

Mixed Reality for Education in Urban Planning

A reflection of urban planning applications and its potential usage in education

Mario Wolf¹, Florian Wehking¹, Heinrich Söbke¹ and Jörg Londong¹

Abstract: Based on the fast technical development in the past years, Mixed Reality (MR) became object to the field of education. A discipline with potential for educational improvements is urban planning. However, so far examples of MR applications in urban planning and their potential effects on learning are little-known. In this context the focus of the paper lies on answering the question, in how far MR in the educational setting of urban planning bears advantages for learners of that discipline. The theoretically derived results are based on an integrated approach, combining a literature review, an analysis of existing applications linked to urban planning and the practical experience of the authors.

Keywords: Mixed Reality, Education, Spatial Planning, Urban Planning.

¹ Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institute for Infrastructure Solutions (b.is), Chair of Urban Water Management and Sanitation, Coudraystraße 7, 99423 Weimar, Germany forename.surname@uni-weimar.de

Mixed Reality zur Qualifikation in der räumlichen Planung

Eine Betrachtung raumplanerischer Anwendungen und deren potenzieller Einsatz als Bildungsmedien

Mario Wolf², Florian Wehking², Heinrich Söbke² und Jörg Londong²

Abstract: In den vergangenen Jahren hat Mixed Reality (MR) zunehmend Einzug in Lehrkontexte gehalten. Anwendungsfälle von MR in der räumlichen Planung und sich daraus ergebende Lehr- und Lerneffekte sind bisher aber kaum bekannt. Doch welche Potenziale können MR-Anwendungen in Lehrkontexten der räumlichen Planung haben? Zur Beantwortung dieser Frage erfolgt in dem Beitrag aufbauend auf einer theoretischen Betrachtung der Vorteile von MR in Lehrkontexten eine inhaltliche Darlegung existierender raumplanerischer MR-Anwendungen. Abschließend wird der Mehrwert von MR-Anwendungen im raumplanerischen Lehrkontext für Lernende abgeleitet. Grundlage bildet ein integrierter Ansatz, der neben einer Literaturrecherche und der Analyse von MR-Anwendungen auch Praxiserfahrungen der Autoren einschließt.

Keywords: Mixed Reality, Bildungskontext, Lehren und Lernen, räumliche Planung, Stadtplanung.

1 Einführung

Mit der stetigen Zunahme an digitalen Informationen gewinnt der rasche Zugriff auf die richtigen Informationen zur entsprechenden Zeit sowie deren effiziente Darstellung zunehmend an Relevanz [LR05]. Als eine moderne Methode zur Übermittlung von Informationen dient Mixed Reality (MR). Bei Mixed Reality handelt es sich um eine Überschneidung von Mensch, Computer und Umgebung. Es steht somit die Verknüpfung von einer realen Umgebung mit computererzeugten Sinnesreizen im Mittelpunkt [Az97]. Als übergeordneter Begriff, umfasst MR eine Vielzahl von Darstellungsformen wie etwa Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR). Zur grundlegenden Einordnung der Anwendungen wird zumeist auf das von Milgram et al. [Mi94] konzipierte „reality-virtuality-continuum“ Bezug genommen. Als Kombination von virtueller Realität und realer Umgebung mit teilweiser Überlagerung [Az97] ist AR nahe der Wirklichkeit einzuordnen. Mit dem Fokus auf einer computergenerierten Umgebung [Kl09] ist VR dagegen auf der anderen Seite des Kontinuums zu verorten.

Heute hat MR in zahlreichen Branchen Einzug gehalten. Wang [Wa09] bringt hier insbesondere Architektur, Design und Ingenieurwissenschaften zusammen. Als ein

² Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is), Professor Siedlungswasserwirtschaft, Coudraystr. 7, 99423 Weimar, Deutschland, vorname.nachname@uni-weimar.de

zentrales Handlungsfeld ordnet Furht [Fu11] die Bildung ein. Studien haben hierbei Potenzial für den Einsatz von MR offenbart. So wird deutlich, dass MR-Anwendungen in Bezug auf die Darstellung räumlicher Informationen Vorteile bieten können, die durch bisherige digitale Medien nicht adressiert werden konnten [Ra14]. Furht [Fu11] ermutigt darüber hinaus zur Erschließung neuer Anwendungsfelder. Ein solches stellt die räumliche Planung dar. Zunehmend komplexere raumplanerischer Fragestellungen erfordern hier den Einsatz innovativer Lehransätze. In diesem Spannungsfeld zwischen MR, moderner Didaktik und der Planung für die Stadt von morgen ist der Beitrag einzubetten. Der Beitrag soll aufzeigen, inwieweit MR-Anwendungen als Bildungsmedien die Qualifizierung von Stadtplanern unterstützen und damit die Planung zukunftsfähiger Städte fördern können. Als Zielgruppe werden Studierende der Raumplanung sowie des Umweltingenieurwesens als Planungsakteure der technischen Infrastruktur gesehen. Es werden im Beitrag zunächst MR-Anwendungen identifiziert, die in Planungsprozessen eingesetzt werden können und nicht speziell für die Lehre vorgesehen sind. Die MR-Anwendungen werden – nicht eingeschlossen von noch vorzunehmenden bildungskontextuellen Anpassungen - bereits jetzt aus mehrerlei Sicht als bildungsrelevant gesehen. So eignen sie sich als Medium zur praktischen Vermittlung der in der Raumplanung üblichen Anforderungen. Gegenüber rein theorie-basierter Methoden vermitteln sie praktische Erfahrungen der Raumplanung. Auch werden die Studierenden auf praxisrelevante Planungswerkzeuge vorbereitet.

Der Beitrag ist in fünf Abschnitte gegliedert: Anknüpfend an die Einführung wird der zugrundeliegende theoretische Kontext der Stadtplanung erläutert. In Abschnitt drei wird der Frage nachgegangen, in welchen Bereichen der Stadtplanung MR-Anwendungen bereits Eingang finden. Auf dieser Grundlage werden in Abschnitt vier die zentralen Vorteile von MR-Bildungsmedien in der Raumplanung abgeleitet und die Erkenntnisse abschließend zusammengefasst.

Methodische Grundlage bildet eine Literaturanalyse von wissenschaftlichen Textbeiträgen sowie Projektberichten. Hinsichtlich der vorgestellten MR-Anwendungen lag der Fokus darauf, ein möglichst breites Spektrum an Anwendungsbereichen aufzuzeigen. Die erarbeiteten Annahmen und gewonnenen Erkenntnisse basieren in Zusammenhang mit der theoretischen Betrachtung maßgeblich auf dem Erfahrungswissen, über das die Autoren im Rahmen ihrer Tätigkeiten in Forschung und Praxis verfügen. Die fachliche Expertise der Autorenschaft liegt in den Bereichen Raumplanung, Design, technologiegestütztes Lernen und technischer Infrastruktur.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Mixed Reality in Bildungskontexten

MR-Anwendungen lassen sich heute in verschiedenen Bildungskontexten wiederfinden [CP17]. Zwar bedingt die evidenzbasierte Identifikation von Vorteilen für MR in Bildungskontexten noch weiteren Forschungsbedarf, erste Vorzüge wurden aber durch verschiedene Studien aufgezeigt: Grundlegend können durch den Einsatz von MR erzielte

Eindrücke und Erfahrungen länger im Bewusstsein von Studierenden bleiben, als wenn diese durch herkömmliche Technologien wie etwa Präsentationen vermittelt werden [SM14]. Ebenso ist es möglich, dass MR die kognitiven Fähigkeiten hinsichtlich einer systematischen Merkfähigkeit bei schnell eintreffenden Informationen stärkt [FT11], die Motivation von Studierenden in Bezug auf Lehrinhalte steigert und damit deren akademische Ergebnisse verbessert [We15], [DID13]. Indem MR für Lernende zahlreiche Optionen bietet, inhaltliche Gegenstände der Lehre auch in authentischen Kontexten selbstständig zu erforschen, zu betrachten oder zu verändern, kann MR als ein Bestandteil des situierten Lernens betrachtet werden. Die Theorie des situierten Lernens konstatiert, dass erfolgreiches Lernen auch auf der aktiven Auseinandersetzung in Form der praktischen Anwendung des spezifischen Lehrinhalts basiert [YZA10]. Eine systematische Übersicht über potenzielle Vorteile von MR in der Lehre bietet die von Akçayır & Akçayır [AA17] durchgeführte Meta-Studie (s. Tab. 1).

KATEGORIEN	SUB-KATEGORIEN
LERNERFOLGE	- Verbesserte Lernergebnisse - Verständnishilfe - Verhilft zu positiverer Lerneinstellung - Vereinfachte kognitive Erfassung - Erhöhtes Selbstbewusstsein - Verbessertes räumliches Verständnis
PÄDAGOGISCHE VORTEILE	- Freude steigend - Erhöhung von Interesse und Motivation - Neue Zusammenarbeitsformen von Lernenden - Verbesserung der Kommunikation zwischen Lernenden - Unterstützung des selbstorganisierten Lernens - Förderung multi-sensorbasierten Lernens - Rasche Informationsaufnahme seitens Lernenden
INTERAKTIONEN	- Möglichkeiten von Interaktionen (Lernende – Lernende) - Lernende – Material - Lernende – Lehrende
WEITERE	- Unterstützung bei Visualisierung von nicht sichtbaren Konzepten, Vorgängen etc. - Einfache Bedienbarkeit von AR für Lernende - Kosteneinsparungen im Bereich von Laborausstattung

Tab. 1 Vorteile von AR in Bildungskontexten [AA17]

Neben Vorteilen ist der Einsatz von MR in Bildungskontexten bisher auch mit Herausforderungen verbunden. So wird die Nutzung von MR von Lernenden oftmals als schwierig betrachtet [AA17]. Weitere Nachteile hat Radu [Ra14] in einer Meta-Studie zusammengestellt. Dazu können eine selektierte Aufmerksamkeit, reduzierte Interaktion zwischen Lernenden sowie die Erkenntnis, dass MR nicht für alle Lernerprofile geeignet ist, gehören. Eine kognitive Überforderung [DDM09] und gesundheitliche Beschwerden wie Schwindel und Augenschmerzen [La17] stellen weitere Nachteile dar. Darüber hinaus

sind beim Erstellen von MR Lernszenarien ein hoher interdisziplinärer Aufwand sowie die Abhängigkeit von funktionierender Technologie festzustellen.

Der Einsatz von MR ist in Bezug auf die verschiedenen Bildungsstufen weit gefächert. So liegen AR Ansätze in der frühkindlichen Erziehung sowie des Grundschulwesens vor [CP17]. Ebenso sind auch Anwendungen im Rahmen der Sekundärbildung [BB13] und aus der Hochschullehre unterschiedlicher Disziplinen bekannt [BS09]. Zunehmend werden MR-Anwendungen auch in Lernprozesse für Ausbildungsberufe integriert. Zu nennen ist hier das Kfz-Lackiererhandwerk [UE19].

2.2 Stadtplanung als interdisziplinäre Fachrichtung

Die räumliche Planung, zu der auch die Stadtplanung gehört, stellt eine interdisziplinäre Fachrichtung dar. Die Aufgaben der Stadtentwicklung sind vielschichtig. Darunter zählen beispielsweise die Entwicklung von Stadtquartieren, der Stadtumbau und die Sicherung und Gestaltung von Freiflächen und Freiräumen. Die Aufgabenbereiche weisen dabei vielfältige Berührungspunkte und Überschneidungen auf [BB00]. Auch wenn sich die Ausgangssituation für die räumliche Planung in den unterschiedlichen Teilräumen Deutschlands als differenziert erweist, hat sich das Planungsverständnis zunehmend vereinheitlicht. So haben auf kommunaler Ebene Herausforderungen wie etwa der Klimawandel, demografische und ökonomische Veränderungsprozesse oder die Frage nach der Sicherung der Daseinsvorsorge zu der Erkenntnis geführt, dass es für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung eine integrative und kooperative Planung bedarf. Die sektor- und ressortübergreifende integrierte Stadtentwicklung umfasst dabei nicht nur die Vernetzung der unterschiedlichen Fachressorts, sondern auch die partizipative Einbeziehung von Wirtschaftsakteuren und Bürgern [BM07]. Im Rahmen der integrierten Planung sollen folglich verschiedenartige Belange im Zusammenhang betrachtet werden, um angesichts der rasant ändernden Rahmenbedingungen eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Akteure mit unterschiedlichen Interessen, die hinsichtlich Planungsprozessen u.a. differenzierte Perspektiven, Qualitäten oder Verständnisse aufweisen, müssen folglich gemeinsame Lösungsansätze finden, um die Zukunftsfähigkeit von Städten und ländlichen Gemeinden zu bewahren. Als zentrale, aufzubauende Qualitäten von Lernenden der Raumplanung werden somit weitreichende kognitive Fähigkeiten in Bezug auf die gebaute, unbebaute, soziale, ökologische sowie ökonomische Umwelt bewertet. Sie müssen über ein umfassendes Verständnis komplexer gesellschaftlicher Zusammenhänge verfügen, um etwa in Anbetracht ökologischer und ökonomischer Fragen abgewogene Entscheidungen zu treffen.

3 Anwendungsbereiche von MR in der Stadtplanung

Zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben können Planer auf ein vielfältiges Instrumentarium zurückgreifen. Darunter zählen etwa regulative und persuasive Instrumente (z.B. Bebauungsplan oder Bürgerbeteiligungsveranstaltungen) oder die sogenannten

informellen Instrumente wie Stadtentwicklungskonzepte. Dies lässt die Vielschichtigkeit der Planung auf kommunaler Ebene erahnen. Vereinzelt inhaltlich-konzeptionelle Schnittstellen bezüglich des Einsatzes von MR-Anwendungen wurden hierbei bereits im Rahmen von Studien oder Forschungsprojekten erprobt.

3.1 Aufstellung von Bebauungsplänen

Ein zentrales Instrument der Stadtplanung stellt der Bebauungsplan (B-Plan) dar. Als rechtsverbindliche Festsetzung für die städtebauliche Ordnung (§ 8 BauGB) werden mit dem B-Plan Art und Weise einer Bebauung sowie entsprechender Freiflächen geregelt. Damit fungiert der B-Plan als Grundlage für jede Baugenehmigung. Formal-gestalterisch werden Bestimmungen durch farbige, schriftliche und zeichnerische Elemente festgehalten.

Um die Lesbarkeit und das Verständnis der zweidimensionalen Plangrundlage bei Bürgern zu erhöhen, stellt sich die Frage nach einer dreidimensionalen Übersetzung. Dies wird durch den augmentierten B-Plan möglich (Abb.1). Die technischen Zugangsbarrieren sind gering und können mit Smartphones überwunden werden. Laut Böhl und Broschart [HB15] bietet dieser Ansatz noch weitere Möglichkeiten. So kann die Planzeichnung selbst als Marker eingesetzt und zusätzliche Informationen in Form von 3D-Modellen oder Erläuterungen eingeblendet werden. Dies ermöglicht eine jeweils auf den Gegenstand der Planung abgestimmte situationspezifische Auswahl von relevanten Informationen.



Abb. 1: Augmentierter Bebauungsplan [Ze13]

3.2 Konzeption von Baukörpern und Gebäudeensembles

Entscheidungen für Planvorhaben setzen einen umfassenden, analytischen Abwägungsprozess zwischen Alternativen voraus. Dies betrifft auch die Planung von Neubauten, die mit ihrer Kubatur und der gewählten Formensprache unterschiedliche raumgestalterische und nutzungstechnische Auswirkungen haben.

Wurde die Wirkung von neuen Gebäuden seit Jahrzehnten über plastische Modelle und aufwändige Simulationen untersucht, bietet die Anwendung *Arthur* eine Möglichkeit, den Entscheidungsprozess zu unterstützen (Abb. 2). Angewandt werden kann Arthur insbesondere im Rahmen von komplexen Designprozessen. So wurde von den Entwicklern ein Szenario konzipiert, in dem es ein neues Gebäude in dem projizierten

Stadtbild von London zu platzieren galt. Die Anwendung ermöglicht es dabei, verschiedene Parameter zu modifizieren, wie bestehende Gebäude zu entfernen, die Formensprache des Neubaus festzulegen und in Bezug auf bestehende Ensemble anzupassen. Zusätzlich können Simulationen integriert werden, wie beispielsweise das Bewegungsverhalten von Fußgängern [Br04].



Abb. 2: Nutzer an dem augmentierten Stadtmodell [Br04]

3.3 Integrierte Gestaltung von Stadtquartieren

Die frühzeitige Beteiligung von Bürgern an Planungsprozessen, bedeutet, diese bereits bei der Ideenfindung für Veränderungen zu beteiligen. Dieser Anspruch trifft in der Praxis jedoch oftmals auf Schwierigkeiten. In der Literatur wird hierbei insbesondere auf das sogenannte „Beteiligungsparadoxon“ verwiesen [RH97]. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorbereitung eines Planungsprozesses die Möglichkeit der Einflussnahme auf ein Vorhaben am größten ist, jedoch aufgrund der Abstraktion nur geringes Interesse vorliegt. Erst mit fortschreitendem Planungsverlauf steigt das Interesse, während der Gestaltungs- und Einfluss-Spielraum aber abnimmt [RH97].

Vor diesem Hintergrund und mit dem Ziel, Planungs- und Designprozesse in der Stadtplanung zu unterstützen, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes IPCity das sogenannte *Mixed Reality-Tent* konzipiert. Bei dem MR-Tent handelt es sich um ein Zelt, in dem verschiedene Akteursgruppen wie etwa Bürger, Architekten und Stadtplaner zusammenkommen können, um im Rahmen von Workshops Ideen auszutauschen und Lösungsansätze für städtebauliche Fragestellungen zu entwickeln. Technisch setzt sich das MR-Tent aus verschiedenen Anwendungen zusammen. Das anwendungsorientierte Zentrum bildet ein Tisch, auf dem Nutzer auf Grundlage einer digitalisierten geografischen Karte Modifikationen der dargestellten städtebaulichen Situation vornehmen können (Abb. 3). Dies geschieht bspw. mittels farbigen Klötzchen, welchen Funktionen zugeordnet sind. Eine Videoprojektion übermittelt die Veränderungen in dreidimensionaler Perspektive auf Bildschirme [Ma09]. Zudem können die auf Leinwände projizierten Abbildungen mittels eines Zeichentools (*Urban Sketcher*) ergänzt werden [MW07].

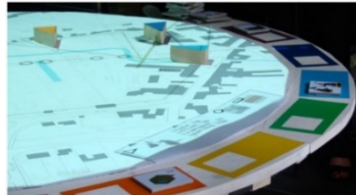


Abb. 3: Augmentierte Plangrundlage [IPo.J.]

3.4 Sensibilisierung

Ortsbesuche von Planungsräumen sind für Stadtplaner ein unverzichtbares Instrument. Sie ermöglichen etwa die formalen Plangrundlagen mit den örtlichen Gegebenheiten abzugleichen und somit ein umfassendes Verständnis städtischer Situation zu erlangen. Für die Vorhabenplanung ist dies eine unmittelbare Voraussetzung. Jedoch können mit einem Ortsbesuch nicht alle den Raum prägenden Elemente erfasst werden. Außerdem kann die Kombination kartenbasierter Daten und räumliche Wahrnehmung zu Fehlinterpretationen führen.

Dieser Problemstellung ist der Prototyp *SiteLens* gewidmet (Abb. 4). SiteLens soll die Erfassung von Situationen unterstützen, indem es Raumcharakteristika visualisiert, die über keine visuelle Ebene verfügen oder nur schwer erkennbar sind. Darunter können bspw. verkehrsbedingte Abgase oder Lärmintensitäten zählen. Dies soll die Entscheidungsfindung bezüglich der Nutzung oder Gestaltung von Räumen unterstützen. Grundlage von SiteLens bildet die vorherige Erstellung entsprechender Datensätze. Diese werden im Rahmen der Ortsbegehung auf mobile Displays wie Smartphones übertragen und bei der Erfassung der realen Umgebung ortsgebunden eingeblendet. Es kann zwischen verschiedenen Darstellungsoptionen gewählt werden, was die nutzerspezifische Wahrnehmung fördern soll [WF09].



Abb. 4: Darstellungsformen von Luftbelastung [WF09]

3.5 Projektsteuerung

Analog zu der Planungsphase verlangt die Umsetzung städtebaulicher Maßnahmen zumeist eine intersektorale Koordination von unterschiedlichen Akteuren. Bei der Ausführung ist zu beobachten, dass insbesondere Kommunikationsprobleme zu Mehrkosten, Ineffizienz oder Verzögerungen führen [AAA97]. Ein effizientes Projektmanagement ist somit von Bedeutung.

Dieser Herausforderung ist das *Augmented Reality und Multiscreen System* (AR-MS) gewidmet (Abb. 5). Es stellt eine Diskussionsplatzform dar, mit der vielfältige Informationen systematisch geordnet und ausgetauscht sowie Lösungen für Herausforderungen im Projektablauf gefunden werden können. Grundlage stellt ein Building-Information-Modeling-Table (BIM-Tisch) als horizontal angeordnetes Display dar, auf dem die zentralen Informationen von einzelnen Vorhabenabschnitt dargestellt werden. Mittels nutzeigenen mobilen Endgeräten wie Tablets können die Beteiligten jeweils auf zusätzliche, für sie relevante Information, zurückgreifen. Konkret wird zwischen öffentlichen Informationen (u.a. Betriebsabläufe), die der Diskussionsgruppe auf dem BIM-Tisch zur Verfügung gestellt werden und privaten Informationen (z.B. Kosten) differenziert. Lösungsansätze können auf dem BIM-Tisch visualisiert und so allen Beteiligten zugänglich gemacht werden [Li15].

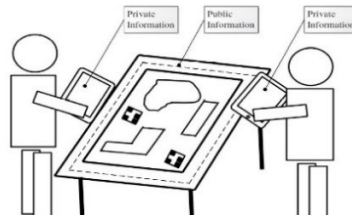


Abb. 5: Schematische Übersicht der Nutzerumgebung [Li15]

4 Möglichkeiten und Grenzen von MR-Bildungsmedien in der Raumplanung

MR-Anwendungen wird ein starkes Potenzial zur Verbesserung im Bereich von Bildungskontexten zugeschrieben. Zender et al. [Ze18] verweisen auf grundlegende technologie- bzw. medienspezifische sowie Lernprozess- bzw. bildungsspezifische Chancen. Umfassen erstere etwa die Erlebbarkeit von Lerninhalten, beschreiben zweitens das Potenzial von MR-Anwendungen in Bezug auf Lernen als situativen Prozess und den Transfer von Fähigkeiten in die Realität. Zudem ist VR für die Ansprache von zumindest zwei Lernerprofilen (Accommodator, Assimilator) insbesondere geeignet [LWF10].

Mit Blick auf die Raumplanung zeigt sich, dass bereits verschiedene MR-Anwendungen mit inhaltlichen Bezügen zu räumlichen Themen und Aufgabenfeldern existieren. Die inhaltlich-konzeptionelle Ausrichtung der Anwendungen und die daraus resultierenden Anwendungsbereiche sind vielfältig. In Anbetracht des Potenzials von MR-Anwendungen kann angenommen werden, dass die strukturelle Übertragung und der Einsatz dieser Anwendungen im Bildungskontext der Raumplanung zu einer Verbesserung der Lehre und des Lernens führen. So wird mit MR eine praxisorientiertere Lehre ermöglicht, in deren Rahmen Studierende frühzeitig für die Praxis notwendige Erfahrungen und Feingefühl im Umgang mit spezifischen Planungssituationen erlangen könnten. Konkret konnten aus der theoretischen Betrachtung folgende potenzielle Vorteile für Lernende abgeleitet werden, die sich sechs Kategorien zuordnen lassen (s. Tab. 2).

KATEGORIEN	SUB-KATEGORIEN
RÄUMLICHES DENKEN	- Fördert räumliches Vorstellungsvermögen - Verhilft zu mehr Gespür bei baulichen Interventionen in Bezug auf raumvisuelle Wirkung - Stärkt abstraktes Denken - Erhöhung des räumlichen Verständnisses von numerischen Werten (z.B. Geschossflächenzahl im Bebauungsplan) - Unterstützung bei Identifikation von situationsentsprechenden Kubatoren und Formensprachen
AKTEURS-KOMMUNIKATION	- Sensibilisierung bezüglich Denkweisen und Kommunikationsformen anderer Akteure - Erhöhtes Problembewusstsein bei Planungskommunikation - Kritische Reflektion bestehender Kommunikationsarten und -formen - Aneignung akteursspezifischer Kommunikation
VARIANTEN-DISKUSSION	- Unterstützt das projektbezogene Vorstellungsvermögen konkreter stadtplanerischer Interventionen - Stärkt die Konzeption von orts- und situationsspezifischer Lösungsansätze - Verhilft zur transparenteren Auswahl und Bewertung von Lösungsvarianten
INTER-DISZIPLINARITÄT	- Darstellung interdisziplinärer Zusammenhänge und deren Wirkung - Wissensanreicherung und Verständnisaufbau zu Zielsetzungen anderer Fachdisziplinen - Medium der interdisziplinären Kommunikation
PROJEKT-UMSETZUNG	- Sensibilisierung für potenziell auftretender Herausforderungen und Hemmnisse im Planungsprozess - Fördert Problemverständnis und –lösungsfähigkeit - Fähigkeit der Antizipation von Planungskonflikten - Erhöhtes Verständnis für Projektablauf und -management - Stärkt lösungs- und ergebnisorientierte Projektsteuerung
WEITERE	- Reduzierte Materialkosten (z.B. Modellbau) - Flexible Anpassung von Modellen und Lösungsvorschlägen bei Abwägungsprozessen

Tab. 2 Potenzielle Vorteile für Lernende von MR im Bildungskontext der Raumplanung (Eigene Darstellung)

Der strukturelle Einsatz von MR-Technologien im raumplanerischen Bildungskontext kann im Rahmen von verschiedenen didaktischen Konzepten erfolgen. Zu nennen sind beispielsweise konsultative Projektarbeiten, in denen Studierende selbstständig Lösungen für raumplanerische Herausforderungen erarbeiten müssen oder als Bestandteil von Vorlesungen. MR-Anwendungen sollten die bisherigen didaktischen Methoden aber nicht ersetzen. So ist es für zukünftige Stadtplaner weiterhin relevant, praktischer Erkenntnisse im Umgang mit Akteuren der Planung durch die aktive Mitwirkung in Vorhaben zu sammeln. MR-Anwendungen erscheinen geeignet, die bestehenden Methoden jedoch um eine innovative Form der Wissensvermittlung und –erschließung ergänzen.

5 Fazit und Ausblick

Mit den zunehmenden gesellschaftlichen Herausforderungen wird im Bereich der räumlichen Planung auf kommunaler Ebene verstärkt ein integrierter Planungsansatz gefordert. Dies formuliert komplexe Anforderungen an die zukünftigen Stadtplaner, die vielfältige Zusammenhänge wie etwa soziale, ökologische und ökonomische Aspekte miteinander abwägen und Akