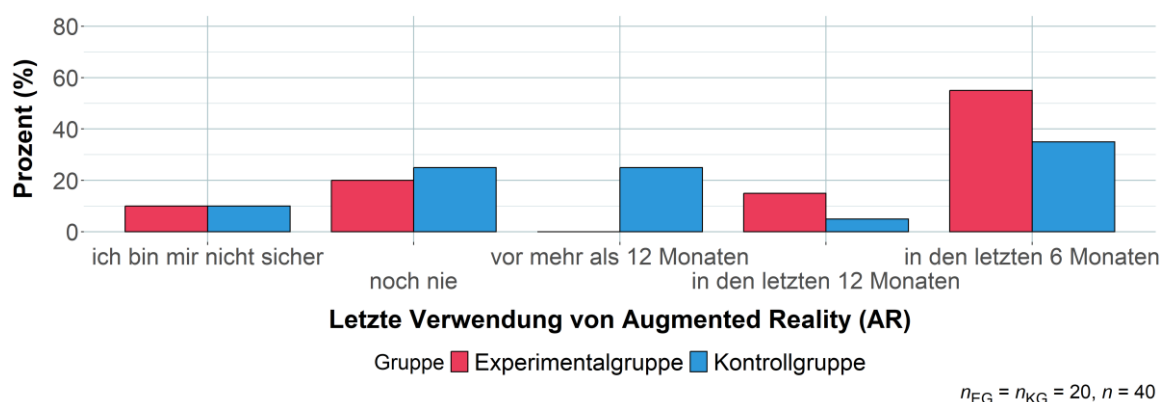


Abbildung 57: Erfahrung mit Augmented Reality (AR)

Relevanz des Themas: Fast ein Drittel (32.5 %) aller Teilnehmenden gab an zum Zeitpunkt der Studie Spielplätze mit eigenen oder fremden Kindern zu nutzen (EG: 50 %, KG: 15 %). Weitere 47.5 % der Teilnehmenden gaben an, in der Vergangenheit Spielplätze mit eigenen oder fremden Kindern genutzt zu haben (EG: 30 %, KG: 65 %). Die verbleibenden 20 % der Teilnehmenden gaben an, noch nie Spielplätze mit eigenen oder fremden Kindern genutzt zu haben (EG/KG: 20 %). Damit ergibt sich durch die vergangene oder gegenwärtige Spielplatznutzung für 80 % der Teilnehmenden in beiden Gruppen eine persönliche Relevanz des Beteiligungsthemas.

Schätzfähigkeit: Im Rahmen der Vorbefragung wurde die Schätzfähigkeit der Teilnehmenden anhand mehrerer Schätzaufgaben untersucht. Bei der ersten Schätzaufgabe sollten die Teilnehmenden die Entfernung zwischen ihrer Position und einem in 4.5 Metern Entfernung aufgestellten Pinguin schätzen. Der mittlere absolute Fehler (MAE) unterscheidet sich zwischen den beiden Gruppen um 10 Zentimeter. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist damit nicht signifikant (Tabelle 24).

Bei der zweiten Schätzaufgabe sollten die Teilnehmenden die Höhe und Breite des Pinguins schätzen. Der Pinguin hat eine Breite von 12.8 cm (Flügel zu Flügel) und eine Höhe von 19.5 cm. Der Unterschied der mittleren absoluten Fehler zwischen den Gruppen liegt für die Breite bei rund 0.68 cm und für die Höhe bei rund 2.60 cm. In beiden Fällen ist der Fehler in der Kontrollgruppe geringfügig höher als in der Experimentalgruppe. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind jedoch nicht signifikant (Tabelle 24). Zu beachten sind hierbei jedoch zum Teil vergleichsweise hohe Standardabweichungen. Die individuellen Schätzungen zeigen teils größere individuelle Unterschiede.

Einschätzung der Methodik: Im Rahmen der Nachbefragung wurde erhoben, wie gut die Auswahl und Vielfalt der verfügbaren Spielplatzelemente für die Bearbeitung der Aufgabe geeignet waren und inwieweit diese ein als realistische wahrgenommenes Beteiligungsverfahren darstellen. Alle vier Aspekte wurden von den Teilnehmenden beider Gruppen gut oder sehr gut bewertet (≥ 4.4) und es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden (vgl. Anhang E.1). Auf die gleiche Weise wurde erfasst, inwieweit alle für die Aufgaben benötigten Informationen zum einen vorhanden und zum anderen gut sichtbar waren. Auch hier wurden beide Aspekte gut oder sehr gut bewertet (≥ 5.0), ohne dass signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen messbar waren (vgl. Anhang E.1).

6.2.2 Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik

Mit der erfolgreichen Randomisierung (Abschnitt 6.2.1) ist eine wichtige Vorbedingung zum Vergleich der AR-Anwendung mit einem analogen Werkzeug erfüllt. Die zweite wichtige Vorbedingung ist, dass mit der AR-Anwendung die definierten Aufgaben (informieren, beitragen, weiterentwickeln; vgl. Abschnitt 4.2) erfüllt werden können. Um dies zu überprüfen und zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 3.1) wurde die AR-Anwendung auf ihre Gebrauchstauglichkeit untersucht. Hierzu werden in diesem Abschnitt die subjektive Usability (SUS-Score), die visuelle Ästhetik (VisAWI) sowie

die wahrgenommene Belastung (NASA-TLX) ausgewertet und beschrieben, inwieweit die gestellten Aufgaben mit der AR-App erfolgreich bearbeitet wurden.

Für die Gebrauchstauglichkeit erreicht die AR-App einen SUS-Wert von 72.2 ($SD = 12.7$, Min. = 52.5, Max. = 95) und liegt damit im „guten“ Bereich (71.4 bis 85.5; Bangor et al., 2009). Nach Lewis & Sauro (2018) entspricht dieser Wert der Note „B-“ auf einer Skala von A+ (sehr gut) bis F (ungenügend). Die visuelle Ästhetik der AR-App wurde gut bewertet ($M = 5.71$, $SD = 0.80$, Min. = 3.5, Max. = 7; bestmöglicher Wert: 7). Zur Überprüfung der internen Konsistenz wurde Cronbachs Alpha für beide Skalen berechnet. Die Ergebnisse weisen in der Experimentalgruppe für beide Skalen auf eine gute interne Konsistenz hin (SUS: $\alpha = .78$; VisAWI: $\alpha = .80$; Bühner, 2021, S. 598, 640).

Die wahrgenommene Belastung liegt in allen Bereichen außer für die zeitliche Anforderung (Zeitdruck) in einem mittleren Bereich (Tabelle 25). Die zeitliche Anforderung wurde mit Abstand am geringsten bewertet ($M = 3.7$, $SD = 3.21$). Aufgrund der breiten Streuung in fast allen Bereichen wurde auf mögliche Korrelationen zwischen der wahrgenommenen Belastung und dem Alter sowie der Technikaffinität der Teilnehmenden geprüft. Für die meisten Dimensionen der Arbeitsbelastung wurden keine statistisch signifikanten Korrelationen festgestellt (für eine vollständige Auswertung vgl. Anhang E.5). Ein Spearman-Rangkorrelationstest zeigte signifikante positive Korrelationen zwischen der Technikaffinität und der körperlichen Anforderung ($\rho = 0.45$, $p = .046$) sowie zwischen dem Alter und der geistigen Anforderung ($\rho = 0.45$, $p = .045$). Tendenziell empfanden technikaffine Personen demnach eine höhere körperliche und ältere Teilnehmende empfanden eine höhere geistige Belastung. Der Test zeigte zudem schwach positive und marginal signifikante Korrelationen zwischen Alter und zeitlicher Anforderung ($\rho = 0.43$, $p = .061$). Ältere Menschen empfanden demnach einen etwas höheren Zeitdruck.

ID	Frage	M (SD)	Min.	Max.
1	Geistige Anforderung	9.85 (4.08)	2	16
2	Körperlicher Anforderung	9.30 (6.32)	0	18
3	Zeitliche Anforderung (Zeitdruck)	3.70 (3.21)	0	10
4	Anstrengung	8.20 (4.72)	1	16
5	Frustration	8.90 (3.35)	2	13
6	Leistung	8.30 (5.80)	0	16

20 Punkte Skala mit 0 = gering und 20 = hoch; für Item 6: 0 = gut und 20 = schlecht

Tabelle 25: Arbeitsbelastung (AR-App)

Die Gebrauchstauglichkeit eines technischen Systems wird immer im Zusammenhang mit den Aufgaben bewertet, für die dieses vorgesehen ist. Für die mobile AR-App sollte daher sichergestellt werden, dass Nutzende damit Vorschläge ansehen, bearbeiten und veröffentlichen können (vgl. Aufgabenanalyse in Abschnitt 4.2). Eine Betrachtung, wie gut die Aufgaben erfüllt wurden, erfolgt im Vergleich mit dem analogen Werkzeug (Kapitel 6.3.4 bis 6.3.6).

In der Studie waren alle Teilnehmenden in der Lage, diese Basisaufgaben mit der App zu erfüllen. Alle Teilnehmenden haben sich erfolgreich die Projektdetails sowie alle drei Vorschläge angesehen. Sie haben die korrekte Anzahl an Vorschlägen genannt und konnten in der App zwischen den Vorschlägen hin und her wechseln. Ebenfalls konnten alle Teilnehmenden einen Vorschlag im Editor erstellen, einen bestehenden Vorschlag bearbeiten sowie die Ergebnisse veröffentlichen. Einzelne Teilnehmende hatten Nachfragen zu einzelnen Funktionen (z. B. Rotation eines Spielplatzelements im Editor), die durch die Versuchsleitung beantwortet wurden.

6.2.3 Vergleich mit einem analogen Werkzeug

In den vorherigen Abschnitten wurde gezeigt, dass die Test- und Kontrollgruppe einander ähnlich sind (erfolgreiche Randomisierung; Abschnitt 6.2.1) und dass die entwickelte mobile AR-Anwendung für die definierten Aufgaben eine gute Gebrauchstauglichkeit aufweist (Abschnitt 6.2.2). Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde darauf aufbauend die mobile AR-Anwendung mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen.

Exkurs zur Usability des analogen Werkzeugs: Das analoge Beteiligungsmaterial (KG) erreicht einen SUS-Wert von 81 ($SD = 9.12$, Min. = 62.5, Max. = 97.5) und liegt damit – ebenso wie schon die AR-App – im „guten“ Bereich (71.4 bis 85.5; Bangor et al., 2009). Nach Lewis & Sauro (2018) entspricht dieser Wert der Note „A-“ auf einer Skala von A+ (sehr gut) bis F (ungenügend). Somit konnte für beide Werkzeuge eine gute Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden. Die visuelle Ästhetik des analogen Werkzeugs wurde im Mittel mit 5.90 ($SD = 0.66$) bewertet und damit geringfügig besser als die der AR-App ($M = 5.86$, $SD = 0.80$). Zur Überprüfung der internen Konsistenz der SUS- und VisAWI-Skalen wurde Cronbachs Alpha auch für die Kontrollgruppe berechnet. Die interne Konsistenz ist für beide Skalen zufriedenstellend oder leicht darunter (SUS: $\alpha = .69$; VisAWI: $\alpha = .75$; Bühner, 2021, S. 598, 640).

Allgemeine Ergebnisse: Alle vier Aufgaben wurden von sämtlichen Teilnehmenden in beiden Gruppen vollständig bearbeitet. Die erste Aufgabe diente der Überprüfung, ob alle Vorschläge angesehen wurden. Diese Aufgabe wurde von alle Teilnehmende in beiden Gruppen erfolgreich abgeschlossen. In einem Fall gab eine Person in der Kontrollgruppe fälschlicherweise an, einen Vorschlag zu wenig betrachtet zu haben. Auf dem Audiomitschnitt konnte jedoch nachgewiesen werden, dass sie tatsächlich alle drei Vorschläge gesehen hatte. Somit kann festgehalten werden, dass alle Teilnehmenden in beiden Gruppen alle drei Vorschläge betrachtet haben.

6.2.4 Vergleich: Verständnis räumlicher Informationen

Um die Eignung der AR-App für die Darstellung und das Verständnis von räumlichen Informationen bewerten zu können (**RQ2.1: Verständnis räumlicher Informationen**), wurden von den Teilnehmenden

den mehrere Aufgaben bearbeitet, für die angenommen wurde, dass sie am besten in einer 3D-Darstellung sichtbar sind, sowohl als 3D- als auch als 2D-Darstellung sichtbar sind oder nur durch Wissen/Erfahrung beantwortet werden können (Tabelle 26).

Aufgabe	Nicht sichtbar	Sichtbar in 2D	Sichtbar in 3D
Vorschlag mit der höchsten Rutsche			X
Sichtachsen zur Rutsche		(X)	X
Gesamtfläche des Spielplatzes		X	X
belegte Spielplatzfläche		X	X
Eignung für verschiedene Altersgruppen	X		

Tabelle 26: Verständnis räumlicher Informationen

Für das Benennen des Vorschlags mit der höchsten Rutsche wurde angenommen, dass diese Aufgabe besser mithilfe einer 3D-Ansicht zu beantworten sei, da hier eine Betrachtung der Rutschen von der Seite möglich ist. Bis auf eine Person in der Kontrollgruppe haben alle Teilnehmenden korrekt den Vorschlag mit der höchsten Rutsche ausgewählt. Auf eine weitere statistische Untersuchung des Unterschieds wurde daher verzichtet. Die Auswertung des Transkripts der betreffenden Person zeigte, dass die abweichende Auswahl bewusst getroffen und begründet wurde; ein Versehen beim Ausfüllen der Umfrage kann somit ausgeschlossen werden. In beiden Gruppen haben fast alle Teilnehmer ihre Entscheidung begründet (EG: 95 %, KG: 100 %). Dabei waren 75 % der Begründungen (EG) bzw. 80 % der Begründungen nachvollziehbar (Bewertung durch zwei unabhängige Reviews). In beiden Gruppen hat die Mehrheit angegeben, dass ihre Entscheidung für die höchste Rutsche auf etwas beruht, das sie gesehen haben (EG: 80 %, KG: 75 %).

Für das Bewerten freier Sichtachsen zwischen Sitzgelegenheiten und Spielgeräten wurde angenommen, dass dies in der Regel bereits in einer 2D-Ansicht möglich sei, eine 3D-Ansicht jedoch für unklare Fälle eine Hilfe darstellen kann (z. B. Breite und Höhe von Bäumen einschätzen). Konkret ging es darum zu beurteilen, von welchen Sitzgelegenheiten (Bank, Picknicktisch und Holzpferd) die Rutsche in einem vorgegebenen Vorschlag vollständig einsehbar ist. Dies trifft für die Bank und den Picknicktisch zu. Zwischen dem Holzpferd und der Rutsche befindet sich ein Baum, der die Rutsche teilweise verdeckt. In beiden Gruppen hat etwa die Hälfte der Teilnehmenden die korrekten Optionen ausgewählt, wobei die Experimentalgruppe leicht besser war (EG: 55 %, KG: 50 %). Insgesamt haben 20 % (EG) bzw. 15 % (KG) eine Antwort zu viel ausgewählt und 25 % (EG und KG) haben eine Antwort zu wenig ausgewählt. Zudem haben in der Kontrollgruppe 10 % der Teilnehmenden eine richtige Antwort vergessen und eine falsche Antwort ausgewählt.

In einer weiteren Aufgabe sollten die Teilnehmenden die Größe der Fläche schätzen, die für den Spielplatz zur Verfügung stand. Die Erwartung war, dass dies sowohl mit einer 2D- als auch einer 3D-Ansicht möglich ist. Das für die Studie verwendete Modell sowie der verwendete Lageplan haben einen Maßstab

von 1:25 und der Spielplatzbereich hat eine Kantenlänge von 297×420 mm (DIN-A3-Format). Daraus ergibt sich für den Spielplatz eine Kantenlänge von $16,8 \times 11,88$ Metern bzw. eine Fläche von 199,58 Quadratmetern. Die Teilnehmenden haben im Fragebogen die Länge und Breite der Fläche angegeben. Um die Werte vergleichbar zu machen, wurden sie für die Auswertung so sortiert, dass alle größeren Werte und alle kleineren Werte jeweils in einer eigenen Spalte waren. In beiden Gruppen wurde die Größe des Spielplatzes stark überschätzt. Dabei wichen die Werte in der Kontrollgruppe deutlich stärker von den tatsächlichen Maßen ab als in der Experimentalgruppe. Für die lange Seite des Spielplatzes betrug der Mittelwert in der Experimentalgruppe 31.20 Meter ($SD = 14.13$, Min. = 10, Max. = 50) und in der Kontrollgruppe 74.25 Meter ($SD = 82.78$, Min. = 18, Max. = 300). Für die kurze Seite des Spielplatzes betrug der Mittelwert in der Experimentalgruppe 18.05 Meter ($SD = 8.36$, Min. = 5, Max. = 30) und in der Kontrollgruppe 39.35 Meter ($SD = 46.66$, Min. = 2, Max. = 150). Obwohl der mittlere absolute Fehler sowohl für die lange als auch für die kurze Seite bei der Kontrollgruppe deutlich über dem der Experimentalgruppe liegt, ist keiner der Unterschiede statistisch signifikant (Tabelle 27).

Insgesamt gibt es vier Ausreißer in den Daten, die deutlich über dem durchschnittlichen Fehler liegen und alle in der Kontrollgruppe sind. Da für alle Ausreißer gilt, dass sie sowohl die lange als auch die kurze Seite betreffen, wird angenommen, dass es sich nicht um Tippfehler handelt. Da die Werte der Ausreißer etwas zehnmal so groß sind, wie die korrekten Werte, wird auch nicht angenommen, dass eine andere Maßeinheit verwendet wurde (Dezimeter sind eher ungebräuchlich und Zentimeter wären wiederum etwa um das Zehnfache zu klein). Die Ausreißer werden daher als ernst gemeinte Schätzungen mit geringer Genauigkeit betrachtet.

Dimension	Gruppe	Mittlerer absoluter Fehler (MAE); M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
lange Seite	EG	16.02 (12.15)	0.80	33.20	Wilcoxon-Rangsummen-Test: $W = 163, p = .321$
	KG	57.45 (82.78)	1.20	283.20	
kurze Seite	EG	7.63 (6.98)	0.12	18.12	Wilcoxon-Rangsummen-Test: $W = 161, p = .296$
	KG	29.41 (45.40)	0.12	138.12	

Tabelle 27: Schätzaufgaben (Größe in Metern)

Zudem wurde die von Spielplatzelementen belegte Fläche geschätzt und einen Prozentwert im Verhältnis zur insgesamt verfügbaren Fläche anzugeben. Zur Ermittlung des Vergleichswerts wurde die Fläche der Spielplatzelemente maßstabsgerecht berechnet, wobei zur Vereinfachung für alle Elemente eine rechteckige Form angenommen wurde. Die Spielplatzelemente im vorgegebenen Vorschlag belegen demnach eine Fläche von 8.47 Quadratmetern, was einem Anteil an der Gesamtfläche von 4.24 % entspricht. Die Teilnehmenden der beiden Gruppen haben die belegte Fläche ähnlich geschätzt, wobei die meisten den Anteil deutlich zu hoch eingeschätzt haben. In der Experimentalgruppe lag der Mittelwert bei 22.60 % ($SD = 11.07$, Min. = 4, Max. = 45), während der Mittelwert in der Kontrollgruppe bei

19.60 % lag ($SD = 11.47$, Min. = 7, Max. = 47). Der mittlere absolute Fehler lag in der Experimentalgruppe bei 18.38 ($SD = 11.03$) und in der Kontrollgruppe bei 15.36 ($SD = 11.47$). Der Unterschied der Fehler ist nicht signifikant ($t(37.95) = 0.84$, $p = .405$).

Als Vergleichsfrage, die durch Wissen oder Erfahrung beantwortet werden sollte, wurden die Teilnehmenden gebeten einzuschätzen, welcher Vorschlag am ehesten für alle Altersgruppen (bis 12 Jahre) geeignet ist. In beiden Gruppen wurde der korrekte Vorschlag am häufigsten ausgewählt (EG: 45 %, KG: 40 %). Dennoch ergibt sich daraus auch, dass ebenfalls in beiden Gruppen die Mehrheit der Teilnehmenden einen anderen Vorschlag ausgewählt hat (EG: 55 %, KG: 60 %). Größere Unterschiede zwischen den Gruppen sind somit nicht erkennbar. In beiden Gruppen haben fast alle Teilnehmer ihre Entscheidung begründet (EG: 90 %, KG: 95 %). Dabei waren 60 % (EG) bzw. 75 % (KG) der Begründungen nachvollziehbar (Bewertung durch zwei unabhängige Reviews).

6.2.5 Vergleich: Beitragen eigener Vorschläge

Um das Beitragen eigener Vorschläge zwischen der AR-App und dem analogen Werkzeug zu vergleichen, wurde erhoben, ob und wie Teilnehmende beider Gruppen diese Aufgabe erfüllt haben (**RQ2.2: Beitragen eigener Vorschläge**). In Aufgabe 2 lag der Fokus hierbei auf dem Erstellen eines neuen Vorschlags, während in Aufgabe 4 ein bestehender Vorschlag weiterentwickelt werden sollte. Hierbei wurde jeweils erfasst, wie viele Elemente platziert (hinzugefügt oder entfernt) wurden, wie viele verschiedene Elemente verwendet wurden, wie viele fehlerhaft platziert wurden und wie viele dieser fehlerhaften Platzierungen als nachvollziehbar gelten (zur Auswertungsmethodik siehe Abschnitt 6.1.5).

Die von den Teilnehmenden erstellten Vorschläge wurden für die Experimentalgruppe automatisch als Screenshots durch die App gespeichert (Abbildung 58, A) und in der Kontrollgruppe von der Versuchsleitung als Fotos dokumentiert (Abbildung 58, B).

Alle Teilnehmenden beider Gruppen haben die App bzw. das analoge Material erfolgreich verwendet, um einen eigenen Vorschlag zu erstellen (Aufgabe 2) und einen vorgegebenen Vorschlag weiterzuentwickeln (Aufgabe 4). Hierbei haben alle Teilnehmenden die Grundaufgaben *Elemente auswählen und zum Vorschlag hinzufügen*, *Elemente platzieren*, *verschieben* und *Elemente rotieren* sowie *Elemente entfernen* erfolgreich ausgeführt. Während für Aufgabe 2 signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten (vgl. Tabelle 28), ließen sich für Aufgabe 4 keine signifikanten Unterschiede nachweisen (vgl. Tabelle 29).

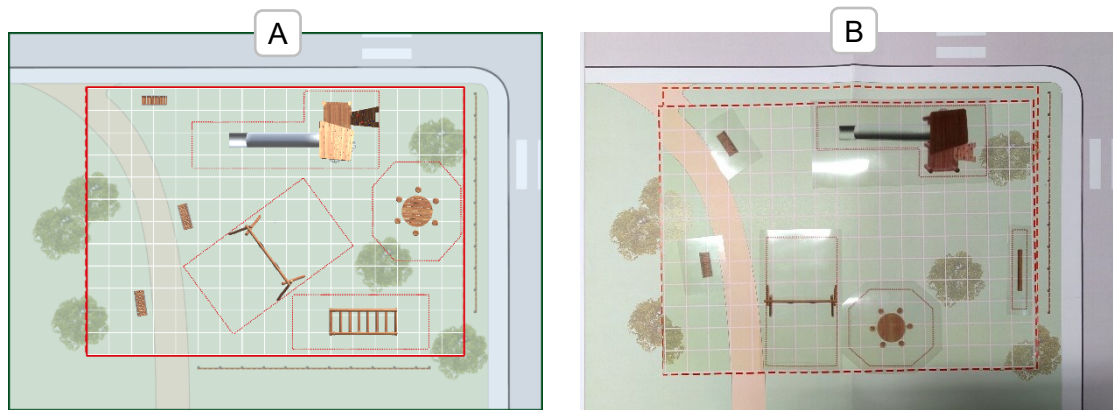


Abbildung 58: Spielplatzvorschläge der Teilnehmenden

Für das Erstellen eines eigenen Vorschlags wurden in der Experimentalgruppe etwas mehr Elemente platziert als in der Kontrollgruppe ($p = .056$) und signifikant mehr unterschiedliche Elemente verwendet ($p = .008$, Tabelle 28). Für das Weiterentwickeln eines Vorschlags wurden ebenfalls in der Experimentalgruppe mehr Elemente platziert, der Unterschied ist jedoch kleiner (Tabelle 29). Bei der Anzahl der unterschiedlichen Elemente sind hier keine Unterschiede festzustellen.

Auch hinsichtlich der Anzahl fehlerhaft platzierter Elemente zeigt sich ein Unterschied zwischen den Aufgaben (Tabelle 28 bzw. Tabelle 29). In Aufgabe 2 wurde ein deutlicher und signifikanter Unterschied festgestellt (EG: $M = 2.00$; KG: $M = 0.45$; $p = .002$), während der Unterschied in Aufgabe 4 geringer ausfällt und statistisch nicht signifikant ist (EG: $M = 1.15$; KG: $M = 0.65$; $p = .195$). Auch bei den nachvollziehbaren Fehlern (z. B. zwei Balancelemente hintereinander; siehe Abschnitt 6.1.5) wurden für beide Aufgaben in der Experimentalgruppe mehr Elemente fehlerhaft platziert als in der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede sind jedoch gering und statistisch nicht signifikant oder nur marginal signifikant.

Kategorie (Elemente)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Gesamtanzahl	EG	10.85 (3.39)	6	17	<i>t-Test:</i> $t(38) = 1.97, p = .056$ (.)
	KG	8.90 (2.85)	5	16	
Unterschiedliche	EG	8.30 (1.59)	6	11	<i>t-Test:</i> $t(38) = 2.81, p = .008$ (**)
	KG	6.75 (1.89)	4	11	
Fehlerhaft platziert	EG	2.00 (1.72)	0	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 308, p = .002$ (**)
	KG	0.45 (0.79)	0	3	
Nicht nachvollziehbar fehlerhaft platziert	EG	0.80 (1.01)	0	3	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 262.5, p = .053$ (.)
	KG	0.10 (0.31)	0	1	

Codierung der Signifikanz: 0 '****' .001 '**' .01 '*' .05 '.' .1 '' 1

Tabelle 28: Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 2)

Kategorie (Elemente)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Gesamtanzahl	EG	8.50 (1.47)	5	15	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 244, p = .232$
	KG	8.10 (2.23)	7	12	
Unterschiedliche	EG	5.95 (1.00)	5	8	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 220, p = .585$
	KG	5.95 (1.50)	4	10	
Hinzugefügt	EG	3.15 (2.43)	0	9	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 214, p = .710$
	KG	2.70 (1.89)	0	7	
Entfernt	EG	1.25 (1.12)	0	4	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 165, p = .335$
	KG	1.60 (1.23)	0	4	
Fehlerhaft platziert	EG	1.15 (1.31)	0	4	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 244, p = .195$
	KG	0.65 (0.99)	0	3	
Nicht nachvollziehbar fehlerhaft platziert	EG	0.65 (1.04)	0	2	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 214, p = .648$
	KG	0.45 (0.76)	0	2	

Tabelle 29: Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 4)

Über beide Gruppen betrachtet besteht eine schwache, aber nicht signifikante positive Korrelation zwischen der Anzahl der platzierten Elemente und der Anzahl der fehlerhaft platzierten Elemente (Spearman-Rangkorrelationstest: $\rho = 0.30, p = .064$). Diese besteht auch für die einzelnen Gruppen.

Da es in Aufgabe 4 darum ging, einen bestehenden Vorschlag weiterzuentwickeln, wurde zusätzlich ermittelt, wie viele Elemente im Vergleich zur Ausgangssituation hinzugefügt oder entfernt wurden. In der Experimentalgruppe wurden dabei im Durchschnitt etwas mehr Elemente hinzugefügt als in der Kontrollgruppe (EG: $M = 3.15, SD = 2.43$; KG: $M = 2.70, SD = 1.89$). Gleichzeitig wurden in der Kontrollgruppe mehr Elemente entfernt (EG: $M = 1.25, SD = 1.12$; KG: $M = 1.60, SD = 1.23$). Nur wenige Teilnehmende reduzierten insgesamt die Anzahl der Elemente (EG: 5 %, KG: 20 %). Jeweils 25 % der Teilnehmenden beider Gruppen behielten die ursprüngliche Anzahl der Elemente bei. Der Großteil der Teilnehmenden fügte hingegen weitere Elemente hinzu (EG: 70 %, KG: 55 %).

6.2.6 Vergleich: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte

Zur Untersuchung des Einflusses des verwendeten Werkzeugs (AR-App bzw. analoges Werkzeug) auf den Beteiligungsdiskurs wurden die betrachteten Elemente eines Vorschlags sowie die genannten positiven und negativen Aspekte analysiert (vgl. Methode im Abschnitt 6.1; **RQ2.3: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte**). Dabei wurde erfasst, ob die Aspekte und die Begründungen sichtbar oder nicht sichtbar waren (z. B. rein aus Erfahrung) und die Diskursqualität anhand der vier Dimensionen Begründungsniveau, Begründungsinhalt, Respekt für andere Gruppen und Respekt gegenüber Gegenargumenten bewertet (Details siehe Abschnitte 6.1.2 und 6.1.5). Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden (siehe Tabellen 30–33). Die Ergebnisse werden im Folgenden deskriptiv dargestellt.

In beiden Gruppen hat etwa die Hälfte der Teilnehmenden (EG: 48.1 %; KG: 51.9 %) alle Spielplatzelemente des Vorschlags in ihrer Beschreibung benannt. Die mittlere Anzahl der korrekt benannten Elemente war in beiden Gruppen nahezu identisch (EG: $M = 5.35$; KG: $M = 5.25$; Tabelle 30). Der Unterschied ist nicht signifikant ($p = .896$) und deutet darauf hin, dass beide Werkzeuge ähnliche Unterstützung beim Identifizieren von Spielplatzelementen bieten.

In der Experimentalgruppe wurden durchschnittlich weniger Aspekte des Spielplatzes beschrieben als in der Kontrollgruppe (Tabelle 31). Dabei wurden in der Experimentalgruppe etwas mehr negative Aspekte und in der Kontrollgruppe etwas mehr positive Aspekte genannt. Die Teilnehmenden der Experimentalgruppe haben durchschnittlich mehr sichtbare Aspekte benannt (z. B. die Sichtachse zwischen Bank und Spielgeräten) als die Teilnehmenden in der Kontrollgruppe (Tabelle 32). In der Kontrollgruppe wurden hingegen mehr nicht sichtbare Aspekte beschrieben als in der Experimentalgruppe.

Teilaufgabe	Gruppe	$M (SD)$	Min. / Max.	Signifikanztest
Anzahl korrekt genannter Elemente	EG	5.35 (1.23)	1 / 6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 195.5, p = .896$
	KG	5.25 (1.45)	1 / 6	

Maximal konnten für den Vorschlag sechs Elemente beschrieben werden (Max. = 6).

Tabelle 30: Beschreibung des Vorschlags

Teilaufgabe	Gruppe	$M (SD)$	Min. / Max.	Signifikanztest
Anzahl genannter Aspekte	EG	4.45 (2.82)	0 / 11	<i>t-Test:</i> $t(38) = -0.47, p = .642$
	KG	4.85 (2.58)	1 / 11	
Anzahl positiver Aspekte	EG	1.95 (2.33)	0 / 8	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 152, p = .191$
	KG	2.55 (1.85)	0 / 6	
Anzahl negativer Aspekte	EG	2.50 (1.61)	0 / 6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 217, p = .644$
	KG	2.30 (1.26)	1 / 5	

Es konnten beliebig viele positive oder negative Aspekte benannt und begründet werden.

Tabelle 31: Bewertung des Vorschlags

Teilaufgabe	Gruppe	$M (SD)$	Min. / Max.	Signifikanztest
Anzahl sichtbarer Aspekte	EG	2.05 (2.06)	0 / 7	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 196, p = .923$
	KG	1.90 (1.52)	0 / 4	
Anzahl nicht sichtbarer Aspekte	EG	2.40 (1.98)	0 / 6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 162, p = .301$
	KG	2.95 (2.04)	1 / 7	

Es konnten beliebig viele positive oder negative Aspekte benannt und begründet werden.

Tabelle 32: Sichtbarkeit der genannten Aspekte

Für keinen Aspekt der Diskursqualität wurden signifikante Unterschiede festgestellt (Tabelle 33). Während die Experimentalgruppe in den Dimensionen Begründungsniveau und Respekt gegenüber Gegenargumenten leicht bessere Werte erzielte, schnitt die Kontrollgruppe in den Dimensionen Begründungsinhalt und Respekt für andere Gruppen etwas besser ab. Die konstruktive Gesprächsführung wurde nicht ausgewertet, da die Teilnehmenden sich in der Studie in keiner Gesprächssituation befanden.

Für die Auswertung des DQI wurde ein Punkteschema durch zwei unabhängige Gutachter angewandt (vgl. Abschnitt 6.1). Beispielsweise wurde für die Dimension „Respekt für andere Gruppen“ zwischen den Stufen „kein Respekt“ (0 Punkte), „impliziter Respekt“ (1 Punkt) sowie „expliziter Respekt“ (2 Punkte) unterschieden. Die Definitionen der möglichen Abstufungen in jeder Dimension sind im Anhang F.5 dargestellt.

DQI-Aspekt	Gruppe	M (SD)	Min. / Max.	Skala	Signifikanztest
Begründungsniveau	EG	0.86 (0.61)	0 / 1.83	0 – 3	<i>t-Test:</i> $t(36) = 0.05, p = .960$
	KG	0.85 (0.62)	0 / 2		
Begründungsinhalt	EG	0.52 (0.36)	0 / 1	0 – 2	<i>t-Test:</i> $t(36) = -1.13, p = .266$
	KG	0.66 (0.43)	0 / 1.5		
Respekt für andere Gruppen	EG	0.91 (0.21)	0.25 / 1.1	0 – 2	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 178.5, p = .972$
	KG	0.93 (0.44)	0 / 2		
Respekt gegenüber Gegenargumenten	EG	1.21 (0.49)	1 / 3	0 – 3	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 214, p = .189$
	KG	1.06 (0.14)	1 / 1.5		
Konstruktive Gesprächsführung	Der Aspekt „konstruktive Gesprächsführung“ konnte nicht ausgewertet werden, da in der Studie keine Gesprächssituation gegeben war. Der maximal DQI-Wert reduziert sich daher auf 10 Punkte.				
Diskursqualität (Gesamtwert)	EG	3.49 (0.82)	2.33 / 5.00	0 – 10	<i>t-Test:</i> $t(36) = -1.13, p = .266$
	KG	3.50 (1.19)	1.33 / 5.66		

Die Diskursqualität wurde auf Basis der einzelnen Beiträge pro Person ermittelt und dann der Mittelwert pro Gruppe berechnet. Der DQI-Wert kann zwischen 0 Punkten (sehr schlecht) und 12 Punkten (sehr gut) liegen (hier 0 bis 10 Punkte).

Tabelle 33: Diskursqualität auf Basis der genannten Aspekte

6.2.7 Vergleich: Schwierigkeit und Arbeitsbelastung

Um einzuschätzen, wie die Teilnehmenden die Bearbeitung der Aufgaben mit dem jeweiligen Werkzeug wahrgenommen haben, wurde eine Einschätzung der Aufgaben (einzeln für jede Aufgabe) sowie die wahrgenommene Arbeitsbelastung (für die gesamte Nutzung) abgefragt und die für die Aufgaben verwendete Zeit gemessen (einzeln für jede Aufgabe; **RQ2.4: Schwierigkeit und Arbeitsbelastung**).

Zur Einschätzung der Aufgaben wurde abgefragt, wie gut die Aufgabe lösbar war, wie gut die Aufgabe gefallen hat, wie gut der Spielplatz vorstellbar war und wie zufrieden sie mit ihrer Lösung der Aufgabe waren. Für die Aufgaben 3 und 4 wurde zudem explizit abgefragt, wie einfach es war, den Vorschlag zu beschreiben (Vorschlag beschreiben, positive und negative Aspekte benennen) bzw. wie leicht es

war, den Vorschlag weiterzuentwickeln. Für keine dieser Fragen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt (vgl. Anhang E.4).

Die Lösbarkeit der Aufgaben („Ich konnte die Aufgabe gut lösen“) wurde für alle Aufgaben in beiden Gruppen sehr ähnlich bewertet. Für Aufgabe 1 und Aufgabe 2 fiel die Bewertung in der Experimentalgruppe etwas höher aus, während die Aufgaben 3 und 4 in der Kontrollgruppe leicht höher bewertet wurden (vgl. Anhang E.4). Keiner der Unterschiede zwischen den Gruppen war statistisch signifikant.

Das Gefallen der Aufgaben („Die Aufgabe hat mir gefallen“) wurde in beiden Gruppen und für alle Aufgaben sehr gut bewertet, ohne dass signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten (vgl. Anhang E.4). Dabei wurden die Aufgaben 1 und 2 in der Experimentalgruppe etwas höher bewertet, während die Aufgabe 4 in der Kontrollgruppe etwas höher bewertet wurde. Aufgabe 3 wurde in beiden Gruppen gleich bewertet.

Die Vorstellbarkeit des fertigen Spielplatzes („Ich konnte mir den Spielplatz gut vorstellen“) wurde ebenfalls in beiden Gruppen und für alle Aufgaben sehr hoch bewertet, ohne signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (vgl. Anhang E.4). Hierbei wurden die Aufgaben 1 und 2 in der Experimentalgruppe etwas höher bewertet, während die Aufgaben 3 und 4 in der Kontrollgruppe leicht höhere Werte erzielten.

Die Zufriedenheit mit der eigenen Lösung der Aufgabe („Ich bin mit meiner Lösung der Aufgabe zufrieden“) wurde in beiden Gruppen und für alle Aufgaben gut bewertet (vgl. Anhang E.4). Für die ersten drei Aufgaben wurde die Zufriedenheit in der Experimentalgruppe etwas höher bewertet als in der Kontrollgruppe. Auch hier waren die Unterschiede jedoch nicht signifikant.

Die im Mittel für die einzelnen Aufgaben verwendete Zeit unterscheidet sich sowohl zwischen den Aufgaben als auch zwischen den Gruppen (Tabelle 34 und Abbildung 59). Dabei haben sich die Teilnehmenden der Experimentalgruppe für alle Aufgaben außer für Aufgabe 3 durchschnittlich mehr Zeit gelassen als die Teilnehmenden der Kontrollgruppe. Die Unterschiede zwischen der minimal und maximal benötigten Zeit sind zum Teil erheblich, dies gilt jedoch für beide Gruppen.

Aufgrund der nicht erfüllten Normalverteilungsvoraussetzung wurde eine Varianzanalyse mit vorangestellter Rangtransformation durchgeführt (ART-ANOVA; Wobbrock et al., 2011). Dieser Ansatz relativiert zudem durch den Einsatz einer Rangtransformation den Einfluss extremer Werte (Ausreißer). Gefundene Ausreißer wurden daher nicht entfernt und in die Analyse einbezogen. Details zur Durchführung der Analyse sind im Anhang E.6 dokumentiert.

Die ANOVA zeigte hochsignifikante Unterschiede für beide Haupteffekte (Gruppe: $p = .007$ und Aufgabe: $p < .001$) sowie für den Interaktionseffekt ($p < .001$; vgl. Anhang E.6). Eine genauere Analyse in

Post-hoc-Tests bestätigte den Unterschied zwischen den Gruppen ($p = .005$) sowie zwischen allen Aufgaben außer zwischen Aufgabe 1 und Aufgabe 2 (Anhang E.6). Eine Analyse der Interaktionseffekte zwischen den Gruppen zeigte nur für Aufgabe 2 einen signifikanten Unterschied (Tabelle 34).

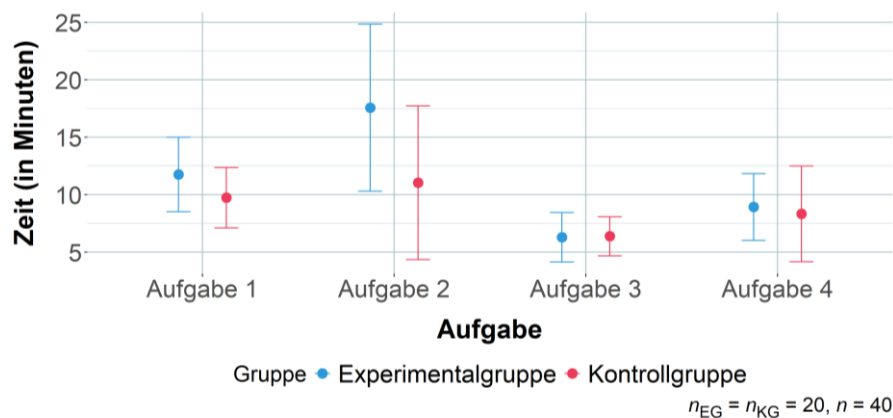


Abbildung 59: Verwendete Zeit für die vier Aufgaben

Zudem wurden mögliche Interaktionseffekte zwischen den Aufgaben für beide Gruppen untersucht. Von besonderem Interesse waren hierbei der Unterschied zwischen Aufgabe 1 und Aufgabe 3, die beide das Ansehen von Vorschlägen in AR beinhalteten, sowie zwischen Aufgabe 2 und Aufgabe 4, in denen jeweils eigene Ideen im Vorschlagseditor abgebildet werden sollten. In der Experimentalgruppe zeigte der Post-hoc-Test sowohl zwischen den Aufgaben in der AR-Ansicht als auch zwischen den Aufgaben im Editor stark signifikante Unterschiede (jeweils $p < .001$). In der Kontrollgruppe hingegen zeigte der Test nur zwischen Aufgabe 1 und Aufgabe 3 einen signifikanten Unterschied ($p < .001$). Die Auswertung aller Interaktionseffekte ist in Anhang E.6 dokumentiert.

Aufgabe	Gruppe	M	SD	Min.	Max.	Signifikanztest
Aufgabe 1 Vorschläge ansehen und vergleichen	EG	11.76	3.24	6.60	19.31	Post-hoc-Test*: $V = 154, p = .278$
	KG	9.74	2.63	5.82	14.73	
Aufgabe 2 Vorschlag erstellen	EG	17.57	7.27	6.53	30.85	Post-hoc-Test*: $V = 177, p = .022 (*)$
	KG	11.04	6.69	5.48	24.64	
Aufgabe 3 Vorschlag beschreiben und bewerten	EG	6.30	2.15	2.85	12.34	Post-hoc-Test*: $V = 91, p = 1$
	KG	6.38	1.70	3.76	9.80	
Aufgabe 4 Vorschlag weiterentwickeln	EG	8.93	2.90	3.60	16.29	Post-hoc-Test*: $V = 136, p = 1$
	KG	8.33	4.16	3.64	22.56	

*) Paarweiser Wilcoxon-Rangsummen-Test mit angewandter Bonferroni-Korrektur

Tabelle 34: Verwendete Zeit für die einzelnen Aufgaben (in Minuten)

Die wahrgenommene Arbeitsbelastung lag in beiden Gruppen und für alle gemessenen Dimensionen in der unteren Hälfte, wobei ein kleiner Wert eine geringe Belastung bzw. eine gute Leistung repräsentiert (Wertebereich: 1–20, Tabelle 35). Die wahrgenommene Belastung ist hierbei in der Experimentalgruppe in allen Dimensionen größer als in der Kontrollgruppe. Die größten Unterschiede zeigen sich für körperliche Anforderung (+5.85) und Frustration (+3.90). Ein Wilcoxon-Rangsummen-Test zeigte einen signifikanten Unterschied für körperliche Anforderung ($p = .005$) und ein Welch-t-Test zeigte einen signifikanten Unterschied für Frustration ($p = .021$; vgl. Tabelle 35). Für die übrigen Kategorien liegt der Unterschied zwischen 1.25 und 2.15 und ist nicht signifikant ($p > .05$). Die Standardabweichung liegt in diesen Fällen jeweils deutlich über dem Gruppenunterschied. In beiden Gruppen wurde die zeitliche Anforderung mit Abstand am geringsten bewertet (EG: $M = 3.70$; KG: $M = 2.45$). Details zur Auswertung sind im Anhang E.5 dokumentiert.

ID	Dimension	Experimentalgruppe	Kontrollgruppe	Signifikanztest
		<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	
1	Geistige Anforderung	9.85 (4.08)	8.60 (3.91)	$t(38) = 0.99, p = .339$
2	Körperlicher Anforderung	9.30 (6.32)	3.45 (3.97)	$W = 304, p = .005 (**)$
3	Zeitliche Anforderung (Zeitdruck)	3.70 (3.21)	2.45 (3.89)	$t(37) = 1.11, p = .275$
4	Leistung (Zufriedenheit)	8.20 (4.72)	6.05 (4.26)	$t(38) = 1.51, p = .139$
5	Anstrengung	8.90 (3.35)	7.50 (4.65)	$t(38) = 1.09, p = .282$
6	Frustration	8.30 (5.80)	4.40 (4.35)	$t(35) = 2.41, p = .021 (*)$

20 Punkte Skala mit 1 = gering und 20 = hoch; für Item 4: 1 = gut und 20 = schlecht

Tabelle 35: Vergleich der Arbeitsbelastung (NASA-TLX)

In einer explorativen Analyse wurden mögliche Korrelationen zwischen den einzelnen Dimensionen des NASA-TLX und dem Alter sowie der Technikaffinität der Teilnehmenden untersucht. Nachfolgend werden die Ergebnisse aller signifikanten Gruppenunterschieden vorgestellt. Eine Zusammenstellung aller Ergebnisse ist in Anhang E.5 dargestellt.

Für das Alter der Teilnehmenden wurden signifikanten Gruppenunterschiede in den Korrelationen mit der geistigen Anforderung ($Z = 3.75, p < .001$), der zeitlichen Anforderung ($Z = 2.53, p = .012$) sowie der Leistung (Zufriedenheit; $Z = 2.00, p = .046$) festgestellt.

Für die geistige Anforderung zeigte sich in Experimentalgruppe eine positive und signifikante Korrelation ($r = 0.45, p = .045$), während sie in der Kontrollgruppe negativ, aber nicht signifikant war ($r = -0.36, p = .114$). Für die zeitliche Anforderung war die Korrelation in der Experimentalgruppe positiv ($r = 0.43, p = .061$) und in der Kontrollgruppe negativ ($r = -0.13, p = .580$), jedoch in keiner Gruppe signifikant. Obwohl für die Leistung (Zufriedenheit) ein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt wurde, waren die Korrelationen innerhalb der Gruppen nicht signifikant. Tendenziell bewerteten ältere

Personen in der Experimentalgruppe ihre Leistung besser als ältere Personen in der Kontrollgruppe. Die Bewertungen jüngerer Teilnehmender waren in beiden Gruppen breit gestreut.

Für die Technikaffinität der Teilnehmenden wurden signifikante Gruppenunterschiede in den Korrelationen mit der geistigen Anforderung ($Z = 2.05, p = .040$) sowie der wahrgenommenen Anstrengung festgestellt ($Z = 2.06, p = .040$). In keiner der Gruppen wurden für diese Dimension signifikante Korrelationen gefunden.

6.2.8 Vergleich: Beteiligungsbereitschaft

Um den Einfluss des verwendeten Werkzeugs (AR-App bzw. analoges Werkzeug) auf die Beteiligungsbereitschaft zu untersuchen, wurde diese vor und nach der Nutzung des jeweiligen Werkzeugs erhoben (vgl. Abschnitt 6.1; **RQ2.5: Beteiligungsbereitschaft**). Für die zu Beginn der Studie erfasste allgemeine Beteiligungsbereitschaft zeigten sich für keine der drei Beteiligungsformen (informieren, beitragen, initiieren) signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (vgl. Abschnitt 6.2.1). Dies spricht für eine gelungene Randomisierung und vergleichbare Ausgangsbedingungen in beiden Gruppen.

Am Ende der Studie wurde die Beteiligungsbereitschaft zweifach erhoben: Zum einen für eine zukünftige Beteiligung mit dem genutzten Werkzeug und zum anderen mit einem anderen, nicht näher beschriebenen Werkzeug (jeweils für alle drei Beteiligungsformen). Teilnehmende in der Experimentalgruppe verwendeten ausschließlich die AR-App und Teilnehmende in der Kontrollgruppe nur das analoge Material. Die Einschätzung zur Beteiligung mit dem „anderen Werkzeug“ diente als Referenz für eine allgemeine Bereitschaft zur Beteiligung unabhängig vom konkret eingesetzten Tool. Der Vergleich beider Werte innerhalb der Gruppen erlaubt Rückschlüsse darauf, ob das jeweilige Werkzeug die Beteiligungsbereitschaft eher fördert oder hemmt. Ein Überblick der Ergebnisse ist in Abbildung 60 dargestellt. Die Abbildung stellt keinen zeitlichen Verlauf dar, sondern zeigt jeweils für die drei Beteiligungsformen den Vergleich zwischen dem genutzten und einem anderen Werkzeug.

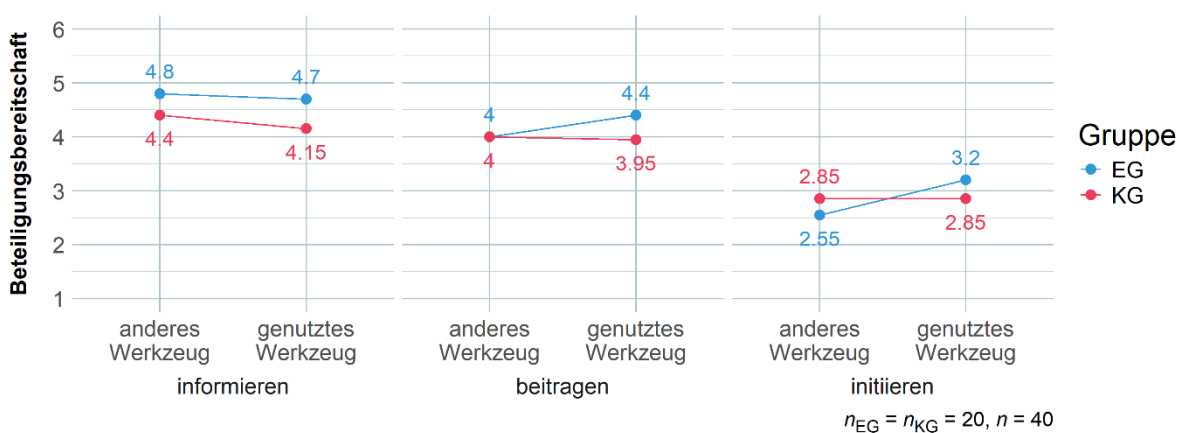


Abbildung 60: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung)

Insgesamt ist die mittlere Beteiligungsbereitschaft zwischen den Gruppen und über alle Erhebungen sehr ähnlich (Tabelle 36). Mit einer Ausnahme (initiiieren, anderes Werkzeug) ist die Beteiligungsbereitschaft hierbei in der Experimentalgruppe jeweils etwas höher als in der Kontrollgruppe oder entspricht dieser (beitragen, anderes Werkzeug).

Beteiligungsform	Gruppe	Anderes Werkzeug; <i>M (SD)</i>	Genutztes Werkzeug; <i>M (SD)</i>
Informieren	EG	4.80 (1.28)	4.70 (1.42)
	KG	4.40 (1.00)	4.15 (1.18)
Beitragen	EG	4.00 (1.03)	4.40 (1.46)
	KG	4.00 (0.97)	3.95 (1.50)
Initiiieren	EG	2.55 (1.19)	3.20 (1.47)
	KG	2.85 (1.23)	2.85 (1.56)

Tabelle 36: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung)

Zur Untersuchung von Effekten auf die Beteiligungsbereitschaft wurde aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten eine Mixed-Design-ANOVA mit Aligned Rank Transform (ART; aus dem R-Package ARTool) durchgeführt. Die ART-ANOVA setzt keine Normalverteilung voraus und ermöglicht die Analyse von Haupt- und Interaktionseffekten (Wobbrock et al., 2011). Die Varianzanalyse bezieht sich auf die beiden Erhebungen nach der Nutzung des Werkzeugs (*genutztes Werkzeug* und *anderes Werkzeug*) und wurde jeweils für die drei Beteiligungsformen durchgeführt. Zu Beginn der Studie wurde allgemein nach der individuellen Beteiligungsbereitschaft gefragt (unabhängig von einem bestimmten Werkzeug oder einer bestimmten Methode). Am Ende der Studie wurde nach der Bereitschaft gefragt, sich mit dem zuvor verwendeten Werkzeug bzw. mit einem anderen Werkzeug zu beteiligen. Die Daten der ersten Erhebung sind daher nicht direkt mit denen der späteren Erhebungen vergleichbar. Aus diesem Grund bezieht sich die nachfolgend beschriebene Varianzanalyse nur auf die späteren Erhebungen zur Beteiligungsbereitschaft (*genutztes Werkzeug* und *anderes Werkzeug*). Abhängigkeiten durch wiederholte Messungen pro Person wurden durch einen Fehlerterm im Modell berücksichtigt. Dort, wo die Varianzanalyse signifikante ($p < .05$) oder marginal signifikante Effekte ($.1 > p > .05$) zeigte, wurden zudem Post-hoc-Tests durchgeführt. Zur Reduktion des Alphafehlers wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt. Alle Details zum Vorgehen sowie alle Ergebnisse sind in Anhang E.2 dokumentiert.

Für das Level „informieren“ wurde ein marginal signifikanter Unterschied zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe festgestellt ($F(38) = 3.16, p = .083$; Anhang E.2). Die Beteiligungsbereitschaft war hierbei in beiden Erhebungen in der Experimentalgruppe etwas höher als in der Kontrollgruppe (Tabelle 36). Ein durchgeführter Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur zeigte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe ($p = .085$). Auch für den Einfluss des Werkzeugs zeigte der Test keinen signifikanten Effekt ($F(38) = 0.20, p = .660$). Deskriptiv ist in beiden Gruppen die Beteiligungsbereitschaft für *ein anderes Werkzeug* etwas höher als für das *genutzte Werkzeug*.

Die Varianzanalyse zeigte keinen signifikanten Interaktionseffekt ($F(38) = 0.16, p = .696$; siehe Tabelle 36 und Abbildung 60).

Für das Level „beitragen“ zeigte der Test einen marginal signifikanten Haupteffekt für das Werkzeug ($F(38) = 3.50, p = .069$; Anhang E.2). Dieser konnte jedoch in einem Post-hoc-Test (paarweiser t-Test mit Bonferroni-Korrektur) nicht bestätigt werden ($p = .219$). Weder für den Haupteffekt der Gruppe ($F(38) = 0.77, p = .385$) noch für die Interaktion ($F(38) = 1.76, p = .192$) zeigte die Analyse signifikante Unterschiede. Deskriptiv wurde die Beteiligungsbereitschaft in der Experimentalgruppe für das *verwendete Werkzeug* (AR-App) höher bewertet als für *ein anderes Werkzeug*. Für die Kontrollgruppe wurde die Beteiligungsbereitschaft hingegen für das *verwendete Werkzeug* (Papier-Material) etwas geringer bewertet als für *ein anderes Werkzeug*.

Für das Level „initiiieren“ zeigte die Analyse einen marginal signifikanten Haupteffekt für das Werkzeug ($F(38) = 3.03, p = .090$; Anhang E.2). Ein explorativ durchgeführter Post-hoc-Test zeigte hier jedoch keinen signifikanten Effekt ($p = .393$). Zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe wurde hingegen ebenfalls kein signifikanter Unterschied festgestellt ($F(38) = 0.04, p = .835$). Die Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt ($F(38) = 5.82, p = .021$). Dieser wurde in einem Post-hoc-Test für die Experimentalgruppe bestätigt ($V = 6, p = .029$). Für die Kontrollgruppe zeigte der Test jedoch keinen signifikanten Effekt ($V = 18, p = 1$). Deskriptiv ist die Beteiligungsbereitschaft für die Kontrollgruppe unabhängig vom Werkzeug, während sie in der Experimentalgruppe für das *genutzte Werkzeug* (AR-App) deutlich höher bewertet wurde.

6.3 Diskussion zur Laborstudie

In diesem Kapitel werden die zuvor vorgestellten Ergebnisse (Kapitel 6.2) mit Blick auf die Forschungsfragen diskutiert. Als Grundlage wird hierzu die Randomisierung diskutiert (Abschnitt 6.2.1). Mit Blick auf die erste Forschungsfrage wird die Gebrauchstauglichkeit der mobilen AR-App diskutiert (Abschnitt 6.2.2). Aufbauend auf der erfolgreichen Randomisierung werden dann die mobile AR-App und das analoge Beteiligungswerkzeug anhand verschiedener Aspekte verglichen und die praktische Bedeutung der Ergebnisse diskutiert (Abschnitte 6.2.3 bis 6.3.8).

6.3.1 Vergleichbarkeit der Gruppen

Um die beiden Beteiligungswerkzeuge miteinander vergleichen zu können, ist eine erfolgreiche Randomisierung der Experimental- und Kontrollgruppe wichtig. Um dies zu überprüfen, wurden die Gruppen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit in Bezug auf Geschlecht, Alter, Technikaffinität, initiale Beteiligungsbereitschaft, Beteiligungserfahrung, Erfahrung mit Augmented Reality, Interesse am Thema (Stadtplanung und Spielplatzgestaltung), Relevanz des Themas sowie individuelle Schätzfähigkeit verglichen. Für keines der Merkmale wurden statistisch signifikante Unterschiede festgestellt.

Beide Versuchsgruppen bestanden aus jeweils 20 Teilnehmenden ($n = 20$), insgesamt also 40 Personen. Die Stichprobe setzte sich aus 19 Studierenden und 21 Personen aus Lübeck und Umgebung zusammen, die annähernd gleichmäßig auf beide Gruppen verteilt waren. Die Verteilung der Geschlechter der Teilnehmenden war in beiden Gruppen sehr ähnlich, wobei in beiden Gruppen mehr weibliche als männliche Teilnehmende waren. Die Verteilung der Technikaffinität der Teilnehmenden war vergleichbar mit der einer deutschen Quotenstichprobe und weist zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf. Damit ist sowohl sichergestellt, dass die AR-App von Teilnehmenden mit unterschiedlicher Technikaffinität genutzt und bewertet wurde, als auch, dass es zu keiner einseitigen Verteilung von Personen mit hoher oder geringer Technikaffinität auf eine der Gruppen gekommen ist.

Da für die Beteiligungsbereitschaft zum Zeitpunkt der Vorbefragung für keine der Beteiligungsformen (informieren, beitragen und initiieren) signifikante Unterschiede festgestellt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass diese keinen Einfluss auf mögliche Gruppenunterschiede anderer Variablen hat. Auch hinsichtlich der bisherigen Beteiligungserfahrung und Erfahrung mit Augmented Reality wurden keine Unterschiede festgestellt. In beiden Gruppen hat ein ähnlicher Anteil bereits Erfahrung beziehungsweise noch keine Erfahrung gesammelt.

Die Teilnehmenden in der Experimentalgruppe waren im Mittel etwas weniger interessiert an der Gestaltung von Spielplätzen, dafür aber etwas mehr interessiert an Stadtplanung allgemein. Die Gruppen sind sich aber auch hier sehr ähnlich. Den Teilnehmenden beider Gruppen ist die Beteiligung von Einwohnern und Interessierten an der Gestaltung neuer Spielplätze wichtig. Zwar gibt es Unterschiede, wann die Teilnehmenden der beiden Gruppen Spielplätze mit eigenen oder fremden Kindern zuletzt genutzt haben, jedoch haben fast alle Teilnehmenden in beiden Gruppen (jeweils 80 %) zum Zeitpunkt der Studie oder in der Vergangenheit Spielplätze mit Kindern genutzt. Somit kann von einer ähnlichen Relevanz des Themas in beiden Gruppen ausgegangen werden.

Da in der Vorbefragung für keine der Schätzaufgaben signifikante Unterschiede festgestellt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die Teilnehmenden der Experimental- und Kontrollgruppe im Mittel etwa gleich gut im Schätzen von Größen und Entfernungen sind.

Die Methodik der Studie und der Realismus des Beteiligungsprojekts wurden in beiden Gruppen als gut oder sehr gut bewertet, ohne dass signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten. Auch in dieser Hinsicht kann daher von gleichen Ausgangsbedingungen für die Teilnehmenden der Experimental- und Kontrollgruppe ausgegangen werden.

6.3.2 Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (**RQ1: Bewertung der AR-App**) wurden die Gebrauchstauglichkeit, die visuelle Ästhetik sowie die wahrgenommene Belastung erhoben. Das Ziel war, einzuschätzen, wie gut die AR-App geeignet ist, um damit die definierten Aufgaben (informieren, beitragen, weiterentwickeln; vgl. Abschnitt 3.2) zu bearbeiten.

Die Ergebnisse bescheinigen der „Participate“ App eine gute allgemeine Gebrauchstauglichkeit (SUS-Score) und eine gute visuelle Ästhetik. Alle Teilnehmenden waren in der Lage, die App zu verwenden, um sich damit Vorschläge in AR anzusehen und zwischen verschiedenen Vorschlägen zu wechseln (informieren), eigene Vorschläge zu erstellen (beitragen) und bestehende Vorschläge im Editor zu öffnen, zu bearbeiten und zu veröffentlichen (weiterentwickeln).

Zudem bewerteten die Teilnehmenden das Gefallen der Aufgaben („Die Aufgabe hat mir gefallen“) sowie die Zufriedenheit mit der eigenen Lösung der Aufgabe („Ich bin mit meiner Lösung der Aufgabe zufrieden“) als gut bis sehr gut. Die Teilnehmenden gaben an, die Aufgaben seien gut lösbar gewesen und das Endergebnis sei mithilfe der App gut vorstellbar gewesen.

Die wahrgenommene Arbeitsbelastung bei der Verwendung der App für die gegebenen Aufgaben wurde für alle Dimensionen aus der zeitlichen Anforderung auf einem mittleren Niveau, aber insgesamt positiv bewertet. Die zeitliche Anforderung wurde als sehr gering bewertet, während die höchste Beanspruchung bei der Verwendung der App in den Bereichen geistige und körperliche Anforderung lag. Den Teilnehmenden wurde nicht vorgeschrieben, wie lange sie für die Bearbeitung der Aufgaben Zeit haben, und die Teilnehmenden scheinen auch keinen Zeitdruck verspürt zu haben.

Die Leistung der Teilnehmenden schwankte zwischen den Aufgaben. Das größte Problem waren fehlerhaft platzierte Elemente – ein Problem, das sich vermutlich über eine automatisierte Kollisionswarnung lösen ließe. Die App ist grundsätzlich bereits gebrauchstauglich für die vorgegebenen Aufgaben, die Effektivität könnte jedoch durch zusätzliche Unterstützungsfunktionen weiter gesteigert werden.

6.3.3 Vergleich mit einem analogen Werkzeug

Es konnte gezeigt werden, dass die Randomisierung von Experimental- und Kontrollgruppe erfolgreich war (Abschnitt 6.3.1) und dass die mobile AR-Beteiligungsapp für die definierten Aufgaben (informieren, beitragen und weiterentwickeln) gebrauchstauglich ist (Abschnitt 6.3.2). Auch das analoge Beteiligungswerkzeug weist eine hohe Gebrauchstauglichkeit auf, die sogar höher ist als die Bewertung der AR-App. Für die visuelle Ästhetik erhielten beide Werkzeuge eine sehr gute Bewertung. Zudem konnten alle Aufgaben von allen Teilnehmenden mit dem jeweiligen Werkzeug bearbeitet werden. Damit sind wichtige Vorbedingungen für den Vergleich der AR-App mit dem analogen Werkzeug erfüllt.

6.3.4 Vergleich: Verständnis räumlicher Informationen

Um bewerten zu können, welchen Einfluss das verwendete Werkzeug auf das Verständnis von Informationen hat, wurden mehrere Aufgaben gestellt, die so gestaltet waren, dass die Lösungen entweder leichter in einer dreidimensionalen Visualisierung, etwas gleich gut in 2D und 3D oder gar nicht direkt sichtbar waren (**RQ2.1: Verständnis räumlicher Informationen**).

Es wurde angenommen, dass die Experimentalgruppe bei der Aufgabe zur höchsten Rutsche besser abschneiden würde als die Kontrollgruppe, da die 3D-Ansicht die Lösung erleichtern würde. Da in beiden Gruppen fast alle Teilnehmende die richtige Antwort gewählt haben, konnte dies nicht bestätigt werden. Zudem haben die meisten Teilnehmenden ihre Entscheidung nachvollziehbar begründet. Die Anmerkungen einiger Teilnehmender zeigen, dass auch visuelle Hinweise, die nicht direkt die Höhe preisgeben und auch in 2D erahnt werden können (z. B. das Vorhandensein einer Plattform an der Rutsche) geholfen haben, die richtige Antwort zu geben.

Bei der Aufgabe zu den freien Sichtachsen wurde erwartet, dass die 3D-Visualisierung hier zwar helfen würde, der Einfluss jedoch geringer sei als bei der ersten Aufgabe. Zwar zeigen die Ergebnisse eine etwas bessere Leistung der Experimentalgruppe, jedoch ist der Unterschied zu klein, um aussagekräftig zu sein. Zudem wurde die Aufgabe in beiden Gruppen nur von etwa der Hälfte der Teilnehmenden korrekt beantwortet. Unter den falschen Antworten waren sowohl zu viele als auch zu wenige ausgewählte Sitzgelegenheiten. Das könnte darauf hindeuten, dass der Interpretationsspielraum zu groß war, ab wann eine Sichtachse als blockiert gilt. Offenbar konnte keines der Werkzeuge hier ausreichend Hilfestellung geben.

Für das Schätzen der Fläche des Spielplatzes und des von Elementen belegten Anteils sollte eine zweidimensionale Ansicht ausreichen und die AR-Ansicht keinen Vorteil bringen. Obwohl der mittlere absolute Fehler für die Fläche in der Kontrollgruppe zweimal bis dreimal so groß ist, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Möglicherweise hat die Darstellung in AR sehr große Fehler verhindert, jedoch kann dies aus den vorliegenden Daten nicht direkt abgeleitet werden. Beim belegten Anteil konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Zugleich wurde der Anteil in beiden Gruppen deutlich zu hoch eingeschätzt.

Für die Aufgabe zur Benennung des Spielplatzentwurfs, der am besten für alle Altersgruppen geeignet ist, wurde angenommen, dass der Unterschied zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe in der Aufgabe zum besten Spielplatz für alle Altersgruppen (bis 12 Jahre) geringer ausfallen würde als bei der Aufgabe zur höchsten Rutsche, da weder die Visualisierung in 2D noch in 3D bei der Lösung helfen würde. Dies konnte bestätigt werden, da in beiden Gruppen ähnlich viele Teilnehmende die erwartete Antwort gewählt haben. Die Nachvollziehbarkeit der Begründung wurde von den Gutachtern bei der Kontrollgruppe leicht höher bewertet als für die Experimentalgruppe.

6.3.5 Vergleich: Beitragen eigener Vorschläge

Zur Beantwortung der Forschungsfrage **RQ2.2 (Vergleich beim Beitragen)** haben die Teilnehmenden eigene Vorschläge erstellt (Aufgabe 2) und einen bestehenden Vorschlag weiterentwickelt (Aufgabe 4). Alle Teilnehmenden haben diese Aufgaben vollständig bearbeitet und die Grundaufgaben *Elemente auswählen und zum Vorschlag hinzufügen, Elemente platzieren, verschieben und rotieren* sowie *Elemente entfernen* erfolgreich ausgeführt.

In der Experimentalgruppe wurden durchschnittlich mehr Elemente platziert und mehr Fehler gemacht als in der Kontrollgruppe. Hierbei konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der platzierten Elemente und der Anzahl der fehlerhaft platzierten Elemente nachgewiesen werden. Die zusätzlichen Fehler sind daher vermutlich nicht allein auf die größere Anzahl an platzierten Elementen zurückzuführen.

Die Anzahl fehlerhaft platzierter Elemente hat sich in Aufgabe 4 insbesondere in der Experimentalgruppe gegenüber Aufgabe 2 verringert und zudem zwischen den Gruppen angenähert. In der Experimentalgruppe gibt es weniger Vorschläge mit Fehlern und in der Kontrollgruppe etwas mehr Vorschläge mit Fehlern als in Aufgabe 2.

Für das Weiterentwickeln eines Vorschlags (Aufgabe 4) wurden deutlich geringere Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt als für das Erstellen eines neuen Vorschlags (Aufgabe 2). Dies betrifft neben der Anzahl der fehlerhaft platzierten Elemente auch die Vielfalt der platzierten Elemente. Diese Phänomene könnten auf verschiedene Erklärungsansätze zurückzuführen sein:

Ein Ansatz könnte der vorgegebene Vorschlag als Ausgangspunkt der Bearbeitung in Aufgabe 4 sein. Durch die in Aufgabe 4 bereits vorgegebenen Elemente könnte eine Scheu bestanden haben, den Vorschlag zu sehr zu verändern und dadurch weitere (unterschiedliche) Elemente zu platzieren. Da der vorgegebene Vorschlag zudem keine Fehler enthielt, könnte es leichter gewesen sein, auch mit Änderungen einen Vorschlag mit weniger Fehlern einzureichen. Diesem Erklärungsansatz steht jedoch entgegen, dass mit durchschnittlich 37 % (EG) bzw. 33 % (KG) der Elemente in den eingereichten Vorschlägen ein bedeutender Anteil erst durch die Bearbeitung hinzugefügt wurde.

Ein weiterer Ansatz könnte ein Lerneffekt bei der Verwendung des Vorschlagseditors in der App gewesen sein. Sofern ein Teil der gemachten Fehler auf eine Fehlbedienung zurückzuführen ist, könnte ein Lerneffekt dazu geführt haben, dass die Teilnehmenden in Aufgabe 4 Elemente genauer und daher mit weniger Fehlern platziert haben.

Zudem ist denkbar, dass durch die vorherigen Aufgaben in Aufgabe 4 eine gewisse Ermüdung eingetreten ist. Diese könnte dazu geführt haben, dass weniger und damit auch weniger verschiedene Elemente platziert wurden. Durch die leicht geringere Anzahl an Elementen könnte dann auch zu weniger Fehlern (insbesondere Überschneidungen) gekommen sein.

In der Experimentalgruppe wurden zwar insgesamt mehr Fehler gemacht, die einzelnen Teilnehmenden platzierten jedoch meist nur wenige Elemente fehlerhaft. Eine Fehlererkennung in der App könnte das Problem daher voraussichtlich stark reduzieren. Zudem wurde in der Experimentalgruppe ein deutlich größerer Anteil der gemachten Fehler als nachvollziehbar eingestuft als in der Kontrollgruppe (vgl. Abschnitt 6.1.5). Dies könnte bedeuten, dass die Teilnehmenden der Experimentalgruppe experimentierfreudiger waren und ihre Spielplatzvisionen häufiger durch gezieltes Kombinieren mehrerer Elemente realisiert haben – obwohl dies den Vorgaben für eine korrekte Platzierung widersprach.

6.3.6 Vergleich: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte

Für den Einfluss des AR-Werkzeugs auf den Diskurs konnte kein statistisch signifikanter Effekt nachgewiesen werden (**RQ2.3: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte**). Zwar gab es Unterschiede in der Anzahl der korrekt benannten Elemente, der beschriebenen positiven und negativen Aspekte sowie in den einzelnen Dimensionen der Diskursqualität, jedoch konnten diese Unterschiede statistisch nicht bestätigt werden.

Ein interessanter Punkt ist die leicht größere Anzahl genannter sichtbarer Aspekte (z. B. Sichtachsen) in der Experimentalgruppe im Vergleich zu etwas mehr nicht sichtbaren Aspekten (z. B. rein auf Erfahrung basierend) in der Kontrollgruppe. Durch die fehlende statistische Signifikanz kann mit den vorliegenden Daten aus den gemessenen Unterschieden jedoch nicht auf einen tatsächlichen Effekt geschlossen werden.

Die geringen Mittelwerte für die Diskursqualität von 3.49 ($SD = 0.82$) in der Experimental- und 3.50 ($SD = 1.19$) in der Kontrollgruppe decken sich mit den Ergebnissen der Studie von Schünemann & Steiger (2019). Dort ergibt sich im Mittel über die beschriebenen Erhebungen ein Mittelwert von 3.74 ($SD = 0.21$; eigene Berechnung für die ersten vier DQI-Dimensionen; maximal möglich wäre ein Wert von 10). Da zudem für die Diskursqualität keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden, kann in beiden Gruppen von einer durchschnittlichen Diskursqualität gesprochen werden. Es konnte daher in der Studie kein Einfluss des AR-Werkzeugs auf die Diskursqualität nachgewiesen werden. Mögliche methodische Erklärungen hierzu werden in Abschnitt 6.4 diskutiert.

6.3.7 Vergleich: Schwierigkeit und Arbeitsbelastung

Zur Beantwortung von Forschungsfrage **RQ2.4 (Schwierigkeit und Arbeitsbelastung)** wurde untersucht, wie die Teilnehmenden die Aufgaben wahrgenommen haben. Die Aufgaben wurden in beiden Gruppen gut bis sehr gut und dabei sehr ähnlich bewertet. Für die Aspekte Lösbarkeit und Gefallen der Aufgabe sowie Vorstellbarkeit des Ergebnisses und Zufriedenheit mit dem Ergebnis konnte nur für die Zufriedenheit in Aufgabe 4 ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Deskriptiv lässt sich feststellen, dass die Bewertung der Experimentalgruppe in den ersten drei Aufgaben hinsichtlich der für diese Studie zentralen Aspekte Vorstellbarkeit und Zufriedenheit tendenziell etwas besser ausfällt. Die geringen Unterschiede erlauben jedoch keine weitergehenden Schlüsse.

Für die Bearbeitungszeit gab es keine festen Vorgaben und die Teilnehmenden haben sich unterschiedlich viel Zeit für die einzelnen Aufgaben gelassen. Der Unterschied zwischen der kürzesten und längsten Bearbeitungszeit für eine Aufgabe ist bis zu 24 Minuten (Kontrollgruppe, Aufgabe 2). Wie im Ergebniskapitel dargestellt, haben sich die Teilnehmenden in der Experimentalgruppe zwar für alle Aufgaben außer Aufgabe 3 mehr Zeit gelassen als die Teilnehmenden der Kontrollgruppe, jedoch ist dieser Effekt nur für Aufgabe 2 signifikant. Die Standardabweichung innerhalb der Gruppen ist für alle Aufgaben größer als der Unterschied zwischen den Gruppen. Dies deutet auf eine hohe Variabilität der Bearbeitungszeit innerhalb jeder Gruppe hin.

Besonders auffällig ist die Interaktion bei Aufgabe 2 zwischen den Gruppen. Es ist möglich, dass die erstmalige Nutzung des Vorschlagseditors in der Experimentalgruppe mehr Einarbeitungszeit erforderte oder stärkeres Interesse weckte (längere Bearbeitungszeit) als das Planen eines Spielplatzentwurfs mit dem analogen Beteiligungsmaterial in der Kontrollgruppe (kürzere Bearbeitungszeit). Da der Unterschied nicht für die ähnliche Aufgabe 4 nachgewiesen wurde und der Zeitunterschied zwischen beiden Aufgaben nur in der Experimentalgruppe signifikant kürzer war, könnte dort zwischen Aufgabe 2 und Aufgabe 4 ein Lern- oder Gewöhnungseffekt aufgetreten zu sein.

Die von den Teilnehmenden für die Aufgaben benötigte Zeit erlaubt keine direkten Rückschlüsse auf ihre Ursache. So kann eine längere Zeit zwar beispielsweise auf Schwierigkeiten bei der Bedienung oder Unsicherheit bei der Lösung der Aufgabe hindeuten. Sie kann jedoch auch ein Hinweis auf ein größeres Interesse am Thema oder Spaß bei der Benutzung des verwendeten Werkzeugs sein. Die Ergebnisse des NASA-TLX zeigen, dass Zeitdruck in beiden Gruppen eine untergeordnete Rolle gespielt hat und der Zeitdruck nicht durch empfundenen Stress oder Zeitdruck beeinflusst wurde. Dies legt nahe, dass andere Faktoren wie Interesse, Einarbeitung oder Spaß die Bearbeitungszeit beeinflusst haben. Auch die Transkripte bestätigen, dass eine längere Bearbeitungszeit nicht zwangsläufig auf Schwierigkeiten bei der Nutzung des Werkzeuges hinweist. In mindestens zwei der längsten Durchläufe der Studie (jeweils über 60 Minuten; EG: VP9; KG: VP33) kann die Bearbeitungszeit laut Audio-Transkript eindeutig auf das Interesse der Teilnehmenden an der Gestaltung eines Spielplatzes zurückgeführt werden. Hier wurde vielen Details abgewogen und verschiedene Varianten bei der Platzierung der Elemente auf dem Spielplatz ausprobiert, ehe eine finale Lösung gespeichert/abgegeben wurde. In der Experimentalgruppe wurden die Zwischenentwürfe hierbei jeweils in AR angesehen und anschließend weiterbearbeitet (VP9). Obwohl diese Beispiele mögliche Erklärungen für die längeren Bearbeitungszeiten liefern, lassen sich diese aufgrund der vorliegenden Daten nicht verallgemeinern.

Die wahrgenommene Arbeitsbelastung wurde auf einem mittleren oder geringen Level und in der Experimentalgruppe für alle Dimensionen etwas höher eingeschätzt als in der Kontrollgruppe. Die höchste Belastung wurde hierbei für geistige Belastung wahrgenommen, während die zeitliche Belastung mit Abstand am geringsten eingeschätzt wurde. Signifikante Unterschiede wurden für nur die Dimensionen körperliche Belastung und Frustration festgestellt. Ein Review zum Einfluss von AR auf die kognitive

Belastung und Leitung in Lern- und Trainingsaufgaben wurde gezeigt, dass AR die kognitive Belastung im Vergleich zu Displays oder Papier prinzipiell reduzieren kann (Buchner et al., 2022). Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass auch Studien existieren, die eine höhere kognitive Belastung festgestellt haben – allerdings vor allem bei kognitiv sehr anspruchsvollen Aufgaben.

Besonders interessant ist der deutliche Unterschied beim Aspekt der wahrgenommenen körperlichen Aktivität. Beide Gruppen hatten denselben Laptop-Arbeitsplatz und denselben Weg zum ausliegenden Lageplan. Die unterschiedlich empfundene Belastung kommt daher wahrscheinlich durch das jeweils genutzte Werkzeug zustande. Die Ergebnisse zur Beteiligungsbereitschaft zeigen jedoch nicht, dass die AR-App ein Hindernis darstellen würde. Die genauen Auswirkungen der höheren empfundenen Belastung bleiben daher unklar.

Wenngleich noch im positiven Bereich, zeigen die Ergebnisse, dass die Teilnehmenden in der Experimentalgruppe durchschnittlich weniger zufrieden mit der eigenen Leistung waren als die Teilnehmenden der Kontrollgruppe. Jedoch wurden die Bewertung der Schwierigkeit und Lösbarkeit der einzelnen Aufgaben (jeweils im Kontext des verwendeten Werkzeugs gefragt) in beiden Gruppen sehr ähnlich und zum Teil sogar in der Experimentalgruppe besser bewertet als in der Kontrollgruppe. Daher kann angenommen werden, dass hier neben dem verwendeten Werkzeug auch weitere Aspekte eine Rolle gespielt haben. Ein häufig genanntes Problem bei der Gestaltung der Spielplatzvorschläge war beispielsweise Platzmangel, der dazu führte, dass die eigenen Vorstellungen nicht umgesetzt werden konnten.

6.3.8 Vergleich: Beteiligungsbereitschaft

Zur Beantwortung von Forschungsfrage **RQ2.5 (Beteiligungsbereitschaft)** wurde untersucht, welchen Einfluss das verwendete Werkzeug (AR-App oder analoges Werkzeug) auf die Beteiligungsbereitschaft der Teilnehmenden hat. Hierzu wurde erhoben, wie wahrscheinlich es ist, sich in Zukunft mit dem in der Studie genutzten Werkzeug zu beteiligen, und wie wahrscheinlich es ist, sich in Zukunft mit einem beliebigen anderen (außer dem genutzten) Werkzeug zu beteiligen (vgl. Abschnitt 6.1.2 und 6.2.8).

Nur für die Beteiligungsform *Initiieren* konnte ein signifikanter positiver Effekt der AR-App auf die Beteiligungsbereitschaft nachgewiesen werden. Dieser Effekt zeigte sich bei der AR-App, jedoch nicht beim analogen Material. Für die Beteiligungsform *Beitragen* konnte kein statistisch signifikanter Effekt nachgewiesen werden. Deskriptiv deutet sich ein leichter Unterschied an, der jedoch möglicherweise aufgrund der Stichprobengröße unterhalb der statistischen Nachweisgrenze liegt (siehe Abbildung 61). Während dieser Effekt in der Kontrollgruppe nicht vorhanden oder sogar negativ ist ($V = 36.5$, $p = .783$), zeigt sich in der Experimentalgruppe eine stärkere Tendenz zugunsten der AR-App ($V = 24$, $p = .127$). Für die Beteiligungsform *Informieren* konnten weder signifikante Effekte festgestellt noch deskriptive Unterschiede beobachtet werden.

In früheren Studien wurde ein Anstieg der Beteiligungsbereitschaft durch den Einsatz von AR im Kontext partizipativer Prozesse festgestellt. So berichten Allen et al. (2011) in einer Vorher-Nachher-Erhebung einen signifikanten Anstieg der Beteiligungsbereitschaft von 4.33 auf 5.33 auf einer 7-Punkte-Skala ($n = 18$; $p = .005$). Auch Awang et al. (2020) identifizieren in einer kontrollierten Vergleichsstudie einen signifikanten Unterschied zugunsten der AR-Gruppe ($n = 77$; AR-Gruppe: $n = 37$, Kontrollgruppe: $n = 40$). Die durchschnittliche Beteiligungsbereitschaft lag hier bei 4.43 (AR) gegenüber 4.13 (klassische Planungsunterlagen) auf einer 5-Punkte-Skala ($p = .042$).

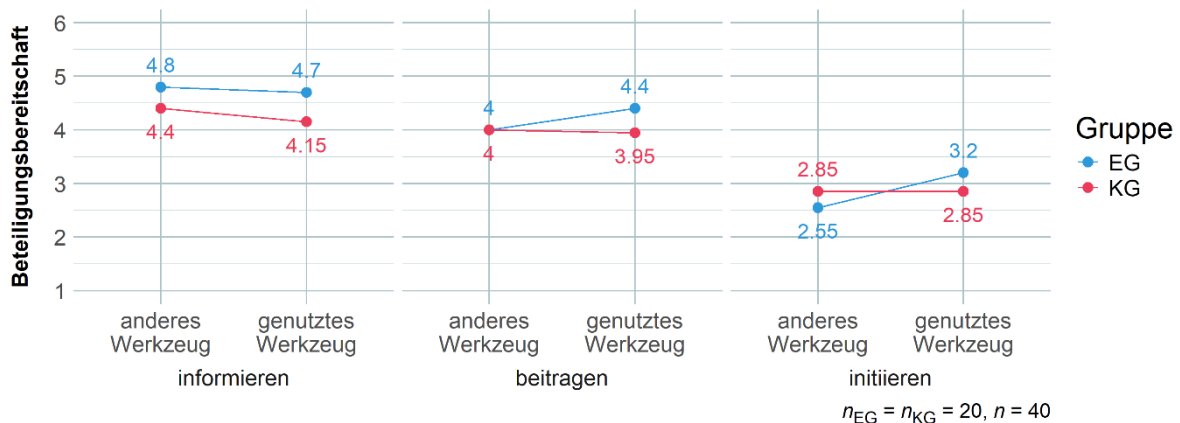


Abbildung 61: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung)

Ein vergleichbarer statistisch signifikanter Anstieg konnte in der vorliegenden Untersuchung statistisch nicht bestätigt werden. Eine deskriptive Betrachtung der Daten zeigt jedoch, dass die Beteiligungsbereitschaft in der Experimentalgruppe (AR-App) bei allen drei Beteiligungsformen entweder gleich hoch (informieren) oder höher (beitragen, initiieren) eingeschätzt wurde als bei einem vorgestellten alternativen Werkzeug. In der Kontrollgruppe (analoges Beteiligungsmaterial) hingegen wurde das genutzte Werkzeug entweder gleich gut (beitragen, initiieren) oder schlechter (informieren) bewertet als das alternative Werkzeug.

Die methodische Stärke der vorliegenden Studie liegt in der Kombination eines randomisierten Between-Subjects-Designs mit konkreten Beteiligungsaufgaben, die über reine Visualisierungen hinausgehen und tatsächliche Interaktion erfordern. Auch wenn kein statistisch signifikanter Anstieg der Beteiligungsbereitschaft durch AR-Visualisierungen nachgewiesen werden konnte, deuten die deskriptiven Ergebnisse darauf hin, dass die AR-App tendenziell für alle Beteiligungsformen bevorzugt wird. Falls ein Effekt vorliegt, wäre dieser – im Einklang mit früheren Studien – eher positiv zugunsten der AR-App zu bewerten.

6.4 Limitationen der Laborstudie

Das Studiendesign und die Rekrutierung der Teilnehmenden bringen einige Limitationen mit sich, die nachfolgend beschrieben werden.

Laborbedingungen: Die Studie fand unter kontrollierten Laborbedingungen statt, was zwar störende Einflüsse reduzierte, aber gleichzeitig unrealistische Bedingungen schuf. Die Teilnehmenden waren sich bewusst, dass es sich um ein fiktives Beteiligungsprojekt handelte. Auch wenn keine derartigen Fälle bekannt sind, könnte das Fehlen von Konsequenzen die Ernsthaftigkeit der Beiträge beeinträchtigt haben. Zudem waren die Teilnehmenden einerseits weitgehend vor Unterbrechungen und Ablenkungen abgeschirmt, andererseits aber unter ständiger Beobachtung durch die Versuchsleitung. Beide Faktoren könnten das Verhalten der Teilnehmenden beeinflusst haben.

Ein weiterer Aspekt der künstlichen Versuchssituation betrifft den fehlenden sozialen Austausch: Da in der Studie kein realer Diskurs stattfand, konnten wichtige Elemente wie soziale Interaktion oder Widerspruch zu getätigten Aussagen nicht erfasst werden. Daher wurde der DQI-Aspekt der konstruktiven Gesprächsführung nicht erfasst, und die Bewertung beschränkt sich ausschließlich auf die Aussagen der Teilnehmenden, ohne direkte Interaktion zwischen ihnen. Zwar wurden fremde Argumente und Einwände über simulierte Kommentare eingebunden, jedoch fehlten spontane Meinungsäußerungen. Eine weiterführende Untersuchung in einem realen Beteiligungsprojekt könnte realistischerer Bedingungen schaffen und zu weiteren Erkenntnissen führen. Dass im DQI keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt wurden, könnte ebenfalls auf diese reduzierte Form des Diskurses zurückzuführen sein. In einem realen Austausch mit sozialer Interaktion könnten sich AR-Effekte auf argumentative Qualität deutlicher zeigen.

Komplexität des Szenarios: Das in der Studie verwendete Szenario der Spielplatzgestaltung wurde bewusst einfach gehalten, um Vergleichbarkeit und Durchführbarkeit im Labor zu gewährleisten. Diese geringe inhaltliche Komplexität könnte jedoch dazu beigetragen haben, dass sich die Vorteile der AR-Visualisierung nicht deutlich gegenüber den analogen Materialien zeigten. Frühere Studien weisen darauf hin, dass Effekte von AR besonders bei komplexeren Aufgabenstellungen stärker zum Tragen kommen (Jeffri & Rambli, 2021).

Beteiligungswerkzeuge: Die analogen Materialien für die Kontrollgruppe wurden basierend auf der Funktionalität der AR-App gestaltet, um eine hohe Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Der Fokus lag dabei auf der Visualisierung: Funktionen, die zwar umsetzbar, aber nicht spezifisch für die AR-Technologie waren (z. B. eine automatische Kollisionserkennung für platzierte Elemente oder die automatische Berechnung der belegten Fläche), wurden bewusst nicht in die App integriert. Um die in der Draufsicht dargestellten Spielplatzelemente für die Kontrollgruppe besser erkennbar zu machen, erhielten die Teilnehmenden ab Aufgabe 2 gedruckte Abbildungen der Elemente in einer Schrägansicht. Diese Vorschau-bilder, die mit der Darstellung in der App identisch waren, könnten zusätzliche Hinweise geliefert haben

(z. B. zur Höhe der Elemente), die sonst nur in der AR-Darstellung sichtbar gewesen wären. Diese Maßnahmen sollten Unterschiede im Studienablauf minimieren, könnten jedoch unbeabsichtigt dazu geführt haben, dass Gruppenunterschiede schwieriger messbar wurden. Möglicherweise wäre dieser Effekt bei Objekten oder Gebäuden mit weniger gewöhnlichen Formen schwächer ausgefallen.

Initiierung eines Projekts: Das Initiieren eines neuen Projekts wurde in der Studie nicht untersucht, da das Laborumfeld keine realen Implikationen wie die Verantwortung für ein Projekt simulieren konnte. Die Bewertung der Beteiligungsbereitschaft für diese Beteiligungsform basiert daher allein auf Selbsteinschätzungen der Teilnehmenden.

Teilnehmerstruktur: Etwa die Hälfte der Teilnehmenden war unter 30 Jahre alt, was auf die Rekrutierung unter Studierenden zurückzuführen ist. Da jedoch auch ältere Teilnehmende einbezogen wurden und keine altersbedingten Unterschiede festgestellt werden konnten, sollte diese Verzerrung nur einen geringen Einfluss haben. Ebenso konnte eine breite Verteilung der Technikaffinität sowie eine ausgewogene Gruppenzuordnung erreicht werden.

Gebrauchstauglichkeit: Sowohl die AR-App als auch die analogen Materialien erzielten gute Bewertungen im SUS und VisAWI. Es bleibt jedoch fraglich, ob die hohe Qualität der analogen Materialien repräsentativ für vergleichbare Werkzeuge ist oder ob in solchen Fällen häufig eher auf weniger anschauliche und interaktive Materialien zurückgegriffen wird – beispielsweise auf schematische Pläne oder technische Zeichnungen.

6.5 Fazit zur Laborstudie

Die Studie konnte am Beispiel der entwickelten App zeigen, dass AR-basierte Beteiligungswerkzeuge effektiv in Beteiligungsprojekten eingesetzt werden können, ohne bestimmte Gruppen auszuschließen. Die Ergebnisse legen nahe, dass sowohl junge als auch ältere Teilnehmende mit unterschiedlicher Technikaffinität in der Lage waren, die App für die vorgesehenen Aufgaben zu nutzen. Der App wurde hierbei eine gute Gebrauchstauglichkeit bescheinigt.

Es konnten zwischen den Gruppen kaum Unterschiede in der Leistung der Teilnehmenden festgestellt werden. Dies könnte unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass die Anleitung der Teilnehmenden durch die Aufgabenstellungen die Erkennung von Unterschieden erschwert hat und die gestellten Aufgaben die Möglichkeiten der AR-Visualisierung nicht voll ausgeschöpft haben. Studien zeigen, dass bei Aufgaben mit zu geringer Komplexität häufig keine signifikanten Unterschiede zu konventionellen Werkzeugen festzustellen sind (Jeffri & Rambli, 2021). Die erwartete Steigerung der Effektivität durch die Nutzung der AR-App konnte daher nicht nachgewiesen werden. Das gewählte Szenario der Spielplatzgestaltung wurde von den Teilnehmenden als realistisch und relevant wahrgenommen.

Trotz der erfolgreichen Randomisierung zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe ist zu berücksichtigen, dass die Laborumgebung und das Fehlen von Konsequenzen das Verhalten der Teilnehmenden beeinflusst haben könnten.

Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass AR-Apps grundsätzlich in Beteiligungsprojekten einsetzbar sind und als Visualisierungswerkzeug das Potenzial haben, das Verständnis von Vorschlägen zu unterstützen und Beteiligungsangebote attraktiver zu machen.

7 Übergreifende Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit im HCI-Kontext diskutiert. Sie verdeutlichen, dass Augmented Reality im Kontext partizipativer Stadtplanung ein hohes Potenzial aufweist. Gleichzeitig zeigen sich spezifische organisatorische, technische und gestalterische Voraussetzungen, die für einen erfolgreichen Einsatz der Technologie berücksichtigt werden sollten. Die entwickelten Gestaltungsempfehlungen bieten hierfür eine fundierte Grundlage – sowohl für weiterführende Forschung als auch für die Gestaltung praxistauglicher AR-Anwendungen zur niederschweligen und effektiven Bürgerbeteiligung.

Die Diskussion orientiert sich an den drei Forschungsfragen und beantwortet diese systematisch. Zunächst wird die allgemeine Gebrauchstauglichkeit der entwickelten AR-App analysiert (RQ1), da sie eine Grundlage für die nachfolgenden Forschungsfragen bildet (Abschnitt 7.1). Anschließend folgt die Diskussion der Ergebnisse zum Vergleich der AR-App mit einem analogen Werkzeug (RQ2; Abschnitt 7.2). Im dritten Abschnitt werden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse allgemeine Empfehlungen zur Gestaltung und Organisation (RQ3) hergeleitet und erörtert (Abschnitt 7.3). Abschließend wird auf den wissenschaftlichen Beitrag (Abschnitt 7.4) sowie weiterführende Forschung eingegangen (Abschnitt 7.5).

7.1 Allgemeine Gebrauchstauglichkeit (RQ1)

Die Grundlage für weitere Untersuchungen war die Konzeption und Entwicklung eines gebrauchstauglichen AR-basierten Beteiligungswerkzeugs. Hierzu wurde in dieser Arbeit eine mobile AR-Anwendung konzipiert, realisiert und iterativ weiterentwickelt. Die erste Forschungsfrage (**RQ1**) untersucht, inwieweit die entwickelte AR-Anwendung hinsichtlich der typischen Aufgaben (informieren, beitragen und weiterentwickeln) gebrauchstauglich ist: Erfüllt die entwickelte AR-Anwendung die notwendigen **Voraussetzungen** hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, visueller Ästhetik und Arbeitsbelastung, um als Beteiligungswerkzeug in der Stadtplanung eingesetzt zu werden?

Um diese Frage zu beantworten, wurde untersucht, inwieweit Nutzende in der Lage sind, die grundlegenden Aufgaben mit der Anwendung zu erfüllen. Zudem wurde die Anwendung hinsichtlich ihrer allgemeinen Gebrauchstauglichkeit (SUS), ihrer visuellen Ästhetik (VisAWI) sowie der bei ihrer Nutzung wahrgenommenen Belastung (NASA-TLX) eingeschätzt.

Die mobile AR-App wurde hierzu in einer randomisierten kontrollierten Laborstudie von diversen Nutzenden (insbesondere hinsichtlich Alter und Technikaffinität) für vorgegebene Aufgaben verwendet. Der App wurde von den Teilnehmenden insgesamt eine gute allgemeine Gebrauchstauglichkeit und visuelle Ästhetik bescheinigt.

Informieren: Alle Teilnehmenden waren in der Lage, die App zu verwenden, um damit Projektinformationen abzurufen, Vorschläge zum Projekt in AR anzusehen und zwischen verschiedenen Vorschlägen zu wechseln. Die App kann somit erfolgreich verwendet werden, um sich zu einem Projekt und den zugehörigen Vorschlägen zu informieren.

Beitragen: Alle Teilnehmenden konnten den Vorschlagseditor in der App öffnen, darin eigene Vorschläge erstellen und diese veröffentlichen. Die App dann demnach erfolgreich verwendet werden, um eigene Ideen zu visualisieren und zu kommunizieren.

Weiterentwickeln: Alle Teilnehmenden konnten einen existierenden Vorschlag im Vorschlagseditor öffnen sowie diesen bearbeiten und veröffentlichen. Demnach kann die App auch verwendet werden, um bestehenden Vorschlag mit eigenen Ideen zu weiterentwickeln.

Die Teilnehmenden der Studie waren divers hinsichtlich ihrer Erfahrung mit Beteiligung und Augmented Reality sowie hinsichtlich ihres Alters und ihrer Technikaffinität. Dennoch waren alle Teilnehmenden in der Lage, die gestellten Aufgaben mit der App zu erfüllen. Dies deutet auf eine gute Erlernbarkeit der App hin. Möglicherweise hat das einführende Onboarding dazu beigetragen, die Einstiegshürde zu senken. Da alle Teilnehmenden das Onboarding in der App durchlaufen haben, kann jedoch keine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit Teilnehmende auch ohne diese Einführung in die Grundfunktionen die gestellten Aufgaben hätten bearbeiten können. Aus Sicht der Mensch-Computer-Interaktion erlauben die Ergebnisse die Annahme, dass die eingesetzte App über eine ausreichende Selbstbeschreibungsfähigkeit (DK2) und Lernförderlichkeit (DK4) verfügt.

Die visuelle Ästhetik der App wurde in allen Iterationen positiv bewertet, obwohl in frühen Iterationen Kritik an der Farbgebung und der Lesbarkeit geübt wurde. In der finalen Version wurde jedoch verstärkt auf ausreichende Kontraste geachtet, um die Lesbarkeit zu verbessern. Dies zeigt, dass eine möglichst inklusive und funktionale Gestaltung kein Widerspruch zu einer ansprechenden Gestaltung darstellt. An dieser Stelle ist jedoch zu beachten, dass lediglich Kontraste des Benutzerinterfaces überprüft wurden. Kontraste der AR-Inhalte in Bezug auf die umgebende reale Umgebung wurden nicht systematisch untersucht. Die dargestellten AR-Elemente wurden in ihren natürlichen Farben gehalten (z. B. holzfarben für Holzelemente oder silbrig und metallisch glänzend für die Oberfläche einer Rutsche). Obwohl hier keine Usability-Probleme festgestellt wurden, könnte die wahrnehmungspsychologische Perspektive in Zukunft auch auf AR-Inhalte ausgeweitet werden. Eine Option für höheren Kontrast könnte die Zugänglichkeit der AR-Ansicht noch weiter verbessern.

Neben der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit ist auch die wahrgenommene Arbeitsbelastung ein entscheidender Faktor für die Nutzerakzeptanz von AR-Anwendungen. Die wahrgenommene Arbeitsbelastung wurde – mit Ausnahme der sehr geringen zeitlichen Anforderung – auf einem mittleren Niveau aber noch positiv bewertet ($M < 10$ von 20 auf der NASA-TLX-Skala). Die geistige und körperliche Anforderung wurde hierbei als stärkste Beanspruchung empfunden.

Für viele der Studienteilnehmenden war die Nutzung von AR eine neue Erfahrung. Daher erscheint plausibel, dass ein Teil der wahrgenommenen kognitiven Belastung auf die fehlende Vertrautheit mit der AR-Nutzung zurückzuführen ist. Mit zunehmender Erfahrung können Nutzende effizientere mentale Schemata entwickeln und hierdurch die kognitive Belastung verringern (Sweller, 1988). Die Ergebnisse der Laborstudie liefern Hinweise auf eine solche Adaption, weshalb anzunehmen ist, dass sich die Belastung im Zusammenhang mit der AR-Nutzung bei wiederholter Anwendung reduzieren könnte. Es wurde zudem eine signifikante Korrelation zwischen der kognitiven Belastung und dem Alter der Teilnehmenden festgestellt (Abschnitt 6.2.2). Demnach empfanden ältere Teilnehmende die Bearbeitung der Aufgaben mit der App tendenziell als kognitiv belastender. Dies könnte damit zusammenhängen, dass ältere Menschen oft weniger Erfahrung mit AR haben und sich stärker auf die Nutzung der App konzentrieren müssen (Jeffri & Rambli, 2021).

Basierend auf der Cognitive Load Theory sollten AR-Modelle nicht überladen sein, sondern sich auf die wesentlichen Aspekte konzentrieren, um unnötige kognitive Belastung zu vermeiden. Eine übermäßige Detailfülle oder fotorealistische Darstellung kann dabei nicht nur die Informationsverarbeitung erschweren, sondern auch zu Fehlinterpretationen führen – etwa wenn eine vorläufige Planung als endgültige Lösung erscheint (Judge & Harrie, 2020).

Neben der kognitiven Belastung wurde auch die körperliche Beanspruchung etwas höher als andere Aspekte der Arbeitsbelastung wahrgenommen. Dies könnte teilweise auf das Setting der Studie zurückzuführen sein. Die Teilnehmenden mussten zwischen den Aufgaben immer wieder ihre sitzende Position zur Beantwortung des Fragebogens verlassen, um mit dem Smartphone zum Lageplan zu gehen und sich das 3D-Modell in AR anzusehen. Ein Vergleich mit der Kontrollgruppe zeigt jedoch, dass die körperliche Belastung in der Kontrollgruppe signifikant geringer wahrgenommen wurde. Daher ist es wahrscheinlich, dass die empfundene körperliche Belastung zumindest teilweise durch die Nutzung der AR-App verursacht wurde. Da die körperliche Belastung mit einem mittleren Wert ($M = 9.3$ von 20 auf der NASA-TLX-Skala) eingestuft wurde, liegt sie im moderaten Bereich. Sie wurde demnach weder als stark belastend empfunden noch ist sie vernachlässigbar. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante positive Korrelation zwischen körperlicher Belastung und Technikaffinität (Abschnitt 6.2.2). Eine mögliche Erklärung ist, dass technikaffine Teilnehmende sich intensiver mit der App auseinandergesetzt haben und dadurch stärker beansprucht waren. So weisen Jeffri & Rambli (2021) darauf hin, dass eine länger Nutzung von AR Unbehagen auslösen kann.

Auch wenn die körperliche Belastung die Nutzung der App vermutlich nur selten verhindern wird, stellt sie dennoch eine Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit dar. Die zugrunde liegenden Ursachen dieser wahrgenommenen Belastung sollten daher in zukünftigen Studien genauer untersucht werden.

Insgesamt haben die Teilnehmenden sowohl die gestellten Aufgaben als auch die Zufriedenheit mit den mit der App erstellten Ergebnissen als positiv bewertet. Die Aufgaben seien demnach überwiegend gut lösbar und das Endergebnis mit der AR-Visualisierung gut vorstellbar gewesen.

Zwar wurden in der Studie auch einige konkrete Probleme der Gebrauchstauglichkeit der App festgestellt, die auf das Potenzial für weitere Verbesserungen hinweisen (z. B. fehlerhaft platzierte Elemente, die durch automatisierte Funktionen verbessert werden könnten). Jedoch zeigt die Untersuchung der AR-Anwendung insgesamt deren Potenzial, die notwendigen Voraussetzungen hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, visueller Ästhetik und Arbeitsbelastung zu erfüllen, um als Beteiligungswerkzeug in der Stadtplanung eingesetzt zu werden. Personen mit unterschiedlichen Erfahrungen, unterschiedlicher Technikaffinität, unterschiedlichem Alter und unterschiedlichem Geschlecht konnten die typischen Aufgaben erfolgreich mit der mobilen AR-App bearbeiten.

Für eine abschließende Bewertung der Einsatzfähigkeit als Beteiligungswerkzeug wäre jedoch eine Untersuchung im realen Beteiligungskontext erforderlich, um Umgebungsfaktoren sowie die langfristige Nutzung und die Integration in Entscheidungsprozesse zu berücksichtigen. Da die Studie unter kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt wurde, waren Umgebungsfaktoren (z. B. Helligkeit und Ablenkung) weitestgehend ausgeschlossen. Zudem wurden zentrale organisatorische Aspekte wie die Einladung zur Beteiligung, der längerfristige Diskurs und die abschließende Entscheidungsfindung nicht untersucht.

Zusammenfassend lässt sich RQ1 wie folgt beantworten: Die entwickelte mobile AR-Anwendung weist eine gute Gebrauchstauglichkeit im Hinblick auf die drei zentralen Aufgabenbereiche – Informieren, Beitragen und Weiterentwickeln – auf. Sie wurde von einer heterogenen Nutzergruppe erfolgreich verwendet, erhielt positive Bewertungen hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und visueller Ästhetik und verursachte nur moderate Arbeitsbelastung. Damit erfüllt sie die zentralen Anforderungen an ein digitales Beteiligungswerkzeug im Kontext der Stadtplanung. Für eine weitergehende Bewertung der langfristigen Einsatzfähigkeit sollten zukünftige Studien zusätzlich reale Beteiligungsszenarien und deren spezifische Rahmenbedingungen berücksichtigen.

7.2 Vergleich von AR mit analoger Beteiligung (RQ2)

Um das Potenzial des Einsatzes von Augmented Reality (AR) in der Beteiligung möglichst objektiv einschätzen zu können, wurde die AR-App mit einem analogen Werkzeug verglichen (RQ2). Nachdem nachgewiesen werden konnte, dass die AR-App grundsätzlich gebrauchstauglich ist und somit für die gestellten Aufgaben eingesetzt werden kann, ging es bei der zweiten Frage darum, die Wirkungsbereiche des AR-Einsatzes zu untersuchen.

Die zweite Forschungsfrage (**RQ2**) lautet: Welche Auswirkungen hat der Einsatz eines gebrauchstauglichen und ansprechend gestalteten AR-Beteiligungswerkzeugs in der Stadtplanung im **Vergleich** zu einem analogen Werkzeug? Konkret wurde die App zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage hinsichtlich der fünf Kriterien RQ2.1: Verständnis räumlicher Informationen, RQ2.2: Beitragen eigener

Vorschläge, RQ2.3: Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte, RQ2.4: Wahrgenommene Arbeitsbelastung sowie RQ2.5: Beteiligungsbereitschaft im Vergleich mit einem analogen Beteiligungswerkzeug untersucht.

Die Randomisierung der Experimental- und Kontrollgruppe war erfolgreich, sodass Unterschiede wahrscheinlich auf die Verwendung des jeweiligen Werkzeugs (AR-App oder analoges Werkzeug) zurückzuführen sind (vgl. Abschnitt 6.3.1). In der Studie konnte für keinen der untersuchten Aspekte (RQ2.1 bis RQ2.5) eindeutig nachgewiesen werden, dass die AR-Visualisierung Nutzende gegenüber dem analogen Werkzeug besser unterstützt. Da es jedoch deskriptive Hinweise auf die positive Wirkung von AR gibt, werden die Ergebnisse nachfolgend entlang der einzelnen Aspekte diskutiert.

Verständnis räumlicher Informationen (RQ2.1): Es konnte nicht gezeigt werden, dass die AR-App das Verständnis räumlicher Informationen besser unterstützt als das analoge Werkzeug (vgl. Abschnitt 6.3.4). Zwar zeigten die Teilnehmenden der Experimentalgruppe für einen Teil der Aufgaben deskriptiv eine bessere Leistung, jedoch wurden hier in beiden Gruppen viele falsche Antworten gegeben und es konnte keine statistische Signifikanz festgestellt werden.

Beitragen eigener Vorschläge (RQ2.2): Die Grundfunktionen des Vorschlagseditors (platzieren, verschieben, rotieren, entfernen von Elementen) konnten von allen Teilnehmenden in beiden Gruppen gleichermaßen bewältigt werden (vgl. Abschnitt 6.3.5).

Die Nutzung der AR-App führte zu einer größeren Vielfalt an Vorschlägen und insgesamt mehr hinzugefügten Elementen als beim analogen Werkzeug. Gleichzeitig kam es jedoch insbesondere bei der ersten Gestaltungsaufgabe zu mehr fehlerhaften Platzierungen. Dies könnte auf eine explorativere Nutzung der AR-App zurückzuführen sein oder auf fehlende haptische Rückmeldung, die im analogen Werkzeug vorhanden ist und ungewollte Kollisionen verhindern kann. Ähnliche Effekte traten auch in einer späteren Aufgabe auf, jedoch ohne signifikante Unterschiede.

Für die in der Studie verwendete App konnte somit nicht nachgewiesen werden, dass sie besser beim Erstellen eigener Vorschläge unterstützt als das analoge Werkzeug. Weniger gemachte Fehler in der späteren Aufgabe könnten jedoch einen Hinweis auf einen Lerneffekt bei der Verwendung des Vorschlagseditors geben. Dies bestätigt Studienergebnisse, nach denen besonders erfahrene Nutzende mit AR effizienter arbeiten können (Jeffri & Rambli, 2021). Im Vergleich zum analogen Werkzeug fehlte in der AR-App haptisches Feedback bei sich überschneidenden Elementen. Eine zukünftige Implementierung einer Kollisionswarnung könnte helfen, Fehler weiter zu reduzieren.

Aus organisatorischer Sicht sind mit der AR-App automatische Abläufe möglich, die mit einem analogen Werkzeug manuelles Eingreifen erfordern. So können in der App Vorschläge einfach in den Editor geladen werden, um damit weiterzuarbeiten. Im analogen Fall musste die Versuchsleitung den Ursprungsvorschlag händisch nachbauen, ehe eine Beteiligung damit stattfinden konnte.

Einfluss auf Argumente und Vorschlagsaspekte (RQ2.3): Die im Rahmen der Studie untersuchte Diskursqualität entspricht für beide Gruppen einem mit anderen Studien vergleichbaren Niveau. Zwischen den Gruppen konnten jedoch keine Unterschiede festgestellt werden (vgl. Abschnitt 6.3.6). Daher kann nicht bestätigt werden, dass die eingesetzt AR-Visualisierung besser auf den Diskurs vorbereitet als ein vergleichbares analoges Werkzeug.

Wahrgenommene Arbeitsbelastung (RQ2.4): Die wahrgenommene Arbeitsbelastung wurde in der Experimentalgruppe für alle Dimensionen höher eingeschätzt als in der Kontrollgruppe (vgl. Abschnitt 6.3.7). Die Werte liegen jedoch in allen Dimensionen in der unteren Hälfte der Skala, wobei ein höherer Wert auf eine stärkere Belastung hinweist.

Die Unterschiede zur Kontrollgruppe sind signifikant für körperliche Anforderung und Frustration (vgl. Abschnitt 6.2.7). Da das räumliche Setting (Laptop-Arbeitsplatz und Weg zum Lageplan) in beiden Gruppen identisch war, ist es wahrscheinlich, dass die unterschiedlich empfundene Belastung auf das genutzte Werkzeug zurückzuführen ist.

Die wahrgenommene körperliche Anforderung war bei der Nutzung der AR-App höher als in der Kontrollgruppe. Aufgrund der festgestellten positiven Korrelation zwischen körperlicher Anforderung und Technikaffinität (höhere Belastung bei hoher Technikaffinität) ist jedoch nicht zu erwarten, dass diese Belastung die Nutzung verhindert (vgl. Abschnitt 7.1). Möglicherweise resultiert die erhöhte Belastung aus der intensiven Nutzung der AR-App durch technikaffine Personen.

Während die körperliche Belastung möglicherweise mit der Technikaffinität zusammenhängt, bleibt die Ursache der signifikant höheren Frustration unklar. Eine mögliche Erklärung könnten technische Limitationen der AR-App sein. So können beispielsweise ein begrenztes Sichtfeld oder Trackingprobleme bei Nutzenden zu Frustration führen (Jeffri & Rambli, 2021). Bei der genutzten App ist das Sichtfeld der Nutzenden durch den Smartphone-Bildschirm begrenzt (anders als beispielsweise bei manchen AR-Headsets).

Eine weitere mögliche Ursache könnte der von vielen Teilnehmenden angesprochene Platzmangel sein, der die gewünschte Spielplatzgestaltung eingeschränkt hat. Auch die höhere Anzahl an fehlerhaft platzierten Elementen in der Experimentalgruppe könnte zur stärkeren Frustration beigetragen haben.

Die Aufgaben wurden in der Experimentalgruppe teilweise als weniger schwierig bewertet als in der Kontrollgruppe. Daher ist es unwahrscheinlich, dass die Bearbeitung der Aufgaben die Hauptursache für die erhöhte Frustration war. Zudem wurde kein negativer Einfluss der höheren Belastung auf die anderen untersuchten Aspekte (z. B. die Beteiligungsbereitschaft) festgestellt.

Für die in beiden Gruppen im Vergleich zu anderen Dimensionen der Arbeitsbelastung erhöhte geistige Anforderung wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt. Die möglicherweise aus der Nutzung von AR resultierende kognitive Belastung ist somit begrenzt und könnte durch einen Gewöhnungseffekt bei wiederholter Nutzung noch weiter sinken.

Insgesamt konnte nicht bestätigt werden, dass die Verwendung der eingesetzten AR-App zu einer geringeren Arbeitsbelastung führt. Für einzelne Dimensionen zeigt sich tendenziell sogar eine gegenteilige Tendenz.

Beteiligungsbereitschaft (RQ2.5): Zwar konnte ein statistisch signifikanter Anstieg der Beteiligungsbereitschaft durch AR-Visualisierungen nur teilweise nachgewiesen werden, jedoch deuten die deskriptiven Ergebnisse darauf hin, dass die AR-App tendenziell für alle Beteiligungsformen bevorzugt wird (vgl. Abschnitt 6.3.8). Wenngleich es demnach Hinweise auf eine positive Wirkung der AR-Visualisierung auf die Beteiligungsbereitschaft gibt, konnte diese nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassend lässt sich RQ2 wie folgt beantworten: In der durchgeführten Vergleichsstudie konnten für die untersuchten Aspekte – Verständnis räumlicher Informationen, Beitrag eigener Vorschläge, Einfluss auf Argumente, wahrgenommene Arbeitsbelastung und Beteiligungsbereitschaft – keine signifikanten Vorteile der AR-App gegenüber dem analogen Beteiligungswerkzeug nachgewiesen werden. Dennoch deuten deskriptive Ergebnisse auf spezifische Stärken der AR-App hin, insbesondere eine größere Vielfalt bei den eingebrachten Vorschlägen und ein möglicher Lerneffekt bei wiederholter Nutzung. Diese Potenziale konnten im begrenzten Rahmen der Laborstudie noch nicht vollständig ausgeschöpft werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung grundsätzlich vielversprechend ist, ihr Mehrwert im Vergleich zu analogen Verfahren jedoch stark von den Einsatzbedingungen, der Nutzungsdauer und der Einbindung in den Beteiligungsprozess abhängt. Herausforderndere Aufgaben sowie eine längere Nutzung könnten helfen, die möglichen Vorteile von AR-unterstützter Beteiligung stärker zur Geltung zu bringen. Die beobachteten deskriptiven Unterschiede – insbesondere die tendenziell größere Vielfalt der Vorschläge und mögliche Lerneffekte – zeigen Entwicklungsrichtungen auf, durch die das Potenzial von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung weiter ausgeschöpft werden könnte. Künftige Forschung sollte sich darauf konzentrieren, die Nutzungserfahrung weiter zu verbessern sowie die fehlerhafte Platzierung von Elementen und die wahrgenommene Frustration gezielte durch organisatorische und gestalterische Anpassungen zu reduzieren.

7.3 Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen (RQ3)

Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurden Gestaltungsempfehlungen (GE) für mobile AR-Anwendungen im Kontext der Beteiligung an Stadtplanungsprojekten hergeleitet. Die im Kapitel 3.1 definierte Forschungsfrage (**RQ3**) lautet: Welche **Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen** sind für die Gebrauchstauglichkeit einer AR-Anwendung entscheidend, die es Nutzenden ermöglicht, sich über kommunale Beteiligungsprojekte in der Stadtplanung zu informieren, zu diesen beizutragen und diese weiterzuentwickeln?

Die Ableitung dieser Empfehlungen orientiert sich an den Prinzipien des Design Science Research (DSR), das als methodischer Ansatz für die iterative Entwicklung und Evaluation der mobilen AR-Anwendung diente. Im Sinne des DSR-Ansatzes wurden während der Konzeption, Entwicklung und Evaluation der Anwendung zentrale Herausforderungen systematisch analysiert, Lösungsansätze entwickelt und iterativ optimiert.

Die Gestaltungsempfehlungen wurden auf einem mittleren Abstraktionsniveau formuliert, sodass sie über das konkrete Projekt hinaus übertragbar bleiben, jedoch ausreichend Kontext und Spezifik aufweisen, um als Grundlage für die Entwicklung ähnlicher Anwendungen zu dienen. Die strukturierte Darstellung der Gestaltungsempfehlungen (ID, Titel, Empfehlung, Herleitung) orientiert sich an der in der HCI-Forschung üblichen Praxis, Guidelines systematisch zu entwickeln, zu klassifizieren und nachvollziehbar zu dokumentieren (Goundar et al., 2022). Auf diese Weise entsteht eine Verbindung zwischen theoretischer Fundierung und praktischer Anwendbarkeit.

Für die Konzeption und Entwicklung der mobilen AR-App in dieser Arbeit wurden zunächst Erkenntnisse aus der Literatur (Kapitel 2), einem Workshop mit Mitarbeitenden einer Kommune (Kapitel 4.1) sowie aus mehreren vorbereitenden Arbeiten (Kapitel 4.2) herangezogen. Zusätzlich wurden im Laufe der Konzeption, Entwicklung und iterativen Weiterentwicklung der mobilen AR-App verschiedene Usability-Probleme identifiziert und gezielt adressiert (Kapitel 5.1–5.6).

Zur systematischen Entwicklung der Gestaltungsempfehlungen wurden zunächst Problembeschreibungen aus den Erkenntnissen formuliert. Basierend auf diesen Problembeschreibungen wurden entsprechende Gestaltungsempfehlungen abgeleitet und in diesem Kapitel dokumentiert. Dabei wurden bereits definierte spezifische Anforderungen (Abschnitt 4.6) überprüft und verallgemeinert, während weitere Empfehlungen aus späteren Phasen des Design- und Evaluationsprozesses resultierten. Die übernommenen Anforderungen haben sich im Rahmen der Evaluationen als geeignet erwiesen und wurden daher in allgemeine Empfehlungen überführt.

Die nachfolgenden Gestaltungsempfehlungen konzentrieren sich auf die spezifischen Herausforderungen interaktiver AR-basierter Beteiligungswerkzeuge, konkretisieren allgemeine Usability-Heuristiken (UH) und Dialogkriterien (DK; vgl. Kapitel 3.2 bzw. Anhang G) oder gehen über diese hinaus. Zur besseren Übersicht wurden die abgeleiteten Empfehlungen in vier Kategorien gegliedert: **Zugang und**

niederschwellige Beteiligung (GE1.1 – GE1.6), **Visualisierung und Interaktion** (GE2.1 – GE2.6), **technische Stabilität und Leistung** (GE3.1 – GE3.6) sowie **Nachhaltigkeit und Integration in Beteiligungsprozesse** (GE4.1 – GE4.5).

Zugang und niederschwellige Beteiligung: Da Bürgerbeteiligung möglichst vielen Menschen offenstehen sollte, ist es essenziell, digitale Beteiligungswerkzeuge so zu gestalten, dass sie eine niederschwellige und flexible Beteiligung ermöglichen. Die große und heterogene Zielgruppe im Anwendungskontext der Bürgerbeteiligung stellt dabei besondere Herausforderungen an die Entwicklung entsprechender Werkzeuge.

Neben organisatorischen Beteiligungshürden, die hier nicht behandelt werden (z. B. der Beteiligungszeitraum), können auch Gestaltungsaspekte digitaler Beteiligungswerkzeuge eine Zugangshürde darstellen. Um diese zu minimieren, können Prinzipien der Mensch-Computer-Interaktion (HCI) genutzt werden, um eine möglichst gebrauchstaugliche und barrierefreie Nutzung zu gewährleisten.

Eine große Herausforderung der Bürgerbeteiligung liegt im Bereich Zugang und Repräsentativität (Expertenworkshop Abschnitt 4.1). Aufgrund der sehr breiten Zielgruppe sollten unterschiedliche Erwartungen und Erfahrungen berücksichtigt werden und eine leichte Zugänglichkeit gewährleistet werden. Viele Nutzende sind Gelegenheitsnutzer oder verwenden die Anwendung zum ersten Mal, sodass sie oft keine oder wenig Erfahrungen mit Beteiligungsprojekten oder Augmented Reality (AR) haben (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4). Besonders technikskeptische und unerfahrene Personen erkunden neue Anwendungen nicht eigenständig, sondern profitieren besonders von einer gut strukturierten Einführung sowie klaren und konsistenten Gestaltungs- und Interaktionsmustern, die den Einstieg erleichtern (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4.1). Daher sollten AR-basierte Beteiligungswerkzeuge gezielt in die Nutzung und den Umgang mit der Technologie einführen:

GE1.1

Einführung und Onboarding: Nutzende sollten durch eine kurze, gezielte Einführung in die grundlegenden Funktionen der Anwendung sowie in relevante Informationen zum Beteiligungsprojekt (z. B. Zeitraum, Ablauf und Grenzen) unterstützt werden. Dies kann durch ein interaktives Onboarding oder kurze Tutorials erfolgen. Da vorherige Erfahrung mit Augmented Reality nicht vorausgesetzt werden kann, bietet das Onboarding eine Möglichkeit, Nutzende an die Technologie und damit verbundene Interaktionsmuster heranzuführen und damit die Nutzung zu erleichtern.

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ (DK2), „Lernförderlichkeit“ (DK4) sowie „Hilfe und Dokumentation“ (UH10; vgl. Anhang G).

Zentrale Aufgaben und ungewohnte Interaktionsmuster sollten selbsterklärend sein oder erklärt werden. Dies gilt insbesondere für neue Technologien, wie Augmented Reality, bei der von einer nur gelegentlichen oder erstmaligen Nutzung auszugehen ist (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4). Beispielsweise wurde das Finden von Projekten und das Platzieren von AR-Inhalten über einen QR-Code in der Evaluation

von mehreren Nutzenden als schwer empfunden (Erste formative Evaluation, Abschnitt 5.3). Unklare Begriffe und Interaktionsmuster können zu einer verringerten Gebrauchstauglichkeit führen (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5). Zudem haben sich Nutzende mehr Hilfefunktionen und Erklärungen sowie eine Einführung in die Funktionen der App gewünscht.

Daher sollten AR-basierte Beteiligungswerkzeuge Nutzende gezielt beim Erledigen ihrer Aufgaben durch kontextbezogene, in die AR-Interaktion eingebettete Hilfen unterstützen:

GE1.2

Kontextbezogene Hilfe: Die Anwendung sollte gezielte, kontextbezogene Unterstützung bieten, um Nutzende beim Informieren und aktiven Teilnehmen am Beteiligungsprozess zu begleiten. Dazu gehören Hilfetexte, interaktive Anleitungen oder visuelle Hinweise, die direkt in den Nutzungskontext und die räumliche Darstellung der AR-Anwendung eingebettet sind. Besonders bei neuartigen Interaktionen – etwa beim Scannen eines Markers, beim Ausrichten des Geräts oder beim Platzieren von Inhalten – sollten kurze, leicht verständliche Tutorials helfen, Unsicherheiten zu vermeiden und die Bedienbarkeit zu verbessern.

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ (DK2), „Lernförderlichkeit“ (DK4) sowie „Hilfe und Dokumentation“ (UH10).

Ein Teil der Nutzenden AR-basierter Beteiligungsanwendungen gehört zur Benutzerklasse der technik-skeptischen und unerfahrenen Personen (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4.1). Diese erkunden neue Anwendungen selten eigenständig und profitieren daher von klar strukturierten Navigationselementen und wiederkehrenden Interaktionsmustern.

Gerade in AR-Anwendungen ist eine einfache Navigation besonders wichtig, da die Nutzenden zwischen verschiedenen Darstellungsmodi wechseln (z. B. Projektdetails und AR-Ansicht), sich räumlich orientieren und dabei teils ungewohnte Bedienweisen nutzen müssen. Die Evaluation zeigte, dass das Wechseln zwischen Vorschlägen in der AR-Ansicht von einigen Nutzenden als herausfordernd empfunden wurde (Erste formative Evaluation, Abschnitt 5.3) und dass Navigationspfade innerhalb der App für einige Nutzende nicht ersichtlich waren (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5).

Unklare Bezeichnungen und uneindeutige Interaktionen schränken die Gebrauchstauglichkeit weiter ein und können die Beteiligungshürde gerade bei ungeübten Nutzenden erhöhen (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5). Daher sollten Bedienelemente klar strukturiert und Navigationswege nachvollziehbar gestaltet sein:

GE1.3

Nachvollziehbare Navigation: Die Anwendung sollte eine klare und erwartungskonforme Navigation mit eindeutigen, handlungsleitenden Beschriftungen bieten. Buttons und Menüpunkte sollten so formuliert sein, dass ihre Funktion unmittelbar verständlich ist (z. B. „Vorschlag in AR anzeigen“ statt „AR-Ansicht“). Besonders in AR-Umgebungen sollten Orientierungshilfen, konsistente Layouts und visuelle Rückmeldungen die räumliche Navigation und den Wechsel zwischen Ansichten unterstützen. Eine einheitliche visuelle Gestaltung trägt zur besseren Orientierung bei und fördert eine konsistente Nutzerführung.

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ (DK2) und „Erwartungskonformität“ (DK3 bzw. UH4).

In der Analyse der Benutzer wurde dargelegt, dass Teilnehmende von Beteiligungsprojekten über unterschiedliche technische und finanzielle Ressourcen verfügen (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4.1). Fehlender Zugang zu geeigneter Hardware oder mangelnde Ausstattung kann dazu führen, dass bestimmte Gruppen systematisch von der Beteiligung ausgeschlossen werden. Für eine möglichst inklusive Beteiligung sollte die Nutzung von AR daher nicht mit hohen Zugangshürden verbunden sein:

GE1.4

Niedrige technische Hürden: Die Anwendung sollte keine spezielle oder teure Hardware erfordern, sondern auf weitverbreiteten Geräten (z. B. Smartphones oder Tablets) lauffähig sein. Zudem sollte geprüft werden, ob die AR-Funktionen optional genutzt werden können, sodass die Teilnahme auch ohne AR möglich ist. Ein alternativer Zugang zu Beteiligungsergebnissen über eine barrierefreie Webseite kann zusätzlich zur Reichweite und Inklusion beitragen.

Die Teilnahme an Beteiligungsangeboten ist für viele Personen nicht selbstverständlich, da individuelle, technische oder organisatorische Hürden eine Mitwirkung erschweren können. Fehlende Ressourcen wie Zeit oder Geld sowie bestehende Unsicherheiten können potenzielle Teilnehmende abhalten (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4.1). Zudem kann ein festgelegter Beteiligungsort oder -zeitpunkt eine Barriere darstellen, beispielsweise aufgrund von Terminkonflikten oder einer aufwendigen Anreise (Räumlicher Kontext, Abschnitt 4.5.1). Eine zentrale Stärke digitaler Beteiligungsformate liegt in ihrer zeitlichen und räumlichen Flexibilität (Zeitlicher Kontext, Abschnitt 4.5.2), diese sollte durch die Gestaltung der Anwendung nicht eingeschränkt werden:

GE1.5

Flexibler und niederschwelliger Zugang: Die Anwendung sollte einen möglichst flexiblen und niederschweligen Zugang zum Beteiligungsangebot ermöglichen. Sie sollte asynchrone Beteiligung unterstützen, sodass keine Bindung an feste Veranstaltungszeiten erforderlich ist. Zudem sollte die Nutzung ortsunabhängig möglich sein, um auch Personen mit eingeschränkter Mobilität oder eingeschränkten Zeitressourcen eine Teilnahme zu ermöglichen. Dies trägt dazu bei, verschiedene Nutzergruppen zu erreichen.

Eine weitere Herausforderung der Beteiligung liegt der sehr breiten Zielgruppe. Um die Zugänglichkeit zu gewährleisten, sollten technische Hürden so weit wie möglich abgebaut werden und sprachliche

Hürde beispielsweise durch Leichte Sprache abgemildert werden (Expertenworkshop, Abschnitt 4.1). Im Rahmen der Evaluation sind wiederholt Unsicherheiten hinsichtlich verwendeter Begriffe und Icons aufgekommen (Erste formative Evaluation, Abschnitt 5.3). Da diese Elemente oft essenziell für das Verständnis möglicher Interaktionen und damit für die erfolgreiche Nutzung der Anwendung sind, sollte daher bei der Entwicklung ein besonderes Augenmerk auf deren Auswahl und Evaluation gelegt werden. Insbesondere Konzepte, die für die Nutzenden möglicherweise neu sind – wie etwa Augmented Reality –, sollten verständlich erklärt werden. So werden die Nutzenden besser auf diese Funktionen vorbereitet und entwickeln realistischere Erwartungen:

GE1.6

Barrierefreie und verständliche Gestaltung: Die Anwendung sollte inklusiv gestaltet sein und verschiedene Einschränkungen berücksichtigen. Dazu gehören ausreichender Farbkontrast, barrierefreie Navigation, Leichte Sprache und visuelle Hilfsmittel wie verständliche Icons. Zudem sollten wichtige Funktionen klar erklärt und vor der Nutzung kontextualisiert werden – insbesondere bei neuartigen oder weniger gebräuchlichen Elementen (z. B. AR).

Diese Empfehlung adressiert u. a. das Prinzip der „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ (DK2).

Visualisierung und Interaktion: Die individuelle Vorstellung eines geplanten Bauvorhabens kann stark variieren. Digitale Beteiligungswerkzeuge sollten daher eine geeignete Visualisierung bieten, um mehrere Alternativen zu vergleichen, und den jeweiligen Kontext berücksichtigen. Gleichzeitig sollten sie die Erstellung und Weiterentwicklung eigener Ideen ermöglichen, wobei die Visualisierung an die Bedürfnisse der Nutzenden angepasst werden kann.

Für eine einfache Interaktion sollte auf bewährte Interaktionskonzepte zurückgegriffen werden (z. B. Buttons oder Drag-and-Drop). Eine vereinfachte Darstellung kann helfen, irrelevante Informationen auszublenden und damit die kognitive Belastung der Nutzenden zu senken. In dieser Arbeit wurde erfolgreich ein Lösungsansatz erprobt, bei dem die Erstellung von Vorschlägen in einer reduzierten zweidimensionalen Draufsicht ermöglicht wurde (Zweiter Prototyp, Abschnitt 5.4). Dies kann die Komplexität senken und eine schnellere Bearbeitung unterstützen. Gleichzeitig sollte es Nutzenden möglich sein, zwischen den Ansichten zu wechseln, um je nach Bedarf die Vorteile einer 3D-Ansicht (leichtere räumliche Vorstellung) oder einer 2D-Draufsicht (reduzierte Komplexität) zu nutzen.

Eine wichtige Aufgabe bei Beteiligungsprojekten ist, zwischen verschiedenen Varianten abzuwägen (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3.1). Hierbei ist es wichtig, dass Unterschiede und Ähnlichkeiten deutlich werden und mögliche Optionen nachvollzogen werden können. Ein klares Verständnis bereits vertretenen Positionen ist essenziell, um Doppelungen von Vorschlägen zu reduzieren und relevante Aspekte gezielt zu berücksichtigen. Ohne eine entsprechende Orientierung kann es schwierig sein, bestehende Beiträge sinnvoll zu ergänzen oder sich differenziert mit ihnen auseinanderzusetzen. Dies kann dazu führen, dass wichtige Aspekte übersehen werden oder Vorschläge unnötig redundant sind. Eine AR-Beteiligungsanwendung sollte diesen Vergleich daher direkt unterstützen:

GE2.1

Vergleichsmöglichkeit für Vorschläge: Die Anwendung sollte einen einfachen und direkten Vergleich zwischen verschiedenen Varianten ermöglichen, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten klar herauszustellen. In einer AR-Umgebung kann dies beispielsweise durch interaktive Übergänge zwischen Alternativen, nebeneinander platzierte Ansichten oder visuelle Hervorhebungen relevanter Änderungen unterstützt werden. Auch ein gezielter Perspektivwechsel – etwa durch das Umgehen des AR-Modells oder das Umschalten zwischen verschiedenen Varianten – kann helfen, komplexe räumliche Unterschiede besser zu erfassen.

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien „Aufgabenangemessenheit“ (DK1) und „Wiedererkennen statt Erinnern“ (UH6).

Eine zweite wichtige Aufgabe in Beteiligungsprojekten ist das Beitragen eigener Vorschläge (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3.1). Nutzende wünschen sich eine einfache Möglichkeit, eigene Vorschläge zu erstellen (Erste formative Evaluation, Abschnitt 5.3). Allerdings kann das Fehlen leicht verständlicher Gestaltungsmöglichkeiten Hürden für Personen ohne Vorerfahrung darstellen, insbesondere, wenn komplexe räumliche oder technische Anforderungen bestehen. Ein Beteiligungswerkzeug sollte daher verständliche und niedrighschwellige Funktionen zum Beitragen besitzen. Besonders hilfreich sind visuelle und interaktive Werkzeuge, die es ermöglichen, ohne technisches Vorwissen eigene Entwürfe zu gestalten und anzupassen. Im Rahmen der formativen und summativen Evaluation konnte der in der App umgesetzte visuelle Vorschlagseditor erfolgreich von den Teilnehmenden genutzt werden, um eigene Vorschläge zu erstellen (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5; Summative Evaluation, Abschnitt 6). Die dort verwendete Darstellungs- und Interaktionsform in einer zweidimensionalen Ansicht kann daher für AR-basierte Beteiligungswerkzeuge empfohlen werden:

GE2.2

Niederschwellige Vorschlagsgestaltung: Die Anwendung sollte visuelle und interaktive Werkzeuge bereitstellen, die es auch unerfahrenen Nutzenden ermöglichen, eigene Entwürfe zu erstellen und anzupassen. Dies kann durch Drag-and-Drop-Funktionen sowie vordefinierte Objekte unterstützt werden. Bei AR-Anwendungen kann die Bearbeitung zusätzlich durch eine vereinfachte Bearbeitungsansicht erleichtert und der Bedarf an komplexen räumlichen Transferleistungen reduziert werden. Dazu können Vorschlagselemente beispielsweise in einer zweidimensionalen Draufsicht oder auf einer fixierten Ebene platziert werden.

Diese Empfehlung adressiert u. a. das Prinzip der „Aufgabenangemessenheit“ (DK1).

Eine weitere zentrale Aufgabe in Beteiligungsprojekten ist die Weiterentwicklung bestehender Vorschläge (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3.1). Nutzende wünschen sich mehr Möglichkeiten, auf bereits eingebrachte Vorschläge einzugehen und diese zu verfeinern (Erste formative Evaluation, Abschnitt 5.3). Eine strukturierte Möglichkeit zur iterativen Weiterentwicklung – etwa durch Kommentarfunktionen, Abstimmungssysteme oder Versionierung – kann helfen, die Zusammenarbeit zu erleichtern und die Entwicklung gemeinsamer Lösungen zu unterstützen. In der summativen Evaluation hat sich die

Stärke digitaler Beteiligungswerkzeuge insofern gezeigt, dass in der Experimentalgruppe (AR-App) mit automatisch erstellten Kopien der Ausgangsvorschläge gearbeitet werden konnte, während in der Kontrollgruppe (analoges Werkzeug) der Ausgangszustand händisch durch die Versuchsleitung hergestellt werden musste (Summative Evaluation, Abschnitt 6). Integrierte Funktionen für niederschwelliges Feedback und zur iterativen Weiterentwicklung bestehender Vorschläge können daher als wesentlicher Teil AR-basierter Beteiligungswerkzeuge empfohlen werden:

GE2.3

Iterative Weiterentwicklung: Die Anwendung sollte Nutzerenden ermöglichen, bestehende Vorschläge iterativ zu verbessern. Dazu gehören Diskussions- und Abstimmungsmöglichkeiten sowie die Weiterentwicklung bestehender Vorschläge. Diese Features können die Zusammenarbeit fördern und gemeinsame Lösungen ermöglichen. Besonders hilfreich ist, wenn Vorschlagsänderungen direkt im AR-Modell sichtbar gemacht werden, z. B. durch Versionsvergleiche oder das visuelle Hervorheben von Änderungen.

Diese Empfehlung adressiert u. a. das Prinzip der „Aufgabenangemessenheit“ (DK1).

Die Platzierung von Elementen in Beteiligungsprojekten erfordert nicht nur eine einfache Bedienung, sondern auch eine korrekte und sichere Anordnung der Objekte (Zweiter Prototyp, Abschnitt 5.4). Die App bietet bereits visuelle Hinweise zur Platzierung, jedoch haben einige Nutzende trotz dieser Unterstützung Elemente fehlerhaft oder potenziell gefährlich positioniert (Summative Evaluation, Abschnitt 6.2). Fehlplatzierungen können dazu führen, dass Vorschläge nicht realistisch umsetzbar sind. Daher wird empfohlen, weitere Mechanismen zur Fehlervermeidung und -behebung in AR-basierte Beteiligungswerkzeuge zu integrieren:

GE2.4

Gestaltung aktiv unterstützen: Die Anwendung sollte Nutzende bei der korrekten Platzierung von AR-Elementen unterstützen. Dies kann durch visuelle Hinweise, automatische Ausrichtung, Fehlererkennung oder Kollisionserkennung erfolgen, um eine realistische und sichere Anordnung zu gewährleisten. Die Anwendung sollte durch geeignete visuelle, akustische oder haptische Hinweise das Fehlen haptischen Feedbacks kompensieren, wie dies etwa bei papierbasierten Beteiligungsmaterialien gegeben ist (z. B. Vorschläge zur Positionierung oder Hervorhebung von Fehlern).

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien der „Fehlervermeidung“ (UH5) sowie der „Fehlertoleranz“ (DK7 bzw. UH9).

Visualisierungen (z. B. mit AR) sollen beim Verständnis bestimmter Aspekte eines Beteiligungsprojekts unterstützen. Nicht jede Fragestellung kann dabei im Vorfeld antizipiert werden. Nutzende benötigen daher flexible Anpassungsmöglichkeiten, um die für sie relevanten Informationen gezielt auszuwählen und irrelevante Inhalte auszublenden. Während einige Nutzende eine möglichst reduzierte, einfache Darstellung bevorzugen, profitieren technikaffine Nutzende von weiterführenden Anpassungsoptionen, die eine effizientere Navigation ermöglichen (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4.3):

GE2.5

Anpassbare Visualisierung und Informationsdarstellung: Nutzende sollten individuell entscheiden können, welche Informationen für sie relevant sind (Anpassbarkeit). Dies kann durch Ein- und Ausblenden bestimmter Elemente (z. B. Vegetation auf einem Baugrundstück) oder durch die flexible Auswahl verschiedener Darstellungsebenen (z. B. ein formaler Lageplan oder ein Satellitenbild) erfolgen. Gerade in AR-Anwendungen sind solche Anpassungsmöglichkeiten besonders hilfreich, da sie es ermöglichen, sich gezielt auf relevante Aspekte zu konzentrieren, ohne durch übermäßige Informationsdichte überfordert zu werden. Diese Flexibilität stellt einen zentralen Vorteil gegenüber traditionellen, statischen Darstellungsformen (z. B. Architekturmodellen) dar.

Diese Empfehlung adressiert u. a. die Prinzipien „Individualisierbarkeit“ (DK7), „Flexibilität und Effizienz der Nutzung“ (UH7) sowie „Ästhetisches und minimalistisches Design“ (UH8).

Projekte der Stadtplanung sind oft komplex und erfordern für eine fundierte Einschätzung möglicher Optionen auch ein Verständnis der räumlichen Umgebung (Einleitung, Abschnitt 1.1). Augmented Reality (AR) bietet hier besondere Potenziale, da geplante Elemente direkt im realen Raum platziert und somit im tatsächlichen Nutzungskontext betrachtet werden können. In der Evaluation äußerten viele Teilnehmende den Wunsch nach mehr Kontextinformationen und einer besseren Einbettung der AR-Visualisierungen in die reale Umgebung (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5).

Gerade in AR-Anwendungen besteht die Gefahr, dass Inhalte „im Raum schweben“, ohne erkennbaren Bezug zur Umgebung. Um eine realitätsnahe und verständliche Darstellung zu gewährleisten, sollte die Anwendung räumliche Orientierungshilfen bieten. Dazu gehören etwa ein im Hintergrund eingeblendeter Lageplan im AR-Editor und eine klare Darstellung der Grenzen des Untersuchungsgebiets:

GE2.6

Beteiligungskontext einbeziehen: Die Visualisierung sollte räumlich verankert und kontextbezogen sein, um die Beziehung zwischen geplanten Elementen und der Umgebung nachvollziehbar zu machen. Dies kann durch In-situ-Platzierungen von AR-Inhalten im realen Raum geschehen, etwa an der konkreten Position geplanter Maßnahmen. Alternativ kann eine Tabletop-AR-Visualisierung verwendet werden, die physische Modelle oder Lagepläne digital ergänzt. Diese Darstellungsformen unterstützen ein besseres räumliches Verständnis und fördern fundierte Beteiligungsentscheidungen.

Technische Stabilität und Leistung: Für eine reibungslose Beteiligungserfahrung sollten digitale Beteiligungswerkzeuge eine stabile und präzise Visualisierung, eine flüssige Interaktion sowie eine adaptive Anpassung an verschiedene Geräte gewährleisten.

Da Augmented Reality die Umwelt in die Darstellung einbezieht, sollte die Verankerung virtueller Elemente im Raum bei der Gesamtgestaltung der Anwendung berücksichtigt werden. Damit die Visualisierung in AR verständlich und glaubwürdig wirkt, ist eine stabil und präzise Verankerung in der realen Umgebung erforderlich (Augmented Reality, Abschnitt 2.2). Ist die Ungenauigkeit zu groß, können zuvor erstellte Vorschläge unbrauchbar werden, indem platzierte Elemente nicht dort dargestellt werden,

wo sie angedacht waren. Eine mögliche Ursache kann ein ungenaues GPS-Signal sein (Vorbereitende Arbeiten, Abschnitt 4.2.3). Auch markerbasiertes Tracking funktioniert nicht immer perfekt. In der Evaluation war eines der häufigsten Probleme unzuverlässiges Tracking des AR-Markers (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5). Aus diesem Grund wurde der Marker in der dritten Iteration ausgewechselt, wodurch eine deutlich stabilere Verankerung der AR-Inhalte erreicht wurde:

GE3.1

Präzise und stabile Platzierung: Um Verzerrungen und Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollte eine stabile und präzise Verankerung von AR-Inhalten im Raum gewährleistet werden. GPS-Tracking bietet eine flexible Platzierung, ist jedoch oft ungenau. AR-Marker bieten hingegen hohe Präzision, erfordern jedoch physische Marker. Wenn dies im konkreten Szenario möglich ist, kann ein hybrides Verfahren eine mögliche Lösung sein, in der visuelles Tracking mit manuellen Korrekturen kombiniert wird.

Da die AR-App auf den Geräten der Teilnehmenden ausgeführt wird, sollte sie auch auf weniger leistungsfähigen Geräten lauffähig sein. So wurde gezeigt, dass eine zu hohe Polygonzahl oder Texturauflösung zu Instabilität führen und damit die Benutzungserfahrung verschlechtern kann (Vorbereitende Arbeiten, Abschnitt 4.2.3). Dies konnte in Tests mit unterschiedlichen Modellen bestätigt werden. Als Reaktion wurde die Genauigkeit der 3D-Modelle reduziert werden, um eine flüssige Nutzung der Anwendung zu ermöglichen (reduzierte Anzahl der Dreiecke, aus denen sich beispielsweise Bäume zusammensetzen). Zudem zeigte die formative Evaluation der AR-App, dass die Marker-Erkennung und das AR-Tracking auf einigen Geräten unzuverlässig waren. Da die Probleme nicht flächendeckend auftraten, wurde angenommen, dass die Probleme auf einzelne leistungsschwächere Geräte zurückzuführen sind (Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5). Um möglichst keine Nutzenden von der Beteiligung auszuschließen, sollte die Optimierung für leistungsschwächere Geräte als allgemeine Empfehlung gelten:

GE3.2

Optimierung für leistungsschwächere Geräte: Die Anwendung sollte für eine breite Gerätekompatibilität optimiert sein. Die Darstellung aufwendiger und detaillierter AR-Inhalte kann Smartphone-Prozessoren stark beanspruchen und gerade ältere Modelle auch überfordern. Die Folge sind Einschränkungen der Benutzererfahrung, etwa durch Bildaussetzer oder Abstürze. Als mögliche Maßnahmen können die Polygonzahl in 3D-Modellen reduziert, die Größe von Texturen optimiert und ressourcenschonende Rendering-Algorithmen eingesetzt werden. Besonders bei einer großen Anzahl von Elementen können diese Maßnahmen helfen, sowohl die Kompatibilität mit älteren oder leistungsschwächeren Geräten als auch die Stabilität der Visualisierung verbessern.

Da Nutzende eigene Geräte verwenden können, ist von einer großen Anzahl unterschiedlicher Gerätetypen und Bildschirmauflösungen auszugehen. Die zweite Evaluation zeigte, dass sich das Layout des App-Interfaces auf einigen Geräten nicht korrekt an deren Seitenverhältnis anpasste. Dadurch wurden Inhalte abgeschnitten oder nur teilweise sichtbar, was die Nutzbarkeit der Anwendung einschränkte

(Zweite formative Evaluation, Abschnitt 5.5). Bei AR-Anwendungen kommen zusätzliche Herausforderungen hinzu: Der Kamera-Feed der Umgebung und AR-Inhalte müssen gleichzeitig dargestellt werden, ohne dass Interface-Elemente die Sicht auf die Umgebung behindern. Die Anwendung sollte so gestaltet sein, dass alle relevanten Inhalte und Interfaceelemente unabhängig vom genutzten Gerät jederzeit gut sichtbar und nutzbar sind:

GE3.3

Responsives und adaptives Design: Die Anwendung sollte responsiv und adaptiv gestaltet sein, um verschiedene Bildschirmgrößen, Seitenverhältnisse und gerätespezifische Besonderheiten (z. B. Kamera-Notches oder Statusleisten) zu berücksichtigen. In AR-Kontexten sollte besonders darauf geachtet werden, dass Interface-Elemente nicht die Sicht auf AR-Inhalte beeinträchtigen. Um eine korrekte Darstellung und eine konsistente Interaktion zu gewährleisten, sollte die Anwendung auf verschiedenen Geräten getestet werden.

Um eine nachhaltige Nutzung zu ermöglichen und mögliche Anschaffungskosten zu relativieren, sollten digitale Beteiligungsanwendung nicht nur auf ein einzelnes Projekt beschränkt sein, sondern langfristig und projektübergreifend einsetzbar gestaltet werden (Expertenworkshop, Abschnitt 4.1). Nutzende profitieren dabei von einem einheitlichen System, dessen Bedienung sie erlernen und wiederverwenden können, was die Einstiegshürde für zukünftige Projekte senkt (Benutzeranalyse, Abschnitt 4.4).

Besonders bei AR-basierten Beteiligungswerkzeugen ist eine flexible und erweiterbare Systemarchitektur entscheidend, da nicht immer absehbar ist, welche Inhalte oder Interaktionen in zukünftigen Projekten benötigt werden (z. B. Visualisierungen oder Platzierungslogik). Eine modulare Struktur erleichtert es, spezifische AR-Funktionen (z. B. ein AR-Editor, eine Marker-Erkennung oder eine Vergleichsansicht) unabhängig voneinander zu entwickeln, zu aktualisieren oder auszutauschen, ohne die gesamte Anwendung neu entwickeln zu müssen:

GE3.4

Erweiterbare, modulare Softwarearchitektur: Die Anwendung sollte modular aufgebaut sein, sodass einzelne Funktionen (z. B. Projektinformation, AR-Ansicht oder Vorschlagseditor) getrennt voneinander entwickelt, gewartet und erweitert werden können. Eine lose Kopplung der Komponenten erleichtert Anpassungen, z. B. wenn neue Gerätetypen unterstützt oder zusätzliche Darstellungsformen benötigt werden. Eine klare Trennung zwischen 3D-Inhalten, UI-Logik und Projektlogik fördert die Wartbarkeit und Zukunftsfähigkeit des Systems.

Eine effektive Beteiligungsanwendung sollte verschiedene administrative Funktionen unterstützen, darunter die zentrale Verwaltung von Inhalten, das Initiieren neuer Beteiligungsprozesse, die Bereitstellung von Projektinformationen, die Moderation von Diskussionen sowie den Export und die Auswertung von Ergebnissen (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3.2). Da Beteiligungsprojekte oft dynamisch sind und sich Inhalte während des Prozesses ändern können, sollte die Anwendung flexibel anpassbar sein, ohne dass für jede Aktualisierung der Inhalte eine neue Version der App veröffentlicht werden muss. Eine

fehlende Möglichkeit zur dynamischen Inhaltsverwaltung kann dazu führen, dass Informationen veralten, Aktualisierungen verzögert erfolgen und der administrative Aufwand erheblich steigt.

Bei AR-Anwendungen kommen zusätzliche Anforderungen hinzu: Die Inhalte bestehen nicht nur aus Text oder Bildern, sondern auch aus dreidimensionalen Objekten, Ankerpunkten im Raum, Interaktionslogiken und Metadaten, die mit der physischen Umgebung verknüpft sind. Um diese AR-Inhalte effizient und projektübergreifend verwalten zu können, sollte das System so gestaltet sein, dass auch 3D-Modelle und AR-spezifische Einstellungen dynamisch verwaltet und ausgetauscht werden können:

GE3.5

Flexible Inhaltsverwaltung: Die Anwendung sollte Inhalte aktualisierbar machen, ohne dass eine neue App-Version notwendig ist. Dies kann über ein Web-Backend mit API-Schnittstelle erfolgen, das eine zentrale, plattformunabhängige Inhaltsverwaltung ermöglicht. Auch AR-spezifische Inhalte wie 3D-Modelle, Platzierungslogik oder Ankerkoordinaten sollten dynamisch nachladbar sein, um flexibel auf veränderte Anforderungen reagieren zu können. So lassen sich beispielsweise neue Visualisierungen, Projektgrenzen oder Kontextinformationen jederzeit in das AR-Erlebnis integrieren, ohne dass technische Eingriffe auf Nutzerseite erforderlich sind.

Eine Stärke mobiler, AR-basierter Beteiligung ist die räumliche und zeitliche Flexibilität. Nutzende können sich unabhängig von festen Veranstaltungszeiten oder Orten beteiligen und geplante Vorhaben direkt im realen Nutzungskontext betrachten. Äußere und organisatorische Rahmenbedingungen können jedoch die Beteiligung erheblich beeinflussen.

Eine zentrale Herausforderung liegt darin, dass Nutzenden nicht immer eine stabile Internetverbindung zur Verfügung steht (z. B. aufgrund technischer Einschränkungen oder begrenztem Datenvolumen; Räumlicher Kontext, Abschnitt 4.5.1). Gerade AR-Anwendungen sind oft datenintensiv: Sie benötigen 3D-Modelle, Texturen und Umgebungsinformationen, die zur Laufzeit geladen werden. Wenn die Anwendung jedoch eine ständige Internetverbindung voraussetzt, kann dies die Nutzbarkeit einschränken, insbesondere in Situationen, in denen spontane oder ortsunabhängige Beteiligung gewünscht ist:

GE3.6

Offline-Nutzung: Die Anwendung sollte eine Nutzung ohne permanente Internetverbindung ermöglichen. Dies betrifft sowohl das Informieren über Beteiligungsprojekte als auch das Erstellen eigener Vorschläge. AR-Inhalte wie 3D-Modelle, Marker oder relevante Kontextdaten sollten – soweit möglich – lokal vorgehalten werden oder im Vorfeld per Download verfügbar sein. Beiträge sollten lokal gespeichert und bei bestehender Verbindung automatisch synchronisiert werden. Zusätzlich kann eine adaptive Downloadstrategie helfen, große Datenmengen nur bei Bedarf nachzuladen (z. B. abhängig vom Projekt oder Standort), um das Datenvolumen zu minimieren.

Nachhaltigkeit und Integration in Beteiligungsprozesse: Um Ressourcen zu sparen und eine möglichst große Flexibilität zu gewährleisten, sollten digitale Beteiligungswerkzeuge den einfachen Import und Export von Inhalten unterstützen. Auf diese Weise können sie für verschiedene Projekte eingesetzt werden und gewährleisten die Anschlussfähigkeit an weitere Phasen der Stadtplanung und Beteiligung.

Bürgerbeteiligung endet nicht mit dem Einreichen von Vorschlägen oder dem Abschluss der Diskussionsphase, sondern umfasst auch nachbereitende Schritte wie die Auswertung, Weiterverarbeitung und langfristige Bereitstellung der Ergebnisse (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3). Damit Beteiligungsergebnisse nachhaltig genutzt werden können, sollten sie sowohl in bestehende Verwaltungsprozesse eingebunden als auch exportiert, dokumentiert und öffentlich zugänglich gemacht werden.

Die Anwendung sollte sich nahtlos in bestehende Beteiligungsprozesse integrieren lassen, um den Verwaltungsaufwand zu minimieren und eine effiziente Nutzung zu ermöglichen (Expertenworkshop, Abschnitt 4.1). Fehlende Anpassungsmöglichkeiten könnten dazu führen, dass die Anwendung nicht mit bestehenden Verwaltungs- und Planungsinstrumenten kompatibel ist oder zusätzliche manuelle Arbeitsschritte erfordert (Organisatorischer Kontext, Abschnitt 4.5.3).

Gerade AR-Anwendungen erzeugen dabei spezifische Inhalte (z. B. 3D-Modelle, räumlich platzierte Vorschläge oder visuelle Kontexte), die sich nicht ohne Weiteres in klassische Verwaltungs- und Planungsprozesse integrieren lassen. Um die langfristige Wirksamkeit sicherzustellen, sind daher technische Schnittstellen, standardisierte Exportformate sowie eine übergreifende Verfügbarkeit der Ergebnisse erforderlich. Eine fehlende Möglichkeit zur Übertragung oder zum Austausch von Daten könnte dazu führen, dass wichtige Ergebnisse nicht in die weitere Planung einfließen (Organisatorischer Kontext, Abschnitt 4.5.3).

Die folgenden Empfehlungen befassen sich mit der Integration in bestehende Prozesse (GE4.1), der technischen Anschlussfähigkeit über Export- und Austauschformate (GE4.2) sowie der langfristigen öffentlichen Verfügbarkeit der Ergebnisse (GE4.3).

GE4.1

Anschlussfähigkeit an bestehende Prozesse: Die Anwendung sollte eine reibungslose Integration in bestehende Verwaltungs- und Stadtplanungsprozesse ermöglichen. Dies gilt insbesondere für AR-Inhalte wie ortsbezogene Vorschläge, 3D-Modelle oder kontextbezogene Darstellungen, die in Planungsprozesse überführt werden müssen. Hierzu sollte es möglich sein, sowohl Ergebnisse vorheriger Phasen einzubinden (z. B. Lagepläne oder bestehende Maßnahmen) als auch neue Ergebnisse in anschließenden Phasen weiterzuverwenden.

Besonders bei AR-Anwendungen entstehen neue Inhalte und Datentypen (z. B. 3D-Modelle, platzierte Vorschläge mit Ortsbezug oder Screenshots aus der realen Umgebung). Damit diese Inhalte nicht in der App „gefangen“ bleiben, sollte die Anwendung standardisierte Exportfunktionen bieten. Gleichzeitig sollte sichergestellt sein, dass Beteiligungsergebnisse auch ohne Zugriff auf die AR-Anwendung einsehbar und nutzbar bleiben. Dies kann beispielsweise über eine zentrale Webplattform oder einen zusammenfassenden Report für Verwaltung und Öffentlichkeit sichergestellt werden (Abschnitt 5.6.1):

GE4.2

Datenexport und Kompatibilität: Die Anwendung sollte eine einfache und standardisierte Möglichkeit bieten, Beteiligungsergebnisse zu exportieren oder in andere Systeme oder Formate zu überführen. Dies gilt insbesondere für AR-spezifische Inhalte wie verortete Vorschläge, 3D-Objekte oder begleitender Medien, die andernfalls ohne die App schwer oder nicht nachvollzogen werden könnten. So kann eine Brücke zwischen der Diskurs- und Entscheidungsphase geschaffen und die Weiternutzung der Ergebnisse sichergestellt werden.

Interessierte Personen und kommunale Verantwortliche sollten sich nicht nur zu laufenden und geplanten Beteiligungsprojekten informieren können, sondern auch nach Abschluss der Beteiligungsphase auf vergangene Projekte und deren Ergebnisse zugreifen können (Aufgabenanalyse, Abschnitt 4.3.1). Eine fehlende langfristige Verfügbarkeit der Ergebnisse kann die Transparenz einschränken und die Nutzung für spätere Entscheidungsprozesse erschweren:

GE4.3

Langfristige Verfügbarkeit von Ergebnissen: Die Ergebnisse sollten auch nach Abschluss der Beteiligung öffentlich zugänglich sein, um Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Dies gilt ebenso für AR-Inhalte, die nicht nur in der App selbst, sondern zusätzlich über Webportale, interaktive 3D-Visualisierungen oder archivierte Berichte zugänglich gemacht werden sollten.

Bei einigen Verwaltungsmitarbeitern besteht Skepsis hinsichtlich der praktischen Umsetzbarkeit von AR, insbesondere in Bezug auf die potenziellen Kosten für die Erstellung aufwendiger 3D-Modelle, Texturen und Animationen (Expertenworkshop, Abschnitt 4.1). Anders als bei textbasierten oder zweidimensionalen Beteiligungsformaten erfordert die Nutzung von AR eine dreidimensionale Darstellung, die oft mit zusätzlichen technischen und gestalterischen Anforderungen verbunden ist.

Umso wichtiger ist es, dass der Betrieb der Anwendung ressourcenschonend gestaltet wird, um den personellen und finanziellen Aufwand für Wartung und Infrastruktur möglichst gering zu halten. Eine einfache Aktualisierung von Inhalten und die Nutzung standardisierter, wiederverwendbarer Ressourcen kann dabei helfen, den Aufwand zu reduzieren, die Akzeptanz bei Verantwortlichen zu erhöhen und eine langfristige Nutzung in verschiedenen Beteiligungskontexten zu ermöglichen (Organisatorischer Kontext, 4.5.3):

GE4.4

Freie und standardisierte Inhalte: Um Kosten zu reduzieren und den Aufwand für die Erstellung und Anpassung zu minimieren, sollten standardisierte und wiederverwendbare Inhalte genutzt werden. Für die visuelle Umsetzung in AR können dabei offene oder lizenzfreie 3D-Modelle, Icons und Texturen genutzt werden. Viele Hersteller, Plattformen oder öffentliche Datenquellen stellen kostenfreie 3D-Bibliotheken zur Verfügung (z. B. für Möblierung, Spielplatzelemente oder Stadtmobiliar). Durch den Einsatz solcher Komponenten lässt sich eine professionelle Visualisierung mit begrenzten Ressourcen realisieren.

Eine kontinuierliche Nutzung der App kann dazu beitragen, Lerneffekte bei den Nutzenden zu fördern, die Akzeptanz zu steigern und langfristig Kosten zu senken (Benutzeranalyse, 4.4 und Expertenworkshop, 4.1). Wenn die Anwendung für mehrere Projekte genutzt werden kann, entfällt die Notwendigkeit, sich immer wieder an neue Systeme anzupassen. Besonders bei AR-Anwendungen, deren Interaktionsformen häufig ungewohnt sind, profitieren Nutzende von einer konsistenten und wiedererkennbaren Nutzerführung.

Gleichzeitig ermöglicht eine flexible Plattform, verschiedene Beteiligungsprozesse mit einer einheitlichen technischen Grundlage abzubilden. Die Wiederverwendung von AR-Komponenten (z. B. Module zur Platzierung, Vorschlagsgestaltung oder Marker-Erkennung) kann den Entwicklungsaufwand und die Betriebskosten pro Projekt reduzieren:

GE4.5

Kontinuierliche Nutzung: Die Anwendung sollte mehrere Beteiligungsprojekte gleichzeitig unterstützen. Eine flexible AR-Anwendung ermöglicht es, verschiedene Prozesse mit einer einheitlichen Lösung abzubilden und langfristig Betriebskosten zu senken. Nutzende profitieren von einer konsistenten Nutzererfahrung, die eine erneute Einarbeitung überflüssig macht. Dies gilt insbesondere bei komplexeren Technologien wie AR, die anfangs eine gewisse Eingewöhnung erfordern.

Die in dieser Arbeit entwickelten Gestaltungsempfehlungen und Rahmenbedingungen können einen entscheidenden Beitrag leisten, um eine erfolgreiche Beteiligung in Projekten der Stadtplanung zu ermöglichen. Damit Augmented Reality effektiv eingesetzt werden kann, sind neben einer hohen allgemeinen Gebrauchstauglichkeit insbesondere die Aspekte Zugang und Inklusion sowie die Anschlussfähigkeit an bestehende Prozesse von zentraler Bedeutung.

Darüber hinaus helfen die Empfehlungen dabei, bei der Entwicklung AR-basierter Beteiligungswerkzeuge sicherzustellen, dass Nutzende sich im Rahmen der Beteiligung informieren, eigene Beiträge einbringen und bestehende Vorschläge weiterentwickeln können. Sie konkretisieren und erweitern bekannte Usability-Prinzipien im Hinblick auf den spezifischen Anwendungskontext und gehen insbesondere in den Bereichen Inklusion, Nachhaltigkeit sowie in technischen Aspekten über bestehende Konzepte hinaus. Neben dem praktischen Einsatz in vergleichbaren Beteiligungsvorhaben bieten die Empfehlungen auch eine Grundlage für weiterführende Forschung, die an die Erkenntnisse dieser Arbeit anknüpft.

Die Gestaltungsempfehlungen dieser Arbeit basieren auf dem klar abgegrenzten Anwendungsszenario der Planung eines kommunalen Spielplatzes. Dieses Szenario bildet typische Anforderungen und Herausforderungen partizipativer Stadtplanung im kleinen Maßstab exemplarisch ab. Die gewonnenen Erkenntnisse – insbesondere im Hinblick auf Usability, Inklusion und die Visualisierung räumlicher Informationen – besitzen daher eine hohe Relevanz auch für andere Beteiligungsvorhaben. In umfangreicheren stadtplanerischen Vorhaben wie der Entwicklung von Stadtteilen oder Verkehrsinfrastruktur

können zusätzliche Anforderungen entstehen (z. B. hinsichtlich der Anzahl der Beteiligten, der Komplexität der Entscheidungsprozesse oder der Vielfalt der Stakeholder). Die vorliegenden Empfehlungen bieten eine belastbare Grundlage, die sich an unterschiedliche Kontexte anpassen und gezielt erweitern lässt.

Zusammenfassend lässt sich RQ3 wie folgt beantworten: Für die gebrauchstaugliche Gestaltung von AR-Anwendungen im Kontext kommunaler Beteiligungsprojekte zur Stadtplanung wurden in dieser Arbeit systematisch 23 konkrete Gestaltungsempfehlungen abgeleitet. Die Empfehlungen lassen sich den vier Kategorien *Zugang und niederschwellige Beteiligung*, *Visualisierung und Interaktion*, *technische Stabilität und Leistung* sowie *Nachhaltigkeit und Integration in Beteiligungsprozesse* zuordnen. Die Empfehlungen basieren auf einer systematischen Analyse von Usability-Herausforderungen, empirischen Evaluationen und theoretischen Grundlagen. Sie bieten konkrete Ansätze, wie AR-Anwendungen so gestaltet werden können, dass sie eine niederschwellige, inklusive und effektive Beteiligung ermöglichen. Dabei gehen die Empfehlungen über klassische Usability-Heuristiken hinaus, indem sie AR-spezifische Anforderungen sowie Rahmenbedingungen der kommunalen Beteiligung berücksichtigen.

Dabei wurden sie bewusst auf einem mittleren Abstraktionsniveau formuliert, um über das konkrete Projekt hinaus übertragbar zu bleiben und zugleich genügend Spezifik zu bieten, um die Entwicklung vergleichbarer Anwendungen auch praxisnah zu unterstützen.

Die Empfehlungen zeigen, dass hohe Gebrauchstauglichkeit in AR-Anwendungen dann erreicht werden kann, wenn technische Gestaltung, Nutzerbedürfnisse und organisatorische Rahmenbedingungen konsequent zusammengedacht werden. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung partizipativer AR-Werkzeuge in der Stadtplanung – sowohl für die Praxis als auch als Grundlage für zukünftige Forschung und Weiterentwicklung.

7.4 Wissenschaftlicher Beitrag

Dieses Kapitel fasst die zentralen wissenschaftlichen Beiträge der Arbeit zusammen und diskutiert wichtige Limitationen. Zur besseren Einordnung in den Forschungsstand der Mensch-Computer-Interaktion (HCI) sind die Beiträge jeweils typischen Beitragstypen nach Wobbrock und Kientz (2016) zugeordnet. Die sieben dort beschriebenen Beitragstypen sind Empirical Contributions, Artifact Contributions, Methodological Contributions, Theoretical Contributions, Data Contributions, Survey Contributions und Opinion Contributions.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine theoretische Grundlage zu den Themen Bürgerbeteiligung und Augmented Reality systematisch erarbeitet. Dies diente sowohl der Schärfung der Forschungsfragen als auch der fundierten Entwicklung der AR-Anwendung. Zudem wurde ein systematisches Literaturreview zum Stand der Technik und Forschung von AR in der Bürgerbeteiligung durchgeführt (Survey Contribution). Dabei wurde sowohl ein Überblick über die in der Literatur behandelten Forschungsfragen,

Zielstellungen und Technologien geschaffen, als auch Anforderungen für den Einsatz von AR in Beteiligungsprozessen abgeleitet.

Ein weiterer wissenschaftlicher Beitrag liegt in der Entwicklung eines funktionsfähigen AR-Prototyps, der im Unterschied zu vielen bisherigen Forschungsansätzen gezielt für den Einsatz in verschiedenen Beteiligungsprojekten konzipiert wurde. Damit kann die Anwendung als eigenständiger Beitrag verstanden werden (Artefact Contribution oder Technical Contribution). Sie lässt sich in zukünftiger Forschung weiterverwenden und flexibel weiterentwickeln. Zu den zentralen Funktionen zählen ein interaktiver AR-Betrachtungsmodus zum direkten Vergleich verschiedener Vorschläge, ein interaktiver 2D-Vorschlagseditor für das einfache Erstellen von Beiträgen sowie eine Funktion zur Weiterentwicklung bestehender Vorschläge. Die App geht damit über viele in der Literatur beschriebene AR-Anwendungen hinaus, die sich vor allem auf die Informationsvermittlung beschränken.

Ein zentraler empirischer Beitrag dieser Arbeit ist die Durchführung einer randomisierten, kontrollierten Vergleichsstudie. Darin wurde die zuvor iterativ in einem menschenzentrierten Prozess entwickelte AR-App anhand konkreter Aufgaben (Informieren, Beitragen und Weiterentwickeln) mit einem analogen Werkzeug verglichen (Empirical Contribution). Die Ergebnisse zeigen, inwiefern sich Augmented Reality für diese Aufgaben in der kommunalen Bürgerbeteiligung eignet und welche Schwächen im Vergleich zu klassischen Werkzeugen bestehen. Die Studie bestätigt sowohl Potenziale als auch Herausforderungen des AR-Einsatzes und liefert darüber hinaus erste Ansätze zur Weiterentwicklung der Anwendung sowie zur Formulierung weiterführender Forschungsfragen.

Die aus der Analyse, Entwicklung und Evaluation abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen für AR-basierte Beteiligungswerkzeuge stellen einen theoretischen Beitrag dar (Theoretical Contribution). Sie betreffen zentrale Aspekte wie Zugänglichkeit und niederschwellige Beteiligung, Gestaltung von Visualisierung und Interaktion, technische Stabilität und Leistung sowie Nachhaltigkeit und Integration in Beteiligungsprozesse. Die Empfehlungen fassen nicht nur zentrale Erkenntnisse dieser Arbeit zusammen, sondern dienen auch als Grundlage für zukünftige Entwicklung im Bereich gebrauchstauglicher AR-basierter Beteiligungswerkzeuge.

Neben den im Rahmen der Laborstudie bereits diskutierten Limitationen ergeben sich auch auf Ebene der Gesamtarbeit einige Einschränkungen. So beschränkt sich der thematische Fokus auf partizipative Prozesse in der Stadtplanung, insbesondere im Kontext von Spielplatzgestaltungen. Andere Anwendungsfelder konnten nicht berücksichtigt werden.

Die Effektivität digitaler Beteiligungswerkzeuge hängt stark vom jeweiligen Anwendungskontext ab. Während diese Arbeit zeigt, dass Augmented Reality in einem simulierten Beteiligungsszenario erfolgreich zum Informieren, Beitragen und Weiterentwickeln eingesetzt werden kann, spielen im praktischen Einsatz weitere Faktoren klassischer Beteiligung wie der Verfügbarkeit individueller Ressourcen, politischem Engagement und organisatorischen Rahmenbedingungen eine Rolle. Einige dieser Faktoren

wurden in dieser Arbeit untersucht (z. B. Beteiligungserfahrung und Beteiligungsbereitschaft), es besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf, um ein umfassendes Verständnis für den praktischen Einsatz zu gewinnen.

Zudem liegt die Wirksamkeit eines Beteiligungswerkzeugs nicht nur in seiner Gestaltung, sondern auch in der Qualität des zugrunde liegenden Beteiligungsprozesses. Aspekte wie Verbindlichkeit der Beteiligung oder die tatsächliche Nutzung der Ergebnisse wurden in dieser Arbeit nicht betrachtet. So wurde die Perspektive der Verwaltung nur am Rande berücksichtigt, obwohl sie eine zentrale Rolle in der Umsetzung digitaler Beteiligungsprozesse einnimmt. Für die Untersuchung wurde vorausgesetzt, dass das entwickelte Werkzeug in einen Beteiligungskontext mit unterstützenden Rahmenbedingungen eingebettet sein wird.

Trotz dieser Einschränkungen leistet die Arbeit einen substanziellen Beitrag zur wissenschaftlichen und praktischen Weiterentwicklung digitaler Beteiligungswerkzeuge und zeigt auf, wie Augmented Reality sinnvoll in partizipative Prozesse integriert werden kann. Zentrale Aspekte wie die Einbettung in übergeordnete Beteiligungsprozesse wurden dabei bereits im Rahmen der Gestaltungsempfehlungen berücksichtigt.

7.5 Weiterführende Forschung

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass Augmented Reality ein vielversprechendes Werkzeug für die Bürgerbeteiligung darstellt. Dennoch bestehen zahlreiche Potenziale zur Weiterentwicklung sowie offene Fragen, die in zukünftigen Forschungsarbeiten adressiert werden sollten. Im Folgenden werden zentrale Optimierungsmöglichkeiten, weiterführende Forschungsfragen sowie Herausforderungen für den praktischen Einsatz vorgestellt und diskutiert.

Einige Funktionen der entwickelten App konnten in der Arbeit nur angedacht oder prototypisch umgesetzt werden. Aus dem Entwicklungsprozess sowie den Ergebnissen der Laborstudie ergeben sich zudem weitere Ansatzpunkte zur Optimierung. Besonders relevant erscheint die automatisierte Auswertung von Beteiligungsbeiträgen, da das Potenzial der App als digitales Werkzeug bislang noch nicht vollständig ausgeschöpft werden konnte. Zukünftige Forschung könnte sich mit der automatisierten Analyse von Vorschlägen befassen – etwa durch die Hervorhebung von Unterschieden oder das Clustern ähnlicher Beiträge mithilfe künstlicher Intelligenz (KI). Erste prototypische Umsetzungen, wie die Generierung von Heatmaps zur Visualisierung der Platzierung bestimmter Spielplatzelemente (Abbildung 62), deuten auf das Potenzial datenbasierter Feedbackmechanismen hin, die Entscheidungsprozesse unterstützen und strukturieren können.

Darüber hinaus eröffnet die Weiterentwicklung einer webbasierten Inhaltsverwaltung ein weiteres Forschungsfeld. Eine entsprechende Plattform würde nicht nur die Aktualisierung von Beteiligungsinhalten erleichtern, sondern auch alternative Zugangswege eröffnen und somit Inklusionshürden reduzieren.

Ebenso zeigen die Ergebnisse der Laborstudie Herausforderungen bei der präzisen Platzierung virtueller Elemente – beispielsweise durch Überlappungen oder unpassende Positionierungen (z. B. eine Rutsche auf einer Straße). Hier stellt sich die Frage, wie gestalterische Maßnahmen wie haptisches Feedback oder visuelle Warnhinweise die Nutzerführung verbessern und sicherheitsbezogene Aspekte realitätsnäher berücksichtigen können.

Die vorliegende Arbeit fokussiert primär die Perspektive der Bürger als Nutzende der App. Für eine umfassende Betrachtung des Einsatzkontexts sollten jedoch weitere Zielgruppen – insbesondere Mitarbeitende der Verwaltung – stärker in den Blick genommen werden. Zukünftige Forschung könnte untersuchen, wie Verwaltungsaufgaben wie die Initiierung, Pflege und Auswertung von Beteiligungsprojekten digital unterstützt werden können und welche funktionalen sowie gestalterischen Anforderungen sich für diese Nutzergruppe ergeben. Außerdem stellt sich die Frage, wie die Technologie in bestehende Verwaltungsprozesse integriert werden kann und wie hoch die Akzeptanz bei den Mitarbeitenden ist.

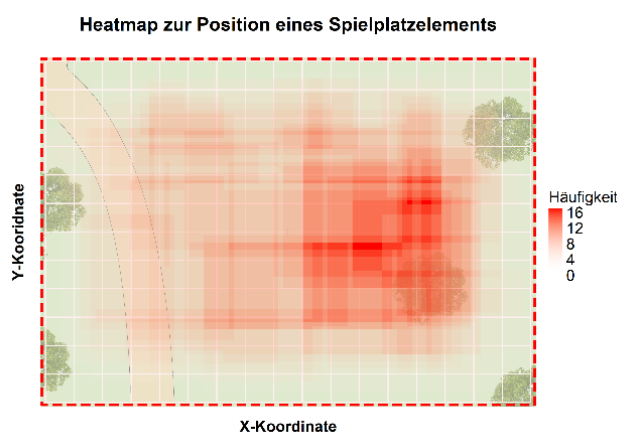


Abbildung 62: Heatmap zur Platzierung eines Spielplatzelements

Weiterführende Untersuchungen könnten sich auch mit der Nutzung von AR in der Kinder- und Jugendbeteiligung befassen – Zielgruppen, die in dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurden. Ebenso wären Studien zu beteiligungsfernen Bevölkerungsgruppen relevant, da viele Menschen aus unterschiedlichen Gründen nicht an Beteiligungsprozessen teilnehmen (z. B. aufgrund fehlender Ressourcen oder Unsicherheiten). In diesem Zusammenhang könnte das bewusste Einbringen einer diskriminierungskritischen Perspektive zusätzliche Möglichkeiten eröffnen, gerade auch marginalisierte Gruppen in einen breiten Beteiligungsprozess bewusst miteinzubinden. In diesem Zusammenhang gilt es besonders, die Frage zu untersuchen, inwiefern digitale Visualisierungswerkzeuge geeignet sind, bestehende Beteiligungshürden zu reduzieren, um somit nicht nur neue Zielgruppen zu erschließen, sondern auch einen Beitrag zur gesellschaftlichen Beteiligung zu leisten.

Ein weiteres mögliches Forschungsfeld betrifft die Übertragbarkeit des entwickelten Werkzeugs auf andere Beteiligungsthemen. Während sich diese Arbeit auf die Gestaltung von Spielplätzen im Rahmen

der Stadtplanung konzentriert hat, könnte die App auch in anderen Bereichen wie der Verkehrsplanung oder bei Umweltprojekten Anwendung finden. Zukünftige Studien könnten untersuchen, für welche Themen sich AR-basierte Beteiligung besonders eignet und in welchen Kontexten andere Werkzeuge sinnvoller sind.

Die in dieser Arbeit entwickelten Gestaltungsempfehlungen basieren auf der Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer gebrauchstauglichen AR-Anwendung. Um deren Generalisierbarkeit und Wirksamkeit zu überprüfen, erscheint die Validierung in unterschiedlichen Projekten und mit verschiedenen Nutzergruppen sinnvoll. Ergänzend wäre eine Langzeitstudie mit mehreren realen Beteiligungsprojekten von Interesse, um Herausforderungen im Hinblick auf die nachhaltige Integration, die technische Skalierbarkeit sowie die kontinuierliche Nutzung der Anwendung zu identifizieren. Eine längere Nutzung könnte zudem Erkenntnisse darüber liefern, inwiefern die Gewöhnung an AR-Beteiligung die Effektivität gegenüber einem analogen Verfahren steigern kann.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Arbeit wäre ein systematischer Vergleich mit anderen analogen und digitalen Beteiligungswerkzeugen ein nächster sinnvoller Schritt. Dadurch ließen sich die spezifischen Stärken von Augmented Reality im Kontext partizipativer Prozesse noch gezielter herausarbeiten.

Obwohl diese Arbeit den Fokus auf Augmented Reality legt, könnten zukünftige Forschungen auch den Einsatz von Virtual Reality (VR) in Beteiligungsprozessen untersuchen. VR bietet durch vollständige Immersion zusätzliche Möglichkeiten zur Darstellung geplanter Vorhaben, bringt jedoch gleichzeitig neue Herausforderungen in Bezug auf Zugänglichkeit und technische Voraussetzungen mit sich. Ein systematischer Vergleich von AR- und VR-Ansätzen könnte helfen, deren jeweilige Stärken besser zu verstehen.

8 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit Augmented Reality (AR) als interaktives Beteiligungswerkzeug im Kontext kommunaler Bürgerbeteiligung eingesetzt werden kann, um eine nachvollziehbare, effektive und nutzerzentrierte Beteiligung an Planungs- und Entscheidungsprozessen zu ermöglichen.

Hierzu wurde eine Augmented-Reality-Smartphone-App konzipiert, realisiert und in einer randomisierten kontrollierten Laborstudie mit einem ebenfalls neu entwickelten analogen Beteiligungswerkzeug verglichen. Ausgehend von den im Entwicklungs- und Evaluationsprozess gewonnenen Erkenntnissen wurden übergreifende Gestaltungsempfehlungen für den Einsatz von AR in Beteiligungsprojekten abgeleitet. In diesem Kapitel werden das Vorgehen sowie die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst.

Als theoretische Basis wurden bestehende Literatur zu den Themen der Bürgerbeteiligung und Augmented Reality analysiert sowie ein systematisches Literaturreview zum Stand der Technik und Forschung von AR in der Bürgerbeteiligung durchgeführt.

Auf dieser Grundlage wurde ein AR-basiertes Beteiligungswerkzeug systematisch konzipiert und entwickelt. Um eine hohe Gebrauchstauglichkeit sicherzustellen, wurde ein menschenzentrierter Gestaltungsprozess gewählt. Nach einer systematischen Analyse der Aufgaben, der Benutzer sowie des Nutzungskontexts wurden Anforderungen definiert und eine mobile AR-App konzipiert. In einem iterativen Designprozess wurden mehrere Prototypen entwickelt und jeweils formativ mit Nutzenden evaluiert. Die finale Version der AR-App wurde abschließend in einer randomisierten kontrollierten Laborstudie mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen, um die Gebrauchstauglichkeit summativ zu untersuchen und die Forschungsfragen zu beantworten.

Die zentralen Forschungsfragen dieser Arbeit umfassen drei Schwerpunkte: Erstens wurde die Gebrauchstauglichkeit, die visuelle Ästhetik sowie die wahrgenommene Arbeitsbelastung der entwickelten AR-App untersucht. Zweitens wurde die AR-App mit einem analogen Beteiligungswerkzeug verglichen, um zu analysieren, inwiefern sie das Verständnis räumlicher Informationen und das Einbringen eigener Vorschläge unterstützt sowie welche Auswirkung der AR-Einsatz auf den Diskurs, die wahrgenommene Arbeitsbelastung und die Beteiligungsbereitschaft hat. Drittens wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse allgemeine Empfehlungen zur Gestaltung und nachhaltigen Integration gebrauchstauglicher AR-basierter Beteiligungswerkzeuge abgeleitet.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Augmented Reality das Potenzial besitzt, Beteiligungsprozesse durch interaktive und anschauliche Visualisierung zu bereichern. Im Vergleich zu einem analogen

Werkzeug ergaben sich für AR tendenzielle Vorteile wie vielfältigere Vorschläge und eine höhere Beteiligungsbereitschaft. Auch wenn diese Effekte statistisch nicht signifikant waren, liefern sie wertvolle Hinweise für zukünftige Forschung und Weiterentwicklung.

Mit dem Fokus auf der Schnittstelle zwischen digitalen Werkzeugen, menschlicher Wahrnehmung und Interaktion sowie dem Anwendungskontext politischer Partizipation positioniert sich diese Arbeit klar im Forschungsfeld der Mensch-Computer-Interaktion (HCI). Die zentralen Erkenntnisse betreffen die menschenzentrierte Entwicklung gebrauchstauglicher AR-basierter Beteiligungswerkzeuge und münden in konkreten Gestaltungsempfehlungen zu niedrigschwelligem Zugang, gebrauchstauglicher Visualisierung und Interaktion, technischer Stabilität sowie nachhaltiger Integration in bestehende Beteiligungsprozesse.

Insgesamt leistet die Arbeit damit einen wissenschaftlichen Beitrag zur nutzerzentrierten Entwicklung von AR-Anwendungen und zeigt auf, wie solche Technologien sinnvoll in Beteiligungsprozesse der Stadtplanung integriert werden können.

Literatur

- Abas, A., Arifin, K., Ali, M. A. M., & Khairil, M. (2023). A systematic literature review on public participation in decision-making for local authority planning: A decade of progress and challenges. *Environmental Development*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100853>
- Adam, M. T. P., Gregor, S., Hevner, A., & Morana, S. (2021). Design science research modes in human-computer interaction projects. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.17705/1thci.00139>
- Ahmadi Oloonabadi, S., & Baran, P. (2023). Augmented reality participatory platform: A novel digital participatory planning tool to engage under-resourced communities in improving neighborhood walkability. *Cities (London, England)*, 141, 104441. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104441>
- Aichholzer, G., & Rose, G. (2020). Experience with digital tools in different types of e-participation. In L. Hennen, I. van Keulen, I. Korthagen, G. Aichholzer, R. Lindner, & R. Ø. Nielsen (Hrsg.), *European e-democracy in practice* (S. 93–140). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27184-8_4
- Alissandrakis, A., & Reski, N. (2017). Using mobile augmented reality to facilitate public engagement. *Extended papers of the international symposium on digital humanities (DH 2016)*, 2021, 99–109.
- Allen, M., Regenbrecht, H., & Abbott, M. (2011). Smart-phone augmented reality for public participation in urban planning. *Proceedings of the 23rd Australian computer-human interaction conference, OzCHI 2011*, 11–20. <https://doi.org/10.1145/2071536.2071538>
- Apple. (o. J.). *ARKit | apple developer documentation*. <https://developer.apple.com/documentation/arkit/>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An overview of augmented reality. *Computers*, 11(2), Article 28. <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
- AR.js Organization. (o. J.). *AR.js – augmented reality on the web*. <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>
- Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216–224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- Awang, A. J., Majid, M. R., & Rusli, N. (2020). Augmented reality (AR) for promoting public participation in urban planning. *Built Environment Journal (BEJ)*, 17(3), 51–56.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114–123.
- Beerepoot, N., Bzdok, P., Vorhof, B., & Yurtanova, A. (2020). *ODAR-Lübeck: Eine Open Data AR Anwendung für die Hansestadt Lübeck* [Unveröffentlichtes Masterprojekt]. Masterprojekt im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Lübeck, Deutschland.
- Berryman, D. R. (2012). Augmented reality: A review. *Medical Reference Services Quarterly*, 31(2), 212–218. <https://doi.org/10.1080/02763869.2012.670604>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Blanco-Pons, S., Carrión-Ruiz, B., & Lerma, J. L. (2019). Augmented reality application assessment for disseminating rock art. *Multimedia Tools and Applications*, 78(8), 10265–10286. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6609-x>
- Böhnke, P. (2011). Ungleiche Verteilung politischer und zivilgesellschaftlicher Partizipation. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 61(1–2), 18–25.
- Boos, U. C., Reichenbacher, T., Kiefer, P., & Sailer, C. (2023). An augmented reality study for public participation in urban planning. *Journal of Location Based Services*, 17(1), 48–77. <https://doi.org/10.1080/17489725.2022.2086309>
- Brooke, J. (1996). SUS: A „quick and dirty“ usability scale. In P. W. Jorden, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Hrsg.), *Usability evaluation in industry* (S. 189–194). Taylor and Francis.
- Brunsendorf, C. D., Clasen, N., Petersen, J. O., & Karsten, F. (2021). *Bürgerbeteiligung mit Augmented Reality* [Unveröffentlichtes Bachelorprojekt]. Bachelorprojekt im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Lübeck, Deutschland.
- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 285–303. <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4. Aufl.). Pearson Studium.
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb). (2021). *Datenreport 2021: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland* (Statistisches Bundesamt (Destatis), Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), & Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB), Hrsg.). Bundeszentrale für politische Bildung. <https://www.bpb.de/shop/buecher/zeitbilder/328110/datenreport-2021/>

- Bürgerrechte*. (2023). https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/inneres-sicherheit-verwaltung/kommunales/Kommunalrecht/_documents/buergerrechte
- Canham, M., & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 155–166.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.014>
- Dan, Y., Shen, Z., Zhu, Y., & Huang, L. (2021). Using mixed reality (MR) to improve on-site design experience in community planning. *Applied Sciences*, 11(7), 3071.
- DIN EN ISO 9241-11. (2018). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO 9241-11:2018)*. Beuth-Verlag.
<https://doi.org/10.31030/2757945>
- DIN EN ISO 9241-110. (2006). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006)*. Beuth-Verlag. <https://doi.org/10.31030/3147467>
- DIN EN ISO 9241-210. (2020). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019)*. Beuth-Verlag.
<https://doi.org/10.31030/3104744>
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (6. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Dulat, M., Havemann, J., Karkow, J., Phan, Q. H., & Wolfram, E. (2022). *Augmented to Explore* [Unveröffentlichtes Bachelorprojekt]. Bachelorprojekt im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Lübeck, Deutschland.
- Eilola, S., Jaalama, K., Kangassalo, P., Nummi, P., Staffans, A., & Fagerholm, N. (2023). 3D visualisations for communicative urban and landscape planning: What systematic mapping of academic literature can tell us of their potential? *Landscape and Urban Planning*, 234.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104716>
- Fares, D. (2022). *Augmented Reality zur Unterstützung der Bürgerbeteiligung am Beispiel der Begrünung der Hansestadt Lübeck* [Unveröffentlichte Masterarbeit]. Masterarbeit im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Lübeck, Deutschland.
- Fegert, J., Pfeiffer, J., Golubyeva, A., Pfeiffer-Leßmann, N., Hariharan, A., Renner, P., Pfeiffer, T., Hefke, M., Straub, T., & Weinhardt, C. (2019). Take part prototype: Creating new ways of participation through augmented and virtual reality. *Proceedings of 29th workshop on information technologies and systems (WITS)*.
- Fegert, J., Pfeiffer, J., Peukert, C., Golubyeva, A., & Weinhardt, C. (2020). Combining e-participation with augmented and virtual reality: Insights from a design science research project. *ICIS 2020 proceedings*.

- Fels, D. (2015, Dezember). *Leitfaden Partizipation Winterthur*. <https://stadt.winterthur.ch/themen/die-stadt/winterthur/zusammenleben-vereine/partizipation/leitfaden-partizipation/leitfaden-partizipation-winterthur.pdf>
- Franke, T., Attig, C., & Wessel, D. (2019). A personal resource for technology interaction: Development and validation of the affinity for technology interaction (ATI) scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 35(6), 456–467.
- Froehlich, M., Kobiella, C., Schmidt, A., & Alt, F. (2021). Is it better with onboarding? Improving first-time cryptocurrency app experiences. *Proceedings of the 2021 ACM designing interactive systems conference*, 78–89. <https://doi.org/10.1145/3461778.3462047>
- Gao, M., Kortum, P., & Oswald, F. L. (2020). Multi-language toolkit for the system usability scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(20), 1883–1901. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1801173>
- Geißel, B., Roth, R., Collet, S., & Tillmann, C. (2014). Partizipation im Wandel – Wie verändert sich unsere Demokratie durch neue Kombinationen repräsentativer, deliberativer und direktdemokratischer Elemente? In Bertelsmann Stiftung & Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), *Partizipation im Wandel: Unsere Demokratie zwischen Wählen, Mitmachen und Entscheiden* (Bd. 373, S. 11–39). Bertelsmann Stiftung.
- Google. (o. J.). *Google Trends*. Abgerufen 3. Juni 2024, von <https://trends.google.de/trends/explore?date=all&q=Augmented%20Reality>
- Google for Developers. (2024, Oktober). *Overview of ARCore and supported development environments*. <https://developers.google.com/ar/develop>
- Goundar, M. S., Kumar, B. A., & Ali, A. B. M. S. (2022). Development of usability guidelines: A systematic literature review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 40(5), 1298–1316. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2141009>
- Grotz, F., & Lewandowsky, M. (2019). Promoting or controlling political decisions? Citizen preferences for direct-democratic institutions in Germany. *German Politics*, 29(2), 180–200. <https://doi.org/10.1080/09644008.2019.1583329>
- Habermas, J. (1991). *Erläuterungen zur Diskursethik* (1. Aufl.). Suhrkamp Verlag.
- Hall, K. Wm., Kouroupis, A., Bezerianos, A., Szafir, D. A., & Collins, C. (2022). Professional differences: A comparative study of visualization task performance and spatial ability across disciplines. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(1), 654–664. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114805>
- Hansestadt Lübeck. (2025a). *Anliegenmanagement – Stadt Lübeck*. <https://www.luebeck.de/de/buergerservice/anliegenmanagement/index.html>

- Hansestadt Lübeck. (2025b). *Statistische Nachrichten Nr. 66 – Demografie und Bevölkerung 2024* [Statistikbericht]. Kommunale Statistikstelle.
<https://bekanntmachungen.luebeck.de/dokumente/d/1854>
- Hart, S. G. (2006). Nasa-task load index (NASA-TLX); 20 years later. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting, 50*, 904–908.
<https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), *Human Mental Workload* (Bd. 52, S. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hassan, R., Hansen, T. B., & Nordh, H. (2014). Visualizations in the planning process. In N. Gu, S. Watanabe, H. Erhan, M. H. Haeusler, W. Huang, & R. Sosa (Hrsg.), *Proceedings of the 19th international conference on computer-aided architectural design research in asia (CAADRIA 2014)* (S. 65–74). The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA). <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2014.065>
- Henckel, D., von Kuczkowski, K., Lau, P., Pahl-Weber, E., & Stellmacher, F. (2010). Soziale Stadt. In D. Henckel, K. von Kuczkowski, P. Lau, E. Pahl-Weber, & F. Stellmacher (Hrsg.), *Planen – Bauen – Umwelt: Ein Handbuch* (S. 423–515). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-92288-1_14
- Herczeg, M. (2009). *Software-Ergonomie – Theorien, Modell und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme* (3. Aufl.). Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Imottesjo, H., & Kain, J.-H. (2018). The Urban CoBuilder – a mobile augmented reality tool for crowd-sourced simulation of emergent urban development patterns: Requirements, prototyping and assessment. *Computers, Environment and Urban Systems*, 71, 120–130.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.05.003>
- Imottesjo, H., & Kain, J.-H. (2022). The Urban CoCreation Lab – an integrated platform for remote and simultaneous collaborative urban planning and design through web-based desktop 3D modeling, head-mounted virtual reality and mobile augmented reality: Prototyping a minimum viable product and developing specifications for a minimum marketable product. *Applied Sciences*, 12(2), 797.

- Imottesjo, H., Thuvander, L., Billger, M., Wallberg, P., Bodell, G., Kain, J.-H., & Nielsen, S. A. (2020). Iterative prototyping of Urban CoBuilder: Tracking methods and user interface of an outdoor mobile augmented reality tool for co-designing. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(2), 26.
- Interaction Design Group. (2016, Mai). *NASA-TLX (Kurzfassung deutsch)*. <http://interaction-design-group.de/toolbox/wp-content/uploads/2016/05/NASA-TLX.pdf>
- Irshad, S., & Rambli, D. R. A. (2017). *Advances in mobile augmented reality from user experience perspective: A review of studies*. 466–477.
- Janda, T. (2012). Open Government – Transparenz, Partizipation und Kollaboration als Staatsbild. In U. Schliesky & S. E. Schulz (Hrsg.), *Transparenz, Partizipation, Kollaboration: Web 2.0 für die öffentliche Verwaltung* (Bd. 12, S. 11–39). Lorenz-von-Stein-Institut für Verwaltungswissenschaften.
- Jeffri, N. F. S., & Rambli, D. R. A. (2021). A review of augmented reality systems and their effects on mental workload and task performance. *Heliyon*, 7(3).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06277>
- Judge, S., & Harrie, L. (2020). Visualizing a possible future: Map guidelines for a 3D detailed development plan. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 4(1), 7.
<https://doi.org/10.1007/s41651-020-00049-4>
- Kersting, N. (2013). Online participation: From „invited“ to „invented“ spaces. *International Journal of Electronic Governance*, 6(4), 270–280. <https://doi.org/10.1504/IJEG.2013.060650>
- Kodeboyina, S. M., & Varghese, K. (2016). Low cost augmented reality framework for construction applications. *ISARC. Proceedings of the international symposium on automation and robotics in construction*, 33, 659–668. <https://doi.org/10.22260/ISARC2016/0080>
- Konrad-Adenauer-Stiftung. (2023a, Januar 19). *Haben Sie in den letzten zwölf Monaten an folgenden (politischen) Beteiligungsformen teilgenommen? (Antwort: „Ja“)*.
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1378681/umfrage/politische-beteiligung-in-europaeischen-laendern/>
- Konrad-Adenauer-Stiftung. (2023b, März 26). *Haben Sie im letzten Jahr die folgenden Möglichkeiten der politischen Teilhabe genutzt?*
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1378287/umfrage/politische-partizipation-nach-geschlecht/>
- Kubicek, H., & Aichholzer, G. (2016). Closing the evaluation gap in e-participation research and practice. In G. Aichholzer, H. Kubicek, & L. Torres (Hrsg.), *Evaluating e-Participation* (Bd. 19). Springer.

- Kurkela, K., Kork, A.-A., Jäntti, A., & Paananen, H. (2023). Citizen participation as an organisational challenge in local government. *International Journal of Public Sector Management*, 37(1). <https://doi.org/10.1108/IJPSM-08-2022-0179>
- Latino, F., Naserentin, V., Öhrn, E., Shengdong, Z., Fjeld, M., Thuvander, L., & Logg, A. (2019). Virtual City@ Chalmers: Creating a prototype for a collaborative early stage urban planning AR application. *Proceedings of the eCAADe RIS*, 137–147.
- Lewis, J. R., & Sauro, J. (2018). Item benchmarks for the system usability scale. *Journal of Usability Studies*, 13(3), 158–167. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3294033.3294037>
- Li, X., Yi, W., Chi, H.-L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- Liberating Structures. (o. J.). *1-2-4-all*. <https://liberatingstructures.de/liberating-structures-menue/1-2-4-all/>
- Lowndes, V., Pratchett, L., & Stoker, G. (2006). Diagnosing and remedying the failings of official participation schemes: The CLEAR framework. *Social Policy & Society*, 5(2), 281–291. <https://doi.org/10.1017/S1474746405002988>
- Merry, K., & Bettinger, P. (2019). Smartphone GPS accuracy study in an urban environment. *PLOS ONE*, 14(7), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219890>
- Mertes, A., Fischer, D., Brüesch, C., & Andermatt, K. C. (2022). The perceived advantages of e-participation and its impact on citizens' willingness to engage: Findings from the canton of Zurich. *Swiss Yearbook of Administrative Sciences*, 13(1), 131–148. <https://doi.org/10.5334/ssas.166>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In H. Das (Hrsg.), *Telemanipulator and Telepresence Technologies* (Bd. 2351, S. 282–292). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Moshagen, M., & Thielsch, M. (2013). A short version of the visual aesthetics of websites inventory. *Behaviour & Information Technology*, 32(12), 1305–1311. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.694910>
- Moshagen, M., & Thielsch, M. T. (2010). Facets of visual aesthetics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(10), 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.05.006>
- Nanz, P., & Fritsche, M. (2012). *Handbuch Bürgerbeteiligung: Verfahren und Akteure, Chancen und Grenzen*. Bundeszentrale für politische Bildung.

- Nanz, P., & Fritsche, M. (2024). *Handbuch Beteiligung: Gestaltungsmöglichkeiten für Bürgerinnen und Bürger*. Bundeszentrale für politische Bildung.
- Nielsen, J. (1994a). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Conference companion on human factors in computing systems*. <https://doi.org/10.1145/191666.191729>
- Nielsen, J. (1994b). Heuristic evaluation. In *Usability inspection methods* (S. 25–62). John Wiley & Sons, Inc.
- Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of the ACM INTERCHI conference on human factors in computing systems*, 206–213. <https://doi.org/10.1145/169059.169166>
- Onyimbi, J. R., Koeva, M., & Flacke, J. (2018). Public participation using 3D web-based city models: Opportunities for e-participation in Kisumu, Kenya. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), Article 454. <https://doi.org/10.3390/ijgi7120454>
- Piga, B. E. A., Stancato, G., Rainisio, N., & Boffi, M. (2021). How do nature-based solutions' color tones influence people's emotional reaction? An assessment via virtual and augmented reality in a participatory process. *Sustainability*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313388>
- Qiao, X., Ren, P., Dustdar, S., Liu, L., Ma, H., & Chen, J. (2019). Web AR: A promising future for mobile augmented reality – state of the art, challenges, and insights. *Proceedings of the IEEE*, 107(4), 651–666. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2895105>
- Radford, A., Kim, J. W., Xu, T., Brockman, G., McLeavey, C., & Sutskever, I. (2023). Robust speech recognition via large-scale weak supervision. *Proceedings of the 40th international conference on machine learning*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04356>
- Ras, E., Wild, F., Stahl, C., & Baudet, A. (2017). Bridging the skills gap of workers in industry 4.0 by human performance augmentation tools: Challenges and roadmap. *Proceedings of the 10th international conference on pervasive technologies related to assistive environments*, 428–432. <https://doi.org/10.1145/3056540.3076192>
- Reaver, K. (2023). Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1055930>
- Reinwald, F., Berger, M., Stoik, C., Platzer, M., & Damjanovic, D. (2014). Augmented reality at the service of participatory urban planning and community informatics – a case study from Vienna. *The Journal of Community Informatics*, 10(3). <https://doi.org/10.15353/joci.v10i3.3441>

- Reinwald, F., Schober, C., & Damyanovic, D. (2013). From plan to augmented reality – workflow for successful implementation of AR solutions in planning and participation processes. In M. Schrenk, V. Popovich, P. Zeile, & P. Elisei (Hrsg.), *Proceeding REAL CORP 2013* (S. 339–348).
- Sanaeiipoor, S., & Emami, K. H. (2020). Smart [AR] mini-application: Engaging citizens in digital placemaking approach. *Proceeding of 4th international conference on smart city, internet of things and applications (SCIOT)*, 84–90. <https://doi.org/10.1109/SCIOT50840.2020.9250208>
- Saßmannshausen, S. M., Radtke, J., Bohn, N., Hussein, H., Randall, D., & Pipek, V. (2021). Citizen-centered design in urban planning: How augmented reality can be used in citizen participation processes. *Proceedings of the 2021 ACM designing interactive systems conference*, 250–265. <https://doi.org/10.1145/3461778.3462130>
- Schoßböck, J., Rinnerbauer, B., & Parycek, P. (2018). Digitale Bürgerbeteiligung und Elektronische Demokratie. In M. Leitner (Hrsg.), *Digitale Bürgerbeteiligung: Forschung und Praxis – Chancen und Herausforderungen der elektronischen Partizipation* (S. 11–40). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21621-4_2
- Schöttle, S. (2019a). Online-Partizipation. In *Politische Online-Partizipation und soziale Ungleichheit: Eine empirische Studie mit Gender-Fokus* (S. 119–157). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28154-0_7
- Schöttle, S. (2019b). Politische Partizipation – Eine Begriffsbestimmung. In *Politische Online-Partizipation und soziale Ungleichheit: Eine empirische Studie mit Gender-Fokus* (S. 27–39). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28154-0_2
- Schrom-Feiertag, H., Lorenz, F., Regal, G., & Settgast, V. (2018, April). Augmented and virtual reality applied for innovative, inclusive and efficient participatory planning. *Proceedings of 7th transport research arena TRA 2018*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1491568>
- Schünemann, W. J., & Steiger, S. (2019, Juli). *Die Diskursqualität politischer Online-Kommunikation*. https://www.uni-hildesheim.de/media/fb1/sozialwissenschaften/Forschungsfokus_Politik_und_Internet/WasN-Working_Paper_2.0.pdf
- Singer, E., & Couper, M. P. (2008). Do incentives exert undue influence on survey participation? Experimental evidence. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 3(3), 49–56. <https://doi.org/10.1525/jer.2008.3.3.49>
- Spieker, A. (2021). *Chance statt Show – Bürgerbeteiligung mit Virtual Reality & Co.* (1. Aufl.). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33082-8>

- Spieker, A., Wenzel, G., & Brettschneider, F. (2017). *Bauprojekte visualisieren. Leitfaden für die Bürgerbeteiligung*. Baden-Württemberg Stiftung gGmbH.
- Stadt Heidelberg. (2019, Januar). *Leitlinien Bürgerbeteiligung*.
https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg2021/get/documents_E-709327730/heidelberg/Objektdatenbank/12/PDF/B%C3%BCBe/12_pdf_B%C3%BCrgerbeteiligung_Brosch%C3%BCre.pdf
- Statista. (2024a, März). *Anteil der Smartphone-Nutzer* in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2023 und Prognose bis 2030*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/585883/umfrage/anteil-der-smartphone-nutzer-in-deutschland/>
- Statista. (2024b, September). *Haben Sie schon einmal eine Augmented-Reality-Anwendung genutzt?*
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1247620/umfrage/umfrage-zum-interesse-an-augmented-reality-in-deutschland/>
- Steenbergen, M. R., Bächtiger, A., Spörndli, M., & Steiner, J. (2003). Measuring political deliberation: A discourse quality index. *Comparative European Politics*, 1(1), 21–48.
<https://doi.org/10.1057/palgrave.cep.6110002>
- Stiller, K. (1999). *Bilder und Texte in multimedialen Lernprogrammen*. Universität Regensburg.
- Stremme, H., Kastrati, E., Lemke, B., Yesilmen, M., & Yesilmen, R. (2022). *Augmented Reality-Annotation im öffentlichen Raum „ARnotate“* [Unveröffentlichtes Bachelorprojekt]. Bachelorprojekt im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Lübeck, Deutschland.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Syed, T. A., Siddiqui, M. S., Abdullah, H. B., Jan, S., Namoun, A., Alzahrani, A., Nadeem, A., & Alkhodre, A. B. (2023). In-depth review of augmented reality: Tracking technologies, development tools, AR displays, collaborative AR, and security concerns. *Sensors*, 23(1), Article 146. <https://doi.org/10.3390/s23010146>
- Thewes, C., Saalbach, C., & Kohler, U. (2014). *Bürgerbeteiligung bei umweltrelevanten Großprojekten. Der Beteiligungs-Bias als methodisches Instrument zur Bewertung von Beteiligungsverfahren*. Universität Potsdam.
- Thielsch, M., & Moshagen, M. (2011). *Erfassung visueller Ästhetik mit dem VisAWI: Bd. Usability Professionals 2011* (H. Brau, A. Lehmann, K. Petrovic, & M. C. Schroeder, Hrsg.; S. 260–265). German UPA e.V.

- Tischer, J. (2012). Rechtsfragen der Bürgerpartizipation mittels Web 2.0 Anwendungen – das Beispiel Bürgerhaushalt. In U. Schliesky & S. E. Schulz (Hrsg.), *Transparenz, Partizipation, Kollaboration: Web 2.0 für die öffentliche Verwaltung* (Bd. 12, S. 69–86). Lorenz-von-Stein-Institut für Verwaltungswissenschaften.
- Unity Technologies. (2024, August). *AR foundation*.
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@6.0/manual/index.html>
- Vetter, A., & Brettschneider, F. (2023). Direkt-demokratisch oder doch repräsentativ: Welche Entscheidungsmodi präferieren Bürger*innen? *der moderne staat – dms*, 16(1), 40–71.
<https://doi.org/10.3224/dms.v16i1.04>
- Vetter, A., & Remer-Bollow, U. (2017). *Bürger und Beteiligung in der Demokratie*. Springer.
- VuMA (Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse). (2021, November). *Anteil der Smartphone-Nutzer in Deutschland nach Altersgruppe im Jahr 2021*.
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459963/umfrage/anteil-der-smartphone-nutzer-in-deutschland-nach-altersgruppe/>
- Walz, S., Kast, A., Schulze, G., Born, L., Krüger, K., & Niggemeier, K. (with Jahn, M., Leven, B., & Schilling, P.). (2012). *Handbuch zur Partizipation* (2. Aufl.). Kulturbuch-Verlag GmbH.
- Wang, Y., & Lin, Y.-S. (2023). Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.
<https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1071355>
- Wessel, D., Attig, C., & Franke, T. (2019). ATI-S - an ultra-short scale for assessing affinity for technology interaction in user studies. *Proceedings of Mensch und Computer 2019*, 147–154.
<https://doi.org/10.1145/3340764.3340766>
- Wessel, D., Heine, M., Attig, C., & Franke, T. (2020). Affinity for technology interaction and fields of study: Implications for human-centered design of applications for public administration. *Proceedings of Mensch und Computer 2020*, 383–386.
<https://doi.org/10.1145/3404983.3410020>
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector – applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596–615.
<https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103>
- Wobbrock, J. O., Findlater, L., Gergle, D., & Higgins, J. J. (2011). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, 143–146.
<https://doi.org/10.1145/1978942.1978963>

- Wobbrock, J. O., & Kientz, J. A. (2016). Research contributions in human-computer interaction. *Interactions*, 23(3), 38–44. <https://doi.org/10.1145/2907069>
- Wolf, M., Söbke, H., & Wehking, F. (2020). Mixed reality media-enabled public participation in urban planning. In T. Jung, M. C. Dieck, & P. A. Rauschnabel (Hrsg.), *Augmented Reality and Virtual Reality*. Springer.
- World Wide Web Consortium (W3C). (2023a, Juni). *Understanding success criterion 1.4.3: Contrast (minimum) (level AA)*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-minimum>
- World Wide Web Consortium (W3C). (2023b, Juni). *Understanding success criterion 1.4.6: Contrast (enhanced) (level AAA)*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-enhanced>
- Woyke, W. (2021). Politische Partizipation. In U. Andersen, J. Bogumil, S. Marschall, & W. Woyke (Hrsg.), *Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland* (S. 749–754). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23666-3_112
- Wright, M., Block, M., & von Unger, H. (2007). Stufen der Partizipation in der Gesundheitsförderung. In Gesundheit Berlin (Hrsg.), *Dokumentation 13. Bundesweiter Kongress Armut und Gesundheit*.
- Yagol, P., Ramos, F., Trilles, S., Torres-Sospedra, J., & Perales, F. J. (2018). New trends in using augmented reality apps for smart city contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), 478.
- Zhu, J., Kuang, X., Kennedy, K. J., & Mok, M. M. C. (2018). Previous civic experience and Asian adolescents' expected participation in legal protest: Mediating role of self-efficacy and interest. *Asia Pacific Journal of Education*, 38(3), 414–431. <https://doi.org/10.1080/02188791.2018.1493980>

Abbildungen

Abbildung 1: Partizipation im Open Government (nach Kubicek & Aichholzer, 2016).....	11
Abbildung 2: Phasen der Bürgerbeteiligung (nach Walz et al., 2012).....	11
Abbildung 3: Beteiligungsparadox (eigene Darstellung nach Wolf et al., 2020)	13
Abbildung 4: Reality-Virtuality-Continuum (nach Milgram et al., 1995).....	20
Abbildung 5: Relevanz von „Augmented Reality“ in den Google Trends (Google, o. J.)	24
Abbildung 6: Vorgehen bei der Literatursauswahl.....	25
Abbildung 7: Zeitliche Verteilung der ausgewählten Publikationen	25
Abbildung 8: Beteiligungsformen in AR-Beteiligungswerkzeugen	26
Abbildung 9: Tracking-Methoden.....	28
Abbildung 10: Illustration der behandelten Themengebiete	31
Abbildung 11: Informationsaustausch in verschiedenen Beteiligungsformen und -aufgaben.....	32
Abbildung 12: Illustration des Vorgehens	35
Abbildung 13: Eindrücke vom Anforderungsworkshop	40
Abbildung 14: Kategorisierung von Gründen für Beteiligung.....	41
Abbildung 15: Screenshots der App aus dem Projektbericht (Beerepoot et al., 2020).....	46
Abbildung 16: Screenshots der App (reproduziert nach Brunsendorf et al., 2021)	47
Abbildung 17: Screenshots der App aus der Bachelorarbeit (Fares, 2022)	48
Abbildung 18: Screenshots der „ARnote“ App aus dem Projektbericht (Stremme et al., 2022)	49
Abbildung 19: Screenshots der App aus dem Projektbericht (Dulat et al., 2022)	50
Abbildung 20: Grundlegende Aufgaben im Beteiligungsprozess (Teilnehmende)	52
Abbildung 21: Grundlegende Aufgaben im Beteiligungsprozess (Organisatoren).....	53
Abbildung 22: Zeitlicher Ablauf der Bürgerbeteiligung.....	62
Abbildung 23: Aufbau der Anwendung.....	68
Abbildung 24: Entwurf der Einführung in die Anwendung (Dialogfluss von links nach rechts).....	70
Abbildung 25: Such- und Filtermaske in der Liste der Projekte.....	71
Abbildung 26: Entwürfe für einen Eintrag in der Liste der Projekte	71
Abbildung 27: Entwürfe der Startseite mit Hilfe (A) und Karte (B)	72
Abbildung 28: Entwürfe der Startseite mit Suchfunktion und Liste der Projekte.....	73
Abbildung 29: Entwurf der Detailansicht eines Vorhabens (Projekts)	75
Abbildung 30: Darstellung einer Kamera-App auf einem Smartphone.....	77
Abbildung 31: Entwürfe des Vorschlagseditors	78
Abbildung 32: Dialogbeispiele: Projekte finden und sich über Projekte informieren	81
Abbildung 33: Dialogbeispiele: Vorschläge ansehen und vergleichen.....	82
Abbildung 34: Verteilung der Geschlechter (links) und Technikaffinität (rechts)	85
Abbildung 35: Dialogbeispiele: Vorschläge annotieren	91
Abbildung 36: Dialogbeispiele: Vorschläge hinzufügen und bearbeiten.....	91
Abbildung 37: Dialogbeispiele: Einführung in die App	93
Abbildung 38: Verteilung der Geschlechter (links) und Technikaffinität (rechts)	95
Abbildung 39: Server-Client-Schnittstelle.....	107
Abbildung 40: Webseite zur Verwaltung der Projektinhalte	107
Abbildung 41: Dialogbeispiele: Überarbeitete Einführung in die App.....	109
Abbildung 42: Dialogbeispiele: Startseite und Navigationskonzept.....	110
Abbildung 43: Dialogbeispiele: Projektdetails	112
Abbildung 44: Dialogbeispiele: Vorschläge in AR ansehen und vergleichen	112
Abbildung 45: Dialogbeispiele: Vorschläge mit Lageplan ansehen	113
Abbildung 46: alter (A) und neuer (B) AR-Marker	114
Abbildung 47: Dialogbeispiele: Vorschläge erstellen und weiterentwickeln	115
Abbildung 48: Altersverteilung in Experimental- und Kontrollgruppe (Balken = 5 Jahre)	119
Abbildung 49: Pinguin als Schätzobjekt.....	123

Abbildung 50: Die 16 Spielplatzelemente zur Platzierung auf dem Lageplan	125
Abbildung 51: Überblick zum Ablauf der Studie	126
Abbildung 52: Studienaufbau im JIL	128
Abbildung 53: Lageplan zum Beteiligungsprojekt (links) und Laptop mit Befragung (rechts)	129
Abbildung 54: Drei Spielplatzvorschläge für die Studie	129
Abbildung 55: Verteilung der Teilnehmenden auf die Experimental- und Kontrollgruppe	132
Abbildung 56: Beteiligungshäufigkeit nach Beteiligungsform.....	133
Abbildung 57: Erfahrung mit Augmented Reality (AR).....	134
Abbildung 58: Spielplatzvorschläge der Teilnehmenden	141
Abbildung 59: Verwendete Zeit für die vier Aufgaben	146
Abbildung 60: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung).....	148
Abbildung 61: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung).....	158
Abbildung 62: Heatmap zur Platzierung eines Spielplatzelements	187

Tabellen

Tabelle 1: Stufen/Level der Beteiligung und Partizipation	9
Tabelle 2: Dimensionen der politischen Partizipation.....	10
Tabelle 3: Vor- und Nachteile verschiedener Visualisierungsformen (nach Spieker et al., 2017).....	17
Tabelle 4: Suchanfragen im Literaturreview	24
Tabelle 5: Überblick vorbereitender Arbeiten.....	45
Tabelle 6: Übersicht Benutzerklassen	57
Tabelle 7: Ort der Beteiligung.....	60
Tabelle 8: Anforderungsgruppe 1: Informieren und Beitragen (AG1).....	66
Tabelle 9: Anforderungsgruppe 2: Zugang und Unterstützung (AG2).....	66
Tabelle 10: Anforderungsgruppe 3: Organisatorische Anforderungen (AG3).....	66
Tabelle 11: Feature-Set: Kernfunktionen	80
Tabelle 12: Feature-Set: Hilfe und Unterstützung.....	80
Tabelle 13: Feature-Set: Technische Features.....	80
Tabelle 14: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe	84
Tabelle 15: Bewertung des ersten Prototyps	87
Tabelle 16: Positive und negative Anmerkungen zum ersten Prototyp.....	88
Tabelle 17: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe	96
Tabelle 18: Bewertung der visuellen Ästhetik ($n = 72$).....	98
Tabelle 19: Einschätzung der Schwierigkeit der Aufgaben ($n = 72$).....	99
Tabelle 20: Erweiterte Anforderungen (EA) für die dritte Iteration.....	103
Tabelle 21: Vorgeschlagene erweiterte Funktionen und Inhalte (EF) für die dritte Iteration	104
Tabelle 22: Farbpalette und Kontrastverhältnisse	108
Tabelle 23: Einordnung der Technikaffinität der Stichprobe	119
Tabelle 24: Vergleichbarkeit der Gruppen	133
Tabelle 25: Arbeitsbelastung (AR-App).....	136
Tabelle 26: Verständnis räumlicher Informationen.....	138
Tabelle 27: Schätzaufgaben (Größe in Metern)	139
Tabelle 28: Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 2)	141
Tabelle 29: Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 4)	142
Tabelle 30: Beschreibung des Vorschlags.....	143
Tabelle 31: Bewertung des Vorschlags	143
Tabelle 32: Sichtbarkeit der genannten Aspekte	143
Tabelle 33: Diskursqualität auf Basis der genannten Aspekte	144
Tabelle 34: Verwendete Zeit für die einzelnen Aufgaben (in Minuten).....	146
Tabelle 35: Vergleich der Arbeitsbelastung (NASA-TLX).....	147
Tabelle 36: Vergleich der Beteiligungsbereitschaft (nach der Nutzung)	149

Anhänge

Übersicht der Anhänge dieser Arbeit

Anhang A	Systematisches Literaturreview	207
Anhang B	Expertenworkshop	208
Anhang B.1	Gründe und Motivation für Bürgerbeteiligung.....	208
Anhang B.2	Beteiligungsthemen.....	209
Anhang B.3	Herausforderungen.....	210
Anhang B.4	Potenziale von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung.....	211
Anhang C	Erste formative Evaluation	212
Anhang C.1	Aufgaben zur Usability-Studie.....	212
Anhang C.2	Fragebogen zur ersten formativen Evaluation.....	213
Anhang D	Zweite formative Evaluation	215
Anhang D.1	Datenschutz- und Einverständniserklärung.....	215
Anhang D.2	Leitfaden für Versuchsleiter/innen.....	216
Anhang D.3	Fragebogen Teil 1 – Soziodemografische Variablen	220
Anhang D.4	Fragebogen Teil 2 – Aufgaben zur Usability Studie.....	221
Anhang D.5	Fragebogen Teil 3 – Bedienbarkeit und Gestaltung	223
Anhang E	Laborstudie	225
Anhang E.1	Signifikanztests	225
Anhang E.2	Beteiligungsbereitschaft	228
Anhang E.3	Auswertung der Aufgaben 1 bis 4.....	231
Anhang E.4	Bewertung der Aufgaben 1 bis 4.....	233
Anhang E.5	Arbeitsbelastung.....	235
Anhang E.6	Verwendete Zeit.....	236
Anhang F	Verwendete Skalen	238
Anhang F.1	ATI-Skala (Technikaffinität).....	238
Anhang F.2	System Usability Scale (SUS).....	239
Anhang F.3	VisAWI Fragebogen (visuelle Ästhetik).....	240
Anhang F.4	NASA-TLX-Fragebogen (Arbeitsbelastung).....	241
Anhang F.5	Diskursanalyse (Discourse Quality Index, DQI).....	241
Anhang G	Usability-Richtlinien	242
Anhang G.1	Usability-Heuristiken nach Nielsen.....	242
Anhang G.2	Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241:110.....	242

Anhang A Systematisches Literaturreview

ID	Quellenangabe	Informieren	Vergleichen	Beitragen	Weiterentwickeln	A-B-Studiendesign	Teilnehmer
1	(Ahmadi Oloonabadi & Baran, 2023)	ja	ja	ja	nein	AR / AR	4
2	(Alissandrakis & Reski, 2017)	ja	nein	nein	nein	-	22
3	(Allen et al., 2011)	ja	ja	nein	nein	-	18
4	(Awang et al., 2020)	ja	nein	nein	nein	AR / nicht AR	77
5	(Boos et al., 2023)	ja	nein	ja	nein	AR / nicht AR & AR / AR	30
6	(Dan et al., 2021)	(ja)	nein	ja	(nein)	-	16
7	(Fegert et al., 2019)	ja	ja	nein	nein	-	-
8	(Fegert et al., 2020)	ja	ja	nein	nein	-	339
9	(Imottesjo & Kain, 2018)	ja	nein	ja	nein	AR / VR	unbekannt
10	(Imottesjo & Kain, 2022)	ja	nein	ja	nein	-	8
11	(Imottesjo et al., 2020)	ja	nein	ja	nein	-	20
12	(Kodeboyina & Varghese, 2016)	ja	nein	nein	nein	AR / VR	-
13	(Latino et al., 2019)	ja	nein	geplant	nein	-	-
14	(Piga et al., 2021)	ja	nein	nein	nein	-	111
15	(Reaver, 2023)	nein	nein	ja	nein	AR / VR	51
16	(Reinwald et al., 2013)	ja	nein	nein	nein	-	-
17	(Reinwald et al., 2014)	ja	nein	nein	nein	-	139
18	(Sanaeipoor & Emami, 2020)	ja	nein	nein	nein	AR / nicht AR	15
19	(Saßmannshausen et al., 2021)	ja	ja	ja	nein	-	29
20	(Schrom-Fiertag et al., 2018)	ja	ja	nein	nein	AR / AR	12
21	(Wang & Lin, 2023)	ja	nein	nein	nein	AR / VR	50
22	(Yagol et al., 2018)	ja	nein	nein	nein	-	20

Überblick zum Literaturreview

Anhang B Expertenworkshop

Anhang B.1 Gründe und Motivation für Bürgerbeteiligung

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Gründe und die Motivation für Bürgerbeteiligung, die im Rahmen des Expertenworkshops im Joint eGov and Open Data Lab in Lübeck gesammelt wurden. Die 29 Beiträge wurden sechs Kategorien zugeordnet, die aus inhaltlichen Überschneidungen abgeleitet wurden.

Kategorie	Gründe und Motivation
Akzeptanz und Legitimation	<ul style="list-style-type: none"> - Akzeptanz - Transparenz - Legitimation - Alle mitnehmen / Betroffene zu Beteiligten machen - Zustimmung zu / Austausch über Planungsprozesse
Bürgernähe der Verwaltung	<ul style="list-style-type: none"> - Nähe - Verwaltung ist für Bürger:innen da - Werbung für Demokratie - Förderung von Engagement für / in der Kommune - Museen als Ort der Begegnung, relevant sein für Besucher:innen
Austausch und Wissen nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Ideenpool aufbauen - Kommunikation - Dialog und Austausch - Wohlbefinden in der Stadt verbessern - Was wollen die Bürger:innen / was wünschen sie sich?
Realitätscheck	<ul style="list-style-type: none"> - „Realitätscheck“ für die Planer (fachl. Sicht vs. Sicht der Laien) - Bedarfsgerechte Planung - Abgleich der Zielsetzung aus der Forstwirtschaft mit Bürgerwillen - Stimmungsbild einholen zur Weitergabe an Politik / Presse ... - Abgleich mit strategischen Zielen Stadt + politischen Zielen Bürgerschaft - Prioritätensetzung entwickeln - Sich nach Vorstellungen der Bürger:innen richten / auf die Wünsche eingehen
Vorhaben und Perspektiven darstellen	<ul style="list-style-type: none"> - Vielfältige Perspektiven - Veranschaulichung von Vorhaben - Wissen und Information als Basis für die Beteiligung - Horizont für geplante Maßnahmen erweitern
Prozesse optimieren	<ul style="list-style-type: none"> - Sinnvoller Einsatz von Steuergeldern - Sportangebote erweitern, verändern, optimieren - Prozessoptimierung

Anhang B.2 Beteiligungsthemen

Die nachfolgende Tabelle zeigt Themenvorschläge für Bürgerbeteiligung, die im Rahmen des Expertenworkshops im Joint eGov and Open Data Lab in Lübeck gesammelt wurden. Zur besseren Übersicht und um inhaltliche Muster sichtbar zu machen, wurden die 19 Beiträge thematisch gruppiert. Die daraus abgeleiteten sechs Kategorien basieren auf inhaltlichen Überschneidungen zwischen den Themen.

Kategorie	Themen
Digitalisierung	<ul style="list-style-type: none"> - Digitale Strategie - E-Government / Digitalisierung - Digitale Kommunikation - Smart City
Natur- und Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Waldwirtschaft - Erhalt von Naturräumen - Klimaschutz - Anpassung an den Klimawandel
Kinder und Jugendliche	<ul style="list-style-type: none"> - Alles, was Kinder und Jugendliche betrifft - Kinderbetreuungsbedarfe - Beratungs- und Unterstützungsbedarfe
Stadtentwicklung und Anregungen	<ul style="list-style-type: none"> - Ideen, Anregungen, gegenwärtige Fragen - Stadtleben - Stadtteilplanungen
Fachplanungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sportentwicklungsplanung - Flächennutzungsplan (FNP) - Verkehrsentwicklungsplan (VEP) - Fachplanungen (z. B. Radschnellwege) - Rahmenpläne (informelle Planungen)

Anhang B.3 Herausforderungen

Die nachfolgende Tabelle zeigt Herausforderungen der Bürgerbeteiligung, die im Rahmen des Expertenworkshops im Joint eGov and Open Data Lab in Lübeck gesammelt wurden. Zur besseren Übersicht wurden die 28 Beiträge thematisch gruppiert. Die daraus abgeleiteten sechs Kategorien basieren auf inhaltlichen Überschneidungen.

Kategorie	Herausforderungen
Organisatorische Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Prozessanpassung - Wie erhält man mögl. positives Feedback? - Lange Zeitabläufe; wenn die Ergebnisse der Beteiligung umgesetzt sind, hat die Zielgruppe andere Bedürfnisse (Bsp. Spielplatzplanung) - Corona - Gute Beteiligung braucht viele Ressourcen (Planung, Durchführung, Dokumentation, Umsetzung)
Rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - Datenschutz / Datensicherheit - Social Media in Stadtverwaltung nicht nutzbar - Kinder- und Jugendschutz - Gesetzliche Vorgaben - Fachliche Anforderungen - Abstecken der Zielsetzung für die Beteiligung
Zugang & Repräsentativität	<ul style="list-style-type: none"> - Sprache / Kommunikation - Verschiedene Bevölkerungsgruppen zu erreichen - Zugänglichkeit: Repräsentativität - Leichte Sprache / methodisch sauber arbeiten - Alle Gruppen gleichermaßen anzusprechen / nicht nur „Vocal Minority“ erfassen - Die „Nicht-Interessierten“ erreichen - Online-Befragung: ältere Generationen hatten Schwierigkeiten (technisch) - Hijacking von Veranstaltungen von Interessengruppen
Vorbehalte	<ul style="list-style-type: none"> - Motivation der Teilnehmer:innen - Inwieweit soll die Komfortzone verlassen werden? - Inwieweit möchten Bürger:innen gläsern werden?
Positionsheterogenität	<ul style="list-style-type: none"> - Diverse Zielsetzungen der Bürger:innen und deren Übertragbarkeit - Zielkonflikt - Generationskonflikt
Umgang mit Ergebnissen	<ul style="list-style-type: none"> - Demokratische Entscheidung? - Verbindliche Umsetzung von Beteiligungsergebnissen - Rückkopplung der Ergebnisse an TN und Bürger:innen

Anhang B.4 Potenziale von Augmented Reality in der Bürgerbeteiligung

Die nachfolgende Tabelle zeigt Potenziale der Bürgerbeteiligung, die im Rahmen des Expertenworkshops im Joint eGov and Open Data Lab in Lübeck gesammelt wurden. Zur besseren Übersicht wurden die 21 Beiträge thematisch gruppiert. Die daraus abgeleiteten fünf Kategorien basieren auf inhaltlichen Überschneidungen.

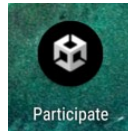
Kategorie	Potenziale
Zukünftige Bauvorhaben und Stadtplanung visualisieren	<ul style="list-style-type: none"> - Planungsvisualisierung (Stadtplanung, Gestaltung, Entwicklung) - Simulationen - Virtueller Rundgang - Zukunftsszenarien - Stadtplanung / Verkehrsplanung: Visualisierung - Alle Maßnahmen, die Landschaften betreffen oder generell Bauvorhaben: virtueller Spaziergang
Alternativen oder bestimmte Aspekte visualisieren	<ul style="list-style-type: none"> - Bauvorhaben (z. B. Gestaltung des öffentlichen Raums) ggf. Alternativvorschläge - Windräder: verschiedene Abstände - Weltkulturerbe: verschiedene Blickwinkel - Visualisierung von unterschiedlichen, physischen Optionen: Entscheidung - Umfragen und Abstimmungen (Varianten visualisieren + Konsequenzen) - Angsträume (Licht): Grad der Helligkeit, Abstände
Fachbegriffe und Übersetzung	<ul style="list-style-type: none"> - Glossar: Text visualisieren, z. B. von Fachbegriffen - Informationen und Daten (Teilhabe/Übersetzung) an zentraler Stelle für alle - Zugänglichkeit für verschiedene Muttersprachler:innen
Daten visualisieren	<ul style="list-style-type: none"> - Einblenden von zusätzlichen Informationen z. B. Wo fließen welche Gelder hin? - Solar- / Gründachkataster - Digitaler Zwilling
Sonstige Potenziale	<ul style="list-style-type: none"> - App / Internet - Beobachtung von Teilnehmenden, die sich durch einen virtuellen Raum bewegen - Einrichtung städtischer Liegenschaften (Kita, Jugendzentren)

Anhang C Erste formative Evaluation

Anhang C.1 Aufgaben zur Usability-Studie

Bitte bearbeiten Sie die nachfolgenden Aufgaben in der vorgegebenen Reihenfolge. Versuchen Sie dabei laut auszusprechen, was dabei denken (z. B. „Ich gehe jetzt zurück zur Startseite.“ oder „Ich bin mir unsicher, was dieser Filter bewirkt.“).

1. **Starten Sie die App** auf dem Smartphone. Sie erkennen die App an folgendem Symbol:



2. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die verfügbaren Vorhaben. **Wie viele Vorhaben sind derzeit aktiv?**
3. Sortieren Sie die Vorhaben **aufsteigend** nach dem **Erstelldatum** (Ältestes zuerst).
4. Fügen Sie ein Vorhaben zu Ihren **Lesezeichen** hinzu. Rufen Sie dann die Liste Ihrer Lesezeichen auf.
5. Informieren Sie sich zum Vorhaben „**Spielplatz im Park**“. Wie lautet der **Titel des neusten Vorschlags** zu diesem Vorhaben?
6. Öffnen Sie den Vorschlag „**Ein altersgerechter Spielplatz**“ in Augmented Reality (AR). Nutzen Sie den bereitgestellten QR-Code, wenn Sie in der App dazu aufgefordert werden.
7. Sehen Sie sich **nacheinander alle drei Vorschläge** zum Vorhaben an.
8. **Deaktivieren Sie das angezeigte Raster** und die am Spielplatz stehenden **Bäume**. Blenden Sie beides anschließend wieder ein.

Nachdem Sie alle Aufgaben bearbeitet haben, fahren Sie bitte mit dem Fragebogen fort.

Anhang C.2 Fragebogen zur ersten formativen Evaluation

Die Befragung wurde über eine am IMIS gehostete Instanz des webbasierten Umfragetools LimeSurvey durchgeführt. Bevor die Teilnehmenden den Fragebogen ausfüllen konnten, wurden Sie über Ihre Probandenrechte und Datenschutzinformationen aufgeklärt und um Zustimmung gebeten. Die Zustimmung war Voraussetzung für die weitere Bearbeitung des Fragebogens. Nachfolgend sind die einzelnen Fragen beschrieben.

Auf einer 7-Punkte-Likert-Skala sollte der Grad der Zustimmung zu den folgenden Aufgaben angegeben werden. Die Skala ging von 1 = „stimmt gar nicht“ bis 7 = „stimmt völlig“.

- 1 Der Zustand der App ist jederzeit nachvollziehbar.
- 2 Die App macht deutlich, welche Handlungsoptionen bestehen.
- 3 Die verwendeten Icons sind passend eingesetzt.
- 4 Die verwendeten Icons unterstützen beim Verständnis der Funktionen der App.
- 5 Die App unterstützt dabei, sich einen Überblick über die verfügbaren Vorhaben zu verschaffen.
- 6 Die App unterstützt dabei, ein bestimmtes Vorhaben zu finden.
- 7 Die App unterstützt dabei, Informationen zu einem Vorhaben zu finden.
- 8 In der App wird deutlich, welche Vorhaben derzeit aktiv sind.
- 9 Die App unterstützt dabei, Informationen zu Varianten ("Vorschlägen") eines Vorhabens zu finden.
- 10 Das Platzieren der Augmented-Reality-Elemente mittels QR-Code ist leicht verständlich.
- 11 Das Wechseln zwischen verschiedenen Umsetzungsvarianten ("Vorschlägen") ist nachvollziehbar gestaltet.
- 12 Die App unterstützt dabei, verschiedene Umsetzungsvarianten ("Vorschläge") zu vergleichen.

Um die Bewertung besser einschätzen zu können, konnten die Teilnehmenden in Freitextfeldern erläutern, was ihnen an der App gefallen hat oder was noch verbessert werden kann:

- 1 Was hat Ihnen an der gezeigten AR-App besonders gut gefallen?
- 2 Was könnten wir an der gezeigten AR-App verbessern?

Im Anschluss wurden die Fragen des VisAWI in der Kurzversion gestellt. Auch hier wurde eine 7-Punkte-Likert-Skala zum Grad der Zustimmung eingesetzt. Die Skala ging von 1 = „stimmt gar nicht“ bis 7 = „stimmt völlig“.

- 1 Auf der Seite passt alles zusammen.
- 2 Das Layout ist angenehm vielseitig.
- 3 Die farbliche Gesamtgestaltung wirkt attraktiv.
- 4 Das Layout ist professionell.

Es wurde zudem gefragt, in welcher Form die Teilnehmenden am liebsten eigene Ideen einbringen würden. Hierzu konnten vier Optionen auf einer 4-Punkte-Skala bewertet werden (1 = „sehr unwichtig“, 4 = „sehr wichtig“). Zudem konnten weitere Optionen in ein Freitextfeld eingetragen werden.

- 1 einen Kommentar zu einem Vorschlag / einer Variante schreiben
- 2 einen neuen Vorschlag als Text beschreiben
- 3 einen neuen Vorschlag in Augmented Reality (AR) gestalten
- 4 ein neues Vorhaben starten und andere einladen, Vorschläge zu machen

Für acht Beteiligungsformen konnte angegeben werden, ob bzw. wann diese bereits wahrgenommen wurden. Die Optionen waren „noch nie“ (1), „Vor mehr als einem Jahr“ (2), „In den letzten 12 Monaten“ (3) und „Im letzten Monat“ (4).

- 1 Umfrage (offline auf Papier)
- 2 Umfrage (online im "Internet")
- 3 Bürgerentscheid
- 4 Mängelmelder
- 5 Bürgerfragestunde
- 6 Stadtteilkonferenz
- 7 Brief / E-Mail an die Stadt/Verwaltung
- 8 Teilnahme an einer Informationsveranstaltung (z. B. zur Stadtentwicklung)

Zudem wurde gefragt. „Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die gezeigte App in Zukunft verwenden würden?“. Hierzu konnte auf einer 6-Punkte-Skala (1 = „sehr unwahrscheinlich, 6 = „sehr wahrscheinlich“) geantwortet werden.

An demografischen Daten wurden das Alter, das Geschlecht, der Beruf sowie der höchste Bildungsabschluss erfasst. Zudem wurde auf einer 6-Punkte-Likert-Skala mit dem ATI-Fragebogen (Kurzversion) die Technikaffinität der Teilnehmenden erfasst.

- 1 Ich beschäftige mich gern genauer mit technischen Systemen.
- 2 Ich probiere gern die Funktionen neuer technischer Systeme aus.
- 3 Es genügt mir, dass ein technisches System funktioniert, mir ist es egal, wie oder warum.
- 4 Es genügt mir, die Grundfunktionen eines technischen Systems zu kennen.

Als letzte Frage konnten weitere Anmerkungen gemacht werden: „Das Ziel der Umfrage ist die Verbesserung einer Smartphone-App für digitale Beteiligung an öffentlichen Vorhaben. Die App soll dabei möglichst leicht zu bedienen sein. Als letzte Frage dieser Umfrage: Gibt es Punkte, die in dieser Umfrage nicht hinreichend behandelt wurden, oder haben Sie weitere Anmerkungen? Falls ja, welche wären dies?“

Anhang D Zweite formative Evaluation

In diesem Anhang ist das für die zweite formative Evaluation verwendete Material dokumentiert.

Die nachfolgenden Abschnitte enthalten die Datenschutz- und Einverständniserklärung (Anhang D.1), den Leitfaden für die Versuchsleitung (Anhang D.2) sowie drei Fragebögen zu soziodemografischen Daten (Anhang D.3), mit Aufgabenstellungen (Anhang D.4) und zur Bedienbarkeit und Gestaltung (Anhang D.5).

Anhang D.1 Datenschutz- und Einverständniserklärung

Bevor die Teilnehmenden den Fragebogen ausfüllen konnten, wurden Sie über Ihre Probandenrechte und Datenschutzinformationen aufgeklärt und um Zustimmung gebeten. Die Zustimmung war Voraussetzung für die weitere Bearbeitung des Fragebogens.

Datenschutz- und Einverständniserklärung

Aus rechtlichen Gründen dürfen Sie an dieser Studie nur teilnehmen, wenn Sie mindestens 18 Jahre alt sind. Bevor wir mit der Studie beginnen können, benötigen wir Ihr explizites Einverständnis, dass wir Ihre Daten auch speichern und verwenden dürfen.

Die Studie wird an der Universität zu Lübeck durchgeführt. Detaillierte Informationen zum Datenschutz an der Universität zu Lübeck finden Sie auf der entsprechenden Datenschutz-Seite.

Ihre Angaben werden digitalisiert, ausgewertet und anonymisiert veröffentlicht (z. B. im Rahmen von wissenschaftlichen Publikationen, Konferenzbeiträgen etc.).

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können die Teilnahme an der Studie jederzeit ohne Angabe von Gründen beenden.

Sind Sie mit der Teilnahme unter diesen Bedingungen einverstanden?

Ja, ich bin einverstanden.

Unterschrift der Teilnehmerin
oder des Teilnehmers

Unterschrift der Versuchsleiterin
oder des Versuchsleiters

Anhang D.2 Leitfaden für Versuchsleiter/innen

Daten zum Interview

- Datum des Interviews: . . 2023
- Startzeit des Interviews: : Uhr
- Proband/innen-ID: *fortlaufende Zahl, beginnend bei 1*
- Name Versuchsleiter/in:

Legende für diesen Leitfaden

- grau hinterlegte Felder sind Aufgaben für Versuchsleiter/innen
- Fragebogen Teil 1** ein externes Dokument oder Hilfsmittel wird an dieser Stelle benötigt
- Beispiel* ein Beispiel oder Prompt für Nachfragen

Begrüßung & Datenschutz

[3 min]

- Herzlich willkommen zu dieser Studie. Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen. Die Studie wird voraussichtlich **30 bis 40 Minuten** dauern. Sollten zwischendurch Fragen aufkommen, stellen Sie diese gerne. In dieser Studie geht es um eine **Smartphone-App für digitale Bürgerbeteiligung**. In der App können Vorschläge zu Beteiligungsprojekten angesehen und hinzugefügt werden. Das **Ziel dieser Studie** ist, herauszufinden, wie einfach die App für diese Aufgaben zu bedienen ist. In der gesamten Studie wird die App beurteilt. Geben Sie daher gerne positives oder negatives Feedback und fragen Sie nach, wenn Ihnen etwas unklar ist.
- Bitte lesen Sie diese **Datenschutzerklärung**. Wir benötigen Ihre Zustimmung, um Ihre Angaben speichern und weiterverarbeiten zu dürfen. Wenn Sie einverstanden sind, unterschreiben Sie bitte auf dem Formblatt.
- Datenschutzerklärung** ausgehändigt und unterschrieben

Angaben zur Person

[4 min]

- Fragebogen Teil 1** (Demografische Variablen) aushändigen und ausfüllen lassen.
- Haben Sie noch Fragen, bevor wir anfangen?

Die App kennenlernen und verwenden

[20 min]

- Smartphone** aushändigen
- Ich möchte Sie zudem bitten, **laut auszusprechen**, was Sie in der App tun oder vorhaben.
Zum Beispiel: „Ich gebe jetzt den Namen des Projekts in die Suche ein.“ oder „Ich bin mir nicht sicher, wie ich das Formular absenden kann.“
- Bitte nehmen Sie sich **3 Minuten** Zeit, um die App kennenzulernen. Sehen Sie sich einfach an, was Sie interessiert. Es gibt keine Vorgaben.

Welche Screens und Funktionen wurden angesehen / verwendet? (egal, bei welcher Aufgabe)
Aufgerufene Screens

- Einführung zur App
- Projektliste
- Projektdetails
- Vorschlag in AR
- Vorschlag Editor

Allgemeine Funktionen

- Einführung neu starten (?)
- Einführung überspringen (X)
- Filter (Filtertabs)
- Sortieren
- Lesezeichen

Funktionen im Editor

- Element hinzufügen
- Element verschieben
- Element rotieren
- Position & Rotation zurücksetzen
- Zoom zurücksetzen
- Vorschau in AR verwenden
- Vorschlag benennen / beschreiben

Funktionen in der AR Ansicht

- Deko aus- oder einblenden
- Raster ein- oder ausblenden

Notizen / Auffälligkeiten / Rückfragen / Fehler / Probleme

- Drei Minuten sind um.** Bitte öffnen Sie die **Startseite** der App. Haben Sie bisher Fragen?
- Fragebogen Teil 2** (Aufgaben)
- Ich möchte Sie bitten, die vier Aufgaben nacheinander mit der App zu bearbeiten. Unser Ziel ist es, **die App zu beurteilen und zu verbessern**, Sie können daher nichts falsch machen.
Wir gehen nun **eine Aufgabe nach der anderen** durch. Bitte sagen Sie jeweils kurz, wenn Sie mit einer neuen Aufgabe fertig sind.

Aufgabe 1

- Bitte finden und öffnen Sie das Projekt zum Thema „**Umgestaltung des Spielplatzes an der Lohmühle**“. Beantworten Sie dann die Fragen zur Aufgabe.
Aufgabe: Finden und nennen Sie,
a) bis wann eine Beteiligung möglich ist und
b) den Titel des neusten Vorschlags.

Notizen / Auffälligkeiten / Rückfragen / Fehler / Probleme

Aufgabe 2

- Öffnen Sie die Vorschläge im Projekt „**Umgestaltung des Spielplatzes an der Lohmühle**“ in der Augmented Reality (AR) Ansicht. Beantworten Sie dann die Fragen zur Aufgabe.

Aufgabe: Worin unterscheiden sich die Vorschläge „**Spielplatz für ältere Kinder**“ und „**Kletterparadies**“? Benennen Sie mindestens drei sichtbare Unterschiede.

Notizen / Auffälligkeiten / Rückfragen / Fehler / Probleme**Aufgabe 3**

- Öffnen Sie im Projekt „**Umgestaltung des Spielplatzes an der Lohmühle**“ den Vorschlag „**Balanceakt**“ in der Augmented Reality (AR) Ansicht. Bitte bearbeiten Sie dann die beiden Teilaufgaben.

Aufgabe: Fügen Sie eine Anmerkung zu einem Spielgerät hinzu. Schreiben Sie beispielsweise, um welche Art von Spielgerät es sich handelt und mit welchem Spielgerät Sie es gerne ersetzen würden.

Notizen / Auffälligkeiten / Rückfragen / Fehler / Probleme**Aufgabe 4**

- Bitte öffnen Sie das Projekt „**Umgestaltung des Spielplatzes an der Lohmühle**“.

Aufgabe: Fügen Sie einen neuen Vorschlag hinzu, indem Sie

- a) drei Spielgeräte platzieren,
- b) sich das Ergebnis in AR ansehen und
- c) dem Vorschlag einen Titel geben.

Notizen / Auffälligkeiten / Rückfragen / Fehler / Probleme

- Bitte füllen Sie nun **Fragebogen Teil 3** (Gebrauchstauglichkeit) aus. Auch hier geht es darum, die App zu bewerten, äußern Sie völlig frei Ihre Meinung.

Eigene Frage

[5 min]

An dieser Stelle können Sie eine eigene vorbereitete Frage (ggf. samt Aufgabe) stellen.

Abschluss und letzte Frage

[3 min]

- Wir sind fast am Ende der Studie angekommen. Das Ziel dieser Studie ist, herauszufinden, wie einfach die App für digitale Beteiligung an öffentlichen Vorhaben zu bedienen ist.

Als letzte Frage: Gibt es Punkte, die in dieser Befragung nicht hinreichend behandelt wurden, oder haben Sie weitere Anmerkungen? Falls ja, welche wären dies?

- Wir sind jetzt am Ende angekommen. Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihr Feedback!

Endzeit des Interviews: : Uhr

Anhang D.5 Fragebogen Teil 3 – Bedienbarkeit und Gestaltung

System Usability Scale (SUS), für die Auswertung siehe Anhang F.2

Bitte beurteilen Sie auf der folgenden Skala, inwieweit Sie den folgenden Aussagen in Bezug auf die Ihnen vorliegende App zustimmen.

Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu folgenden Aussagen an.		stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	neutral	stimmt eher	stimmt völlig
01	Ich denke, dass ich die App gerne häufig benutzen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Ich fand die App unnötig komplex.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Ich fand die App einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	Ich glaube, ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person benötigen, um die App benutzen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Ich fand, die verschiedenen Funktionen in dieser App waren gut integriert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Ich denke, die App enthielt zu viele Inkonsistenzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen den Umgang mit dieser App sehr schnell lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Ich fand die App sehr umständlich zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09	Ich fühlte mich bei der Benutzung der App sehr sicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte die App zu verwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang E Laborstudie

Anhang E.1 Signifikanztests

In diesem Anhang sind die Bedingungen und Tests zur Laborstudie dokumentiert.

Technikaffinität (ATI)

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	nein
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

Wilcoxon-Rangsummen-Test
 $W = 232, p = .392$
Ergebnis: nicht signifikant

Alter der Teilnehmenden

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	nein
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

Wilcoxon-Rangsummen-Test
 $W = 217.5, p = .486$
Ergebnis: nicht signifikant

Bewertung der Werkzeuge (SUS)

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	ja
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

t-Test
 $t(38) = -2.500, p = .017 (*)$
Ergebnis: signifikant

Bewertung der Werkzeuge (VisAWI)

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	ja
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

t-Test
 $t(38) = -0.808, p = .424$
Ergebnis: nicht signifikant

Interesse am Thema (Spielplatzgestaltung)

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	nein
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

Wilcoxon-Rangsummen-Test
 $W = 172.5, p = .449$
Ergebnis: nicht signifikant

Interesse am Thema (Stadtplanung)

Test der Bedingungen

Bedingung	
Normalverteilung	nein
Homogenität der Varianzen	ja

Signifikanztest

Wilcoxon-Rangsummen-Test
 $W = 234, p = .344$
Ergebnis: nicht signifikant

Bereitschaft sich beim Thema Spielplatzgestaltung zu informieren

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 257.5, p = .114$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Bereitschaft sich beim Thema Spielplatzgestaltung zu beteiligen

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 251, p = .159$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Wichtigkeit, beim Thema Spielplatzgestaltung Einwohner und Interessierte zu beteiligen

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 203.5, p = .928$
Homogenität der Varianzen	nein	Ergebnis: nicht signifikant

Methode: Auswahl der Elemente war für Aufgabenstellung geeignet

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 135, p = .061 (.)$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: marginal signifikant

Methode: Vielfalt der Elemente war für Aufgabenstellung geeignet

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 137, p = .078 (.)$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: marginal signifikant

Methode: Auswahl der Elemente war realistisch für Beteiligung

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 198, p = .965$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Methode: Vielfalt der Elemente war realistisch für Beteiligung

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 174.5, p = .479$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Methode: Die benötigten Informationen waren vorhanden

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 192.5, p = .839$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Methode: Die benötigten Informationen waren gut sichtbar

Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 186.5, p = .707$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Methode: Visualisierung hat es leicht gemacht, sich das Ergebnis vorzustellen

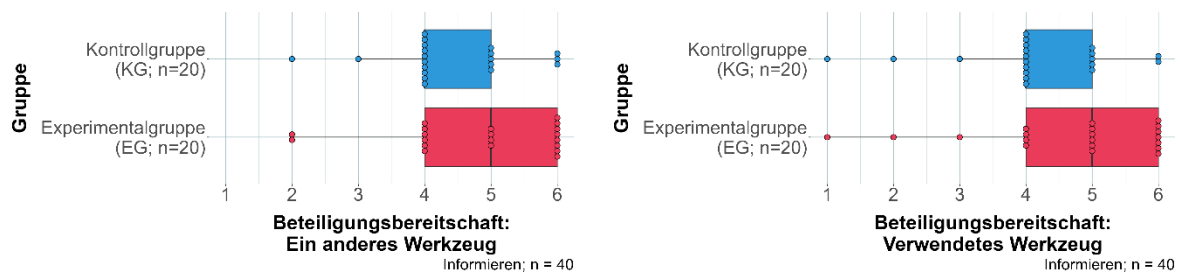
Test der Bedingungen		Signifikanztest
Bedingung		Wilcoxon-Rangsummen-Test
Normalverteilung	nein	$W = 224, p = .491$
Homogenität der Varianzen	ja	Ergebnis: nicht signifikant

Anhang E.2 Beteiligungsbereitschaft

Beteiligungsbereitschaft: Informieren (verwendetes vs. ein anderes Werkzeug)

Daten:

Beteiligungsform	Gruppe	Ein anderes Werkzeug	Verwendetes Werkzeug
		M (SD)	M (SD)
Informieren	EG	4.80 (1.28)	4.70 (1.42)
	KG	4.40 (1.00)	4.15 (1.18)



Ausreißer:

Es gibt drei Ausreißer und keine extremen Ausreißer. Da die Einschätzung der Beteiligungsbereitschaft auf einer begrenzten Likert-Skala erhoben wurde, werden die Ausreißer als legitime Antworten betrachtet, die keine fehlerhaften Messungen darstellen. Zudem wurde aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten eine ART-ANOVA gerechnet, die den Einfluss von Ausreißern durch den Einsatz einer Rangtransformation relativiert. Die Ausreißer wurden daher nicht entfernt.

Normalverteilung der Daten (Shapiro Test):

Es liegt keine Normalverteilung vor.

Homogenität der Varianzen (Levene Test):

Für beide Bedingungen liegt Varianzhomogenität vor.

Unterschiede (ANOVA mit Aligned Rank-Transformation):

Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten wurde eine Mixed-Design ANOVA mit Aligned Rank Transform (ART; aus dem *ARTool* R-Package⁸) durchgeführt, da diese Methode keine Normalverteilung voraussetzt (Wobbrock et al., 2011). Mit der ART-ANOVA können sowohl Haupt- als auch Interaktionseffekte untersucht werden (Wobbrock et al., 2011). Aufgrund der wiederholten Messung pro Person (für *anderes Werkzeug* und *genutztes Werkzeug*) wurde das Modell um einen Fehlerterm ergänzt, um die Anhängigkeit zwischen den Messungen innerhalb einer Person zu berücksichtigen.

	Df	Df.res	F-Value	P-Value	Signifikanz
group	1	38	3.160	.083	.
tool	1	38	0.196	.660	
group:tool	1	38	0.155	.696	

Der Test zeigt einen marginal signifikanten Unterschied für „group“ (.). Die Unterschiede für „tool“ und in der Interaktion sind nicht signifikant.

Post-hoc-Tests:

Aufgrund der nicht erfüllten Normalverteilungsannahme wurde für die Post-hoc-Tests ein Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet. Zur Reduktion des Alphafehlers wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt.

Gruppe: Da die ANOVA einen marginal signifikanten Unterschied ($0.05 < p < 0.10$) für den Haupteffekt *group* zeigte, wurde ein explorativer Post-Hoc Test durchgeführt. Der Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p = .025$).

Werkzeug: Ein explorativ durchgeführter Post-hoc-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Werkzeugen ($p = .676$). Dies bestätigt das Ergebnis der ANOVA.

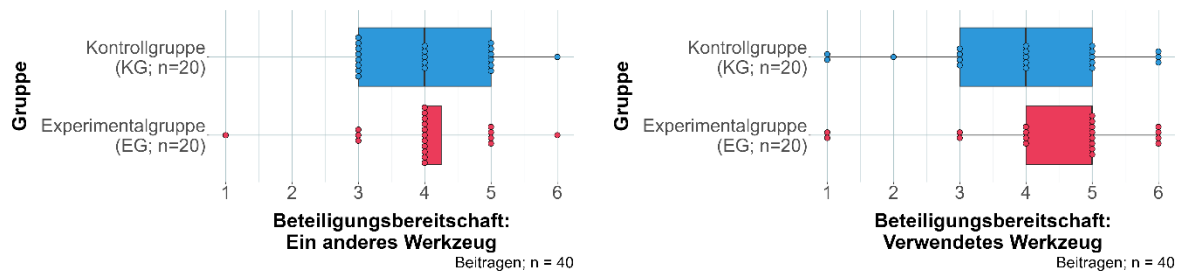
Interaktion: Explorativ für die einzelnen Gruppen durchgeführte Post-hoc-Tests zeigten weder für die Experimentalgruppe ($V = 32, p = .666$) noch für die Kontrollgruppe ($V = 24, p = .429$) signifikante Unterschiede. Dies bestätigt ebenfalls das Ergebnis der ANOVA.

⁸ <https://cran.r-project.org/web/packages/ARTool/index.html>

Beteiligungsbereitschaft: Beitragen (verwendetes vs. ein anderes Werkzeug)

Daten:

Beteiligungsform	Gruppe	Ein anderes Werkzeug	Verwendetes Werkzeug
		<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Beitragen	EG	4.00 (1.03)	4.40 (1.46)
	KG	4.00 (0.97)	3.95 (1.50)



Test auf Ausreißer (ohne Entfernung):

Es gibt elf Ausreißer und fünf extreme Ausreißer. Da die Einschätzung der Beteiligungsbereitschaft auf einer begrenzten Likert-Skala erhoben wurde, werden die Ausreißer als legitime Antworten betrachtet, die keine fehlerhaften Messungen darstellen. Zudem wurde aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten eine ART-ANOVA gerechnet, die den Einfluss von Ausreißern durch den Einsatz einer Rangtransformation relativiert. Die Ausreißer wurden daher nicht entfernt.

Normalverteilung der Daten (Shapiro Test):

Es liegt keine Normalverteilung vor.

Homogenität der Varianzen (Levene Test):

Für beide Bedingungen liegt Varianzhomogenität vor.

Unterschiede (ANOVA mit Aligned Rank-Transformation):

Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten wurde eine Mixed-Design ANOVA mit Aligned Rank Transform (ART; aus dem *ARTool* R-Package) durchgeführt, da diese Methode keine Normalverteilung voraussetzt (Wobbrock et al., 2011). Mit der ART-ANOVA können sowohl Haupt- als auch Interaktionseffekt untersucht werden (Wobbrock et al., 2011). Aufgrund der wiederholten Messung pro Person (für *anderes Werkzeug* und *genutztes Werkzeug*) wurde das Modell um einen Fehlerterm ergänzt, um die Anhängigkeit zwischen den Messungen innerhalb einer Person zu berücksichtigen.

	Df	Df.res	F-Value	P-Value	Signifikanz
group	1	38	0.773	.385	
Tool	1	38	3.498	.069	.
group:tool	1	38	1.761	.192	

Der Test zeigt einen marginal signifikanten Unterschied für „tool“ (.). Die Unterschiede für „group“ und in der Interaktion sind nicht signifikant.

Post-hoc-Tests:

Aufgrund der nicht erfüllten Normalverteilungsannahme wurde für die Post-hoc-Tests ein Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet. Zur Reduktion des Alphafehlers wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt.

Gruppe: Für den Haupteffekt *group* stellte die ANOVA keinen signifikanten Unterschied fest. Ein explorativer Post-hoc-Test bestätigte dieses Ergebnis ($p = .303$).

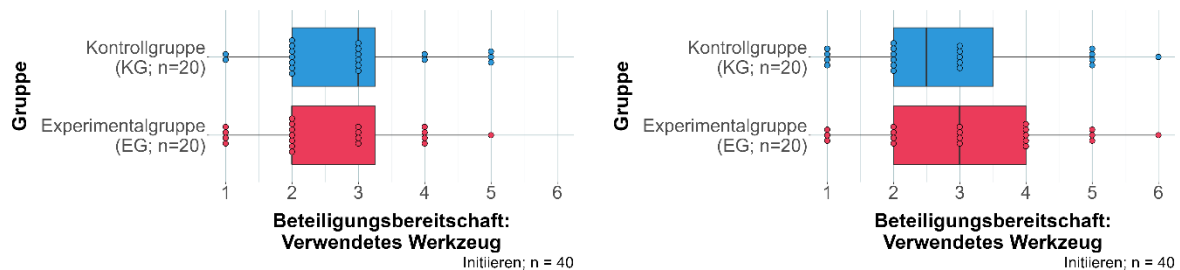
Werkzeug: Da die ANOVA einen marginal signifikanten Unterschied ($0.05 < p < 0.10$) für den Haupteffekt *tool* zeigte, wurde ein explorativer Post-hoc-Test durchgeführt. Dieser ergab über beide Gruppen betrachtet keinen signifikanten Unterschied zwischen den Werkzeugen ($p = .219$).

Interaktion: Für den Interaktionseffekt stellte die ANOVA keinen signifikanten Unterschied fest. Da der Boxplot jedoch mögliche Unterschiede andeutete (siehe oben), wurden explorativ Post-hoc-Tests für die einzelnen Gruppen durchgeführt. Diese zeigten weder für die Experimentalgruppe ($V = 24, p = .127$) noch für die Kontrollgruppe ($V = 36.5, p = .783$) signifikante Interaktionseffekte.

Beteiligungsbereitschaft: Initiieren (verwendetes vs. ein anderes Werkzeug)

Daten:

Beteiligungsform	Gruppe	Ein anderes Werkzeug	Verwendetes Werkzeug
		<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Initiieren	EG	2.55 (1.19)	3.20 (1.47)
	KG	2.85 (1.23)	2.85 (1.56)



Ausreißer:

Es gibt einen Ausreißer und keine extremen Ausreißer. Da die Einschätzung der Beteiligungsbereitschaft auf einer begrenzten Likert-Skala erhoben wurde, wird der Ausreißer als legitime Antwort betrachtet, die keine fehlerhafte Messung darstellt. Zudem wurde aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten eine ART-ANOVA gerechnet, die den Einfluss von Ausreißern durch den Einsatz einer Rangtransformation relativiert. Der Ausreißer wurde daher nicht entfernt.

Normalverteilung der Daten (Shapiro Test):

Es liegt keine Normalverteilung vor.

Homogenität der Varianzen (Levene Test):

Für beide Bedingungen liegt Varianzhomogenität vor.

Unterschiede (ANOVA mit Aligned Rank-Transformation):

Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten wurde eine Mixed-Design ANOVA mit Aligned Rank Transform (ART; aus dem *ARTool* R-Package) durchgeführt, da diese Methode keine Normalverteilung voraussetzt (Wobbrock et al., 2011). Mit der ART-ANOVA können sowohl Haupt- als auch Interaktionseffekt untersucht werden (Wobbrock et al., 2011). Aufgrund der wiederholten Messung pro Person (für *anderes Werkzeug* und *genutztes Werkzeug*) wurde das Modell um einen Fehlerterm ergänzt, um die Anhängigkeit zwischen den Messungen innerhalb einer Person zu berücksichtigen.

	Df	Df.res	F-Value	P-Value	Signifikanz
group	1	38	0.044	.835	
tool	1	38	3.032	.090	.
group:tool	1	38	5.824	.021	*

Der Test zeigt einen signifikanten Unterschied für die Interaktion (*) und einen marginal signifikanten Unterschied für „tool“ (.). Der Unterschied für „group“ sind nicht signifikant.

Post-Hoc Tests:

Aufgrund der nicht erfüllten Normalverteilungsannahme wurde für die Post-hoc-Tests ein Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet. Zur Reduktion des Alphafehlers wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt.

Gruppe: Für den Haupteffekt *group* hat die ANOVA keinen signifikanten Unterschied festgestellt. Ein explorativer Post-hoc-Test bestätigte dieses Ergebnis ($p = .886$).

Werkzeug: Da die ANOVA einen marginal signifikanten Unterschied ($0.05 < p < 0.10$) für den Haupteffekt *tool* festgestellt hat, wurde für diesen Effekt ein Post-Hoc Test durchgeführt. Der Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Werkzeugen (*tool*; $p = .393$).

Interaktion: Da die ANOVA einen signifikanten Interaktionseffekt festgestellt hat, wurden Post-Hoc Tests für die einzelnen Gruppen durchgeführt. Für die Experimentalgruppe zeigte der Test einen signifikanten Interaktionseffekt ($V = 6$, $p = .029$). In der Kontrollgruppe konnte hingegen kein Interaktionseffekt festgestellt werden ($V = 18$, $p = 1$).

Anhang E.3 Auswertung der Aufgaben 1 bis 4

Auswertung zu Aufgabe 2

Anforderung	Gruppe	Erfüllt	Nicht erfüllt	Teilweise erfüllt
t2_requirement_all_ages	EG	14 (70 %)	1 (5 %)	5 (25 %)
	KG	14 (70 %)	2 (10 %)	4 (20 %)
t2_requirement_appealing	EG	11 (55 %)	2 (10 %)	6 (30 %)
	KG	9 (45 %)	5 (25 %)	6 (30 %)
t2_requirement_freeplay	EG	14 (70 %)	3 (15 %)	2 (10 %)
	KG	13 (65 %)	4 (20 %)	3 (15 %)
t2_requirement_safety	EG	8 (40 %)	6 (30 %)	6 (30 %)
	KG	15 (75 %)	1 (5 %)	4 (20 %)
t2_requirement_seating	EG	18 (90 %)	0 (0 %)	2 (10 %)
	KG	15 (75 %)	4 (20 %)	1 (5 %)

Auswertung zu Aufgabe 4

Anforderung	Gruppe	Erfüllt	Nicht erfüllt	Teilweise erfüllt
t4_requirement_for_older	EG	20 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	KG	19 (95 %)	0 (0 %)	1 (5 %)
t4_requirement_for_younger	EG	7 (35 %)	13 (65 %)	0 (0 %)
	KG	6 (30 %)	14 (70 %)	0 (0 %)
t4_requirement_large_slide	EG	20 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	KG	19 (95 %)	1 (5 %)	0 (0 %)
t4_requirement_shadow	EG	16 (80 %)	1 (5 %)	3 (15 %)
	KG	17 (85 %)	1 (5 %)	2 (10 %)
t4_requirement_slackline	EG	12 (60 %)	6 (30 %)	2 (10 %)
	KG	5 (25 %)	6 (30 %)	9 (45 %)

Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 2)

Kategorie (Elemente)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Gesamtanzahl	EG	10.85 (3.39)	6	17	<i>t-Test:</i> $t(38) = 1.97, p = .056 (.)$
	KG	8.90 (2.85)	5	16	
Unterschiedliche	EG	8.30 (1.59)	6	11	<i>t-Test:</i> $t(38) = 2.81, p = .008 (**)$
	KG	6.75 (1.89)	4	11	
Fehlerhaft platziert	EG	2.00 (1.72)	0	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 308, p = .002 (**)$
	KG	0.45 (0.79)	0	3	
Nicht nachvollziehbar fehlerhaft platziert	EG	0.80 (1.01)	0	3	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 262.5, p = .053 (.)$
	KG	0.10 (0.31)	0	1	

Codierung der Signifikanz: 0 '***' .001 '**' .01 '*' .05 '.' .1 '' 1

Platzierte Elemente und Fehler (Aufgabe 4)

Kategorie (Elemente)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Gesamtanzahl	EG	8.50 (1.47)	5	15	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 244, p = .232$
	KG	8.10 (2.23)	7	12	
Unterschiedliche	EG	5.95 (1.00)	5	8	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 220, p = .585$
	KG	5.95 (1.50)	4	10	
Hinzugefügt	EG	3.15 (2.43)	0	9	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 214, p = .710$
	KG	2.70 (1.89)	0	7	
Entfernt	EG	1.25 (1.12)	0	4	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 165, p = .335$
	KG	1.60 (1.23)	0	4	
Fehlerhaft platziert	EG	1.15 (1.31)	0	4	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 244, p = .195$
	KG	0.65 (0.99)	0	3	
Nicht nachvollziehbar fehlerhaft platziert	EG	0.65 (1.04)	0	2	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 214, p = .648$
	KG	0.45 (0.76)	0	2	

Auswertung Aufgabe 3

Anzahl der korrekt genannten Elemente:

Test der Bedingungen	Signifikanztest
Normalverteilung: nein	Wilcoxon-Rangsummen-Test
Homogenität der Varianzen: ja	$W = 195.5, p = .896$

Anzahl der genannten Aspekte:

Test der Bedingungen	Signifikanztest
Normalverteilung: ja	t-Test
Homogenität der Varianzen: ja	$t(38) = -0.468, p = .642$

Anzahl der genannten positiven Aspekte:

Test der Bedingungen	Signifikanztest
Normalverteilung: nein	Wilcoxon-Rangsummen-Test
Homogenität der Varianzen: ja	$W = 152, p = .191$

Anzahl der genannten negativen Aspekte:

Test der Bedingungen	Signifikanztest
Normalverteilung: nein	Wilcoxon-Rangsummen-Test
Homogenität der Varianzen: ja	$W = 217, p = .644$

Anhang E.4 Bewertung der Aufgaben 1 bis 4

Aspekt (Aufgabe 1)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Lösbarkeit	EG	4.80 (0.83)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 253.5, p = .131
	KG	4.25 (1.12)	2	6	
Vorstellbarkeit	EG	4.90 (1.12)	2	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 261, p = .088 (.)
	KG	4.40 (0.09)	3	6	
Gefallen	EG	5.20 (0.95)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 261.5, p = .084 (.)
	KG	4.55 (1.23)	2	6	
Zufriedenheit	EG	4.65 (0.81)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 248.5, p = .172
	KG	4.10 (1.25)	1	6	

Für alle Items wurde eine 6-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig/schlecht, 6 = sehr einfach/gut.
(.) = marginal signifikant (.1 > p > .05)

Aspekt (Aufgabe 2)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Lösbarkeit	EG	4.50 (0.89)	2	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 195.5, p = .908
	KG	4.45 (1.32)	1	6	
Vorstellbarkeit	EG	5.05 (1.14)	2	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 209, p = .107
	KG	4.90 (1.33)	1	6	
Gefallen	EG	5.45 (0.76)	4	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 186, p = .666
	KG	5.35 (1.31)	1	6	
Zufriedenheit	EG	4.65 (0.59)	4	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 208, p = .826
	KG	4.35 (1.35)	1	6	

Für alle Items wurde eine 6-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig, 6 = sehr einfach.

Aspekt (Aufgabe 3)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Lösbarkeit	EG	4.50 (0.69)	3	5	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 190, p = .770
	KG	4.60 (0.68)	3	6	
Vorstellbarkeit	EG	4.70 (1.42)	1	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 204, p = .921
	KG	4.85 (0.75)	4	6	
Gefallen	EG	4.85 (0.81)	4	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 188.5, p = .754
	KG	4.85 (1.14)	2	6	
Zufriedenheit	EG	4.55 (1.05)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> W = 197, p = .944
	KG	4.45 (1.14)	1	6	

Für alle Items wurde eine 6-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig, 6 = sehr einfach.

Detailfrage (Aufgabe 3)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
3.1) Beschreiben	EG	5.50 (1.43)	2	7	<i>t-Test:</i> $t(38) = -0.108, p = .915$
	KG	5.55 (1.50)	2	7	
3.2) Positive Aspekte	EG	4.80 (1.54)	2	7	<i>Welch-t-Test:</i> $t(35.7) = -1.378, p = .177$
	KG	5.40 (1.19)	3	7	
3.2) Negative Aspekte	EG	5.90 (0.72)	5	7	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 246, p = .191$
	KG	5.40 (1.14)	3	7	

Für alle Items wurde eine 7-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig, 7 = sehr einfach.

Aspekt (Aufgabe 4)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
Lösbarkeit	EG	4.20 (0.70)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 178, p = .521$
	KG	4.35 (1.04)	2	6	
Vorstellbarkeit	EG	5.05 (1.19)	1	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 222, p = .529$
	KG	5.05 (0.69)	4	6	
Gefallen	EG	4.80 (0.89)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 166, p = .337$
	KG	5.00 (1.12)	2	6	
Zufriedenheit	EG	4.00 (0.86)	3	6	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 122.5, p = .029 (*)$
	KG	4.55 (1.15)	1	6	

Für alle Items wurde eine 6-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig, 6 = sehr einfach. (*) = signifikant ($p < .05$)

Detailfrage (Aufgabe 4)	Gruppe	M (SD)	Min.	Max.	Signifikanztest
4) Weiterentwickeln	EG	4.2 (1.36)	2	7	<i>Wilcoxon-Rangsummen-Test:</i> $W = 186.5, p = .716$
	KG	4.4 (1.43)	3	7	

Für alle Items wurde eine 7-Punkte-Skala verwendet: 1 = sehr schwierig, 7 = sehr einfach.

Anhang E.5 Arbeitsbelastung

Für die Berechnung der Gruppenunterschiede wurde, je nachdem, ob die Voraussetzungen an die Normalverteilung der Daten und die Homogenität der Varianzen gegeben waren, ein t-Test (T), ein Welch-t-Test (W) oder ein Wilcoxon-Rangsummen-Test (R) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Daten (Arbeitsbelastung/NASA-TLX):

ID	Dimension	Experimental- gruppe	Kontrollgruppe	Test	Signifikanz
		M (SD)	M (SD)		
1	Geistige Anforderung	9.85 (4.08)	8.60 (3.91)	T	$t(38) = 0.99, p = .339$
2	Körperlicher Anforderung	9.30 (6.32)	3.45 (3.97)	R	$W = 304, p = .005 (**)$
3	Zeitliche Anforderung (Zeitdruck)	3.70 (3.21)	2.45 (3.89)	W	$t(37) = 1.11, p = .275$
4	Leistung (Zufriedenheit)	8.20 (4.72)	6.05 (4.26)	T	$t(38) = 1.51, p = .139$
5	Anstrengung	8.90 (3.35)	7.50 (4.65)	T	$t(38) = 1.09, p = .282$
6	Frustration	8.30 (5.80)	4.40 (4.35)	W	$t(35) = 2.41, p = .021 (*)$

20 Punkte Skala mit 1 = gering und 20 = hoch; für Item 4: 1 = gut und 20 = schlecht

Die durchgeführten Tests zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen für die Dimensionen *körperliche Anforderung* und *Frustration*.

Belastung × Alter

Aufgrund nicht erfüllter Normalverteilungsvoraussetzung wurde ein Spearman-Korrelationstest mit `cor.test()` verwendet:

Dimension	Gruppe	Spearman-Korrelation (ρ)	p-Wert	Richtung	Unterschied der Korrelationen
1	EG	0.45	.045 (*)	positiv	$Z = 3.75, p < .001 (*)$
	KG	-0.37	.114	negativ	
2	EG	0.05	.819	positiv	$Z = 0.89, p = .371$
	KG	-0.15	.522	negativ	
3	EG	0.43	.061 (.)	positiv	$Z = 2.53, p = .011 (*)$
	KG	-0.13	.580	negativ	
4	EG	0.10	.667	positiv	$Z = 2.00, p = .046 (*)$
	KG	-0.35	.134	negativ	
5	EG	-0.21	.380	negativ	$Z = 0.71, p = .480$
	KG	-0.36	.121	negativ	
6	EG	-0.21	.381	negativ	$Z = 0.71, p = .478$
	KG	-0.36	.121	negativ	

Belastung × Technikaffinität

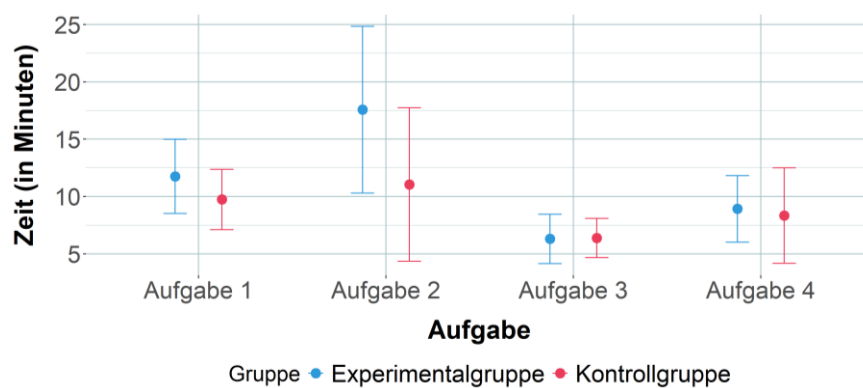
Aufgrund nicht erfüllter Normalverteilungsvoraussetzung wurde ein Spearman-Korrelationstest mit `cor.test()` verwendet:

Dimension	Gruppe	Spearman-Korrelation (ρ)	p-Wert	Richtung	Unterschied der Korrelationen
1	EG	0.36	.124	positiv	$Z = 2.05, p = .040 (*)$
	KG	-0.10	.662	negativ	
2	EG	0.45	.046 (*)	positiv	$Z = 0.49, p = .626$
	KG	0.36	.123	positiv	
3	EG	0.32	.169	positiv	$Z = 0.41, p = .683$
	KG	0.40	.079 (.)	positiv	
4	EG	0.22	.982	positiv	$Z = 0.98, p = .329$
	KG	-0.01	.355	negativ	
5	EG	0.36	.118	positiv	$Z = 2.06, p = .040 (*)$
	KG	-0.10	.674	negativ	
6	EG	-0.12	.621	negativ	$Z = 0.68, p = .498$
	KG	0.04	.870	positiv	

Anhang E.6 Verwendete Zeit

Daten (Zeit in Minuten):

Aufgabe	Gruppe	M	SD	Min.	Max.
Aufgabe 1 Vorschläge ansehen und vergleichen	EG	11.76	3.24	6.60	19.31
	KG	9.74	2.63	5.82	14.73
Aufgabe 2 Vorschlag erstellen	EG	17.57	7.27	6.53	30.85
	KG	11.04	6.69	5.48	24.64
Aufgabe 3 Vorschlag beschreiben und bewerten	EG	6.30	2.15	2.85	12.34
	KG	6.38	1.70	3.76	9.80
Aufgabe 4 Vorschlag weiterentwickeln	EG	8.93	2.90	3.60	16.29
	KG	8.33	4.16	3.64	22.56

**Ausreißer:**

Es gibt fünf Ausreißer und einen extremen Ausreißer. Für den extremen Ausreißer (Probanden-ID 5) geht aus den Aufzeichnungen der Versuchsleitung hervor, dass die Person sich Zeit gelassen hat und ihren Spielplatzentwurf nach rund 15 Minuten komplett verworfen und neu begonnen hat. Die lange Zeit ist daher nachvollziehbar und stellt keine fehlerhafte Messung dar. Zudem wurde aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten eine ART-ANOVA gerechnet, die den Einfluss von Ausreißern durch den Einsatz einer Rangtransformation relativiert. Die Ausreißer wurden daher nicht entfernt.

Normalverteilung der Daten (Shapiro-Test):

Es liegt keine Normalverteilung vor.

Homogenität der Varianzen (Levene-Test):

Für beide Bedingungen liegt Varianzhomogenität vor.

Unterschiede (ANOVA mit Aligned Rank-Transformation):

Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten wurde eine Mixed-Design ANOVA mit Aligned Rank Transform (ART; aus dem *ARTool* R-Package⁹) durchgeführt, da diese Methode keine Normalverteilung voraussetzt (Wobbrock et al., 2011). Mit der ART-ANOVA können sowohl Haupt- als auch Interaktionseffekt untersucht werden (Wobbrock et al., 2011). Aufgrund der wiederholten Messung pro Person (für alle vier Aufgaben) wurde das Modell um einen Fehlerterm ergänzt, um die Anhängigkeit zwischen den Messungen innerhalb einer Person zu berücksichtigen.

	Df	Df.res	F-Value	P-Value	Signifikanz
group	1	38	8.187	.007	**
task	3	114	55.364	< .001	***
group:task	3	114	9.523	< .001	***

Der Test zeigt signifikante Unterschiede für den Haupteffekt *group* (**) und hochsignifikante Unterschiede für den Haupteffekt *task* sowie für den Interaktionseffekt (***).

⁹ <https://cran.r-project.org/web/packages/ARTool/index.html>

Post-hoc-Tests:

Da die ANOVA für alle Effekte ein signifikantes Ergebnis zeigte, wurden jeweils Post-hoc-Tests durchgeführt. Aufgrund der nicht erfüllten Normalverteilungsannahme wurde für die Post-hoc-Tests ein Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet. Zur Reduktion des Alphafehlers wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt.

Gruppe: Ein Post-hoc-Test (paarweiser Wilcoxon-Rangsummen-Test) ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p = .005$). Dies bestätigt das Ergebnis der ANOVA.

Aufgabe: Ein Post-hoc-Test (paarweiser Wilcoxon-Rangsummen-Test) zeigte nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur zwischen allen Aufgaben außer Aufgabe 1 und Aufgabe 2 stark signifikante Unterschiede (siehe Tabelle). Dies bestätigt das Ergebnis der ANOVA.

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3
Aufgabe 2	1.00	-	-
Aufgabe 3	< .001 (*)	< .001 (*)	-
Aufgabe 4	.007 (*)	.005 (*)	.005 (*)

Interaktion (zwischen den Gruppen):

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4
EG x KG	$V = 154, p = .278$	$V = 177, p = .022 (*)$	$V = 91, p = 1$	$V = 136, p = 1$

Für die einzelnen Aufgaben betrachtet ist der Unterschied zwischen Experimentalgruppe und Kontrollgruppe nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur nur für Aufgabe 2 signifikant (*; $p < 0.05$).

Interaktion (innerhalb der Gruppen):

Experimentalgruppe	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3
Aufgabe 2	$p = .060 (.)$	-	-
Aufgabe 3	$p < .001 (*)$	$p < .001 (*)$	-
Aufgabe 4	$p = .040 (.)$	$p < .001 (*)$	$p = .010$
Kontrollgruppe	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3
Aufgabe 2	$p = 1$	-	-
Aufgabe 3	$p < .001 (*)$	$p = .079 (.)$	-
Aufgabe 4	$p = .276$	$p = 1$	$p = .613$

Die hervorgehobenen Vergleiche zwischen den Aufgaben 1 und 3 sowie den Aufgaben 2 und 4 sind von besonderem Interesse, da diese Aufgaben inhaltlich ähnlich angelegt sind (Aufgabe 1 und 3: Vorschläge ansehen in AR; Aufgabe 2 und 4: Vorschlag erstellen im Editor). Hier zeigte der Test nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur für Aufgabe 1 und 3 in beiden Gruppen einen signifikanten Unterschied und für Aufgabe 2 und 4 nur für die Experimentalgruppe.

Anhang F Verwendete Skalen

Anhang F.1 ATI-Skala (Technikaffinität)

Langversion (9 Items)

ID	Fragetext
1	Ich beschäftige mich gern genauer mit technischen Systemen.
2	Ich probiere gern die Funktionen neuer technischer Systeme aus.
3	In erster Linie beschäftige ich mich mit technischen Systemen, weil ich muss.
4	Wenn ich ein neues technisches System vor mir habe, probiere ich es intensiv aus.
5	Ich verbringe sehr gern Zeit mit dem Kennenlernen eines neuen technischen Systems.
6	Es genügt mir, dass ein technisches System funktioniert, mir ist es egal, wie oder warum.
7	Ich versuche zu verstehen, wie ein technisches System genau funktioniert.
8	Es genügt mir, die Grundfunktionen eines technischen Systems zu kennen.
9	Ich versuche, die Möglichkeiten eines technischen Systems vollständig auszunutzen.

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 6 Punkte Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“ bis 5 = „stimmt völlig“). Die Items 3, 6, und 8 müssen vor der Berechnung des ATI-Wertes umgedreht werden.

Quelle: Franke et al. (2019)

Kurzversion (4 Items)

ID	Fragetext
1	Ich beschäftige mich gern genauer mit technischen Systemen.
2	Ich probiere gern die Funktionen neuer technischer Systeme aus.
3	Es genügt mir, dass ein technisches System funktioniert, mir ist es egal, wie oder warum.
4	Es genügt mir, die Grundfunktionen eines technischen Systems zu kennen.

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 6 Punkte Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“ bis 5 = „stimmt völlig“). Die Items 3, und 4 müssen vor der Berechnung des ATI-Wertes umgedreht werden.

Quelle: Wessel et al. (2019)

Anhang F.2 System Usability Scale (SUS)

ID	Frage
1	Ich denke, dass ich die App* gerne häufig benutzen würde.
2	Ich fand die App* unnötig komplex.
3	Ich fand die App* einfach zu benutzen.
4	Ich glaube, ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person benötigen, um die App* benutzen zu können.
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen in dieser App* wurden gut integriert.
6	Ich denke, die App* enthielt zu viele Inkonsistenzen (Zusammenhanglosigkeiten bzw. Widersprüche bei der Benutzung).
7	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen den Umgang mit dieser App* sehr schnell lernen.
8	Ich fand die App* sehr umständlich zu nutzen.
9	Ich fühlte mich bei der Benutzung der App* sehr sicher.
10	Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte, die App* zu verwenden.

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 5 Punkte Likert-Skala (1 = „lehne stark ab“ bis 5 = „stimme stark zu“). Der SUS-Score wird folgendermaßen berechnet: $\sum (\text{Item}_k - 1) * 2.5$. Der kleinste mögliche Wert ist 0 (sehr schlechte Usability) und der größte mögliche Wert ist 100 (perfekte Usability).

*) Im Original wird von „Produkt“ gesprochen. Die Fragen wurden für die formativen Evaluationen und die Laborstudie angepasst. Stattdessen wurden hier die Begriffe „App“ (EG) oder „Beteiligungsmaterial“ (KG) verwendet.

Quelle: Gao et al. (2020)

Anhang F.3 VisAWI Fragebogen (visuelle Ästhetik)

Langversion (18 Items)

ID	Dimension	Fragetext
1	Einfachheit (*)	Das Layout wirkt zu gedrängt.
2	Einfachheit	Das Layout ist gut zu erfassen.
3	Einfachheit	Das Layout erscheint angenehm gegliedert.
4	Einfachheit (*)	Die App** erscheint zu uneinheitlich.
5	Einfachheit	In der App** passt alles zusammen.
6	Vielfalt (*)	Die Gestaltung der App** ist uninteressant.
7	Vielfalt	Das Layout ist originell.
8	Vielfalt (*)	Die Gestaltung wirkt einfallslos.
9	Vielfalt	Das Layout wirkt dynamisch.
10	Vielfalt	Das Layout ist angenehm vielseitig.
11	Farbigkeit	Die farbliche Gesamtgestaltung wirkt attraktiv.
12	Farbigkeit (*)	Die Farben passen nicht zueinander.
13	Farbigkeit (*)	Der Farbeinsatz ist nicht gelungen.
14	Farbigkeit	Die Farben haben eine angenehme Wirkung.
15	Kunstfertigkeit	Das Layout ist professionell.
16	Kunstfertigkeit (*)	Das Layout ist nicht zeitgemäß.
17	Kunstfertigkeit	Die App** erscheint mit Sorgfalt gemacht.
18	Kunstfertigkeit (*)	Das Layout wirkt konzeptlos.

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 7 Punkte Likert-Skala (1 = „stimme gar nicht zu“ bis 5 = „stimme völlig zu“).

*) Diese acht Item sind negativ formuliert.

***) Im Original wird von „Seite“ gesprochen. Die Fragen wurden für die formative Evaluation und die Laborstudie angepasst. Stattdessen wurden hier die Begriffe „App“ (EG) oder „Beteiligungsmaterial“ (KG) verwendet.

Quelle: Thielsch & Moshagen (2011)

Kurzversion (4 Items)

ID	Dimension	Fragetext
1	Einfachheit	Auf der Seite passt alles zusammen.
2	Vielfalt	Das Layout ist angenehm vielseitig.
3	Farbigkeit	Die farbliche Gesamtgestaltung wirkt attraktiv.
4	Kunstfertigkeit	Das Layout ist professionell.

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 7 Punkte Likert-Skala (1 = „stimme gar nicht zu“ bis 7 = „stimme voll zu“).

Quelle: Moshagen & Thielsch (2013)

Anhang F.4 NASA-TLX-Fragebogen (Arbeitsbelastung)

ID	Dimension	Frage
1	geistige Anforderung	Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung erforderlich?
2	körperliche Anforderung	Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z. B. Ziehen, Drücken, Drehen, Steuern, Aktivieren, ...)?
3	zeitliche Anforderung	Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt, mit dem Aufgaben oder Aufgabenelemente auftraten?
4	Anstrengung	Wie hart mussten sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen?
5	Frustration	Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert fühlten Sie sich während der Aufgabe?
6	Leistung	Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele?

Bewertungsskala:

Die Bewertung erfolgt auf einer 20-Punkte-Skala. Ein kleiner Wert steht für eine geringe Belastung (bzw. eine gute Leistung) ein großer Wert steht für eine hohe Belastung (bzw. eine schlechte Leistung).

Quelle: Hart (2006), deutsche Übersetzung: Interaction Design Group (2016)

Anhang F.5 Diskursanalyse (Discourse Quality Index, DQI)

Kriterium	Level	Punkte
Begründungsniveau	Keine Begründung	0
	Schwache Begründung	1
	Qualifizierte Begründung	2
	Ausgefeilte Begründung	3
Begründungsinhalt	Neutrale Begründung	0
	Explizite Begründung mit Gruppeninteressen	1
	Explizite Begründung mit Gemeinwohl	2
Respekt für andere Gruppen	Kein Respekt	0
	Impliziter Respekt	1
	Expliziter Respekt	2
Respekt gegenüber Gegenargumenten	Gegenüber wird herabgewürdigt	0
	Gegenargumente ignoriert	1
	Gegenargument explizit herabgesetzt	2
	Respekt gegenüber Gegenargumenten	3
Konstruktive Gesprächsführung	Polarisierte Gesprächsführung	0
	Alternativvorschlag	1
	Vermittelnder Vorschlag	2

Quelle: Kriterien des Discourse Quality Index (DQI) nach Schönemann & Steiger (2019)

Anhang G Usability-Richtlinien

Anhang G.1 Usability-Heuristiken nach Nielsen

Die Usability-Heuristiken nach Nielsen stellen eine bewährte Grundlage zur Bewertung interaktiver Systeme dar. Sie umfassen zehn allgemeine Prinzipien zu verschiedenen Aspekten der Gebrauchstauglichkeit (Nielsen, 1994b). Sie basieren auf der Analyse bestehender Usability-Heuristiken und wurden systematisch entwickelt, um eine möglichst breite Abdeckung relevanter Usability-Aspekte zu gewährleisten (Nielsen, 1994a).

Kennung	Heuristik	Beschreibung
UH1	Sichtbarkeit des Systemstatus	Nutzer sollten jederzeit informiert sein, was passiert und hierzu geeignetes Feedback erhalten.
UH2	Übereinstimmung zwischen System und realer Welt	Das Design sollte vertraute Begriffe, Konzepte und Konventionen verwenden und logisch aufgebaut sein.
UH3	Nutzerkontrolle und Freiheit	Nutzer machen Fehler. Sie sollten jederzeit eine Aktion abbrechen können, ohne von vorne beginnen zu müssen.
UH4	Konsistenz und Standards	Konventionen sollten eingehalten werden, damit Nutzer nicht überlegen müssen, was ein Begriff oder eine Aktion bedeutet.
UH5	Fehlervermeidung	Gute Fehlermeldungen sind hilfreich, aber noch besser ist es, Fehler zu vermeiden oder ihre Auswirkungen zu minimieren.
UH6	Wiedererkennen statt Erinnern	Alle für die Nutzung relevanten Informationen sollten sichtbar sein, sodass sich Nutzer nicht an Details erinnern müssen.
UH7	Flexibilität und Effizienz der Nutzung	Erfahrene Nutzer sollten mit <i>Shortcuts</i> effizienter arbeiten können, ohne unerfahrene Nutzer damit zu überfordern.
UH8	Ästhetisches und minimalistisches Design	Das Interface sollte sich auf das Wesentliche konzentrieren, um kognitive Belastung zu vermeiden. Überflüssige Elemente sollten entfernt werden.
UH9	Fehler erkennen, diagnostizieren und beheben	Fehlermeldungen sollten verständlich sein, die Ursache des Problems erklären und eine Lösung anbieten.
UH10	Hilfe und Dokumentation	Idealerweise ist das System selbsterklärend. Falls notwendig, sollte eine leicht zugängliche Dokumentation Nutzer unterstützen.

Quelle: Usability-Heuristiken nach Nielsen (1994b), aus dem Englischen übersetzt

Anhang G.2 Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241:110

Die Dialogkriterien der ISO-Norm bieten eine strukturierte Grundlage für die Gestaltung von Dialogen und Benutzerinteraktionen. Sie unterstützen die Berücksichtigung wichtiger Aspekte der Software-Ergonomie und Gebrauchstauglichkeit, sind jedoch eher als Empfehlungen denn als verbindliche Leitlinien zu verstehen (DIN EN ISO 9241-110, 2006).

Kennung	Kriterium	Beschreibung
DK1	Aufgabenangemessenheit	Das System unterstützt Nutzerende, ihre Aufgaben zu erfüllen. Die Funktionalität und das Interface basieren auf der Aufgabe.
DK2	Selbstbeschreibungsfähigkeit	Nutzende sollte jederzeit erkennen, an welcher Stelle sie sich befinden und welche Handlungen sie dort ausführen können.
DK3	Erwartungskonformität	Das Interface sollte gängigen Konventionen und Erwartungen des Nutzungskontexts entsprechen, um vorhersehbar zu sein.
DK4	Lernförderlichkeit	Das System sollte Nutzende schrittweise an die Nutzung heranführen und ihnen das Erlernen erleichtern.
DK5	Steuerbarkeit	Nutzende sollten den Ablauf des Dialogs steuern und hierzu die Richtung und die Geschwindigkeit beeinflussen können.
DK6	Fehlertoleranz	Das angestrebte Ergebnis kann trotz fehlerhafter Eingaben ohne oder mit wenig Korrekturaufwand erreicht werden können.
DK7	Individualisierbarkeit	Das Interface und die Informationsdarstellung sollten durch den Benutzer an dessen Bedürfnisse anpassbar sein.

Quelle: Grundsätze der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241:110 (2006).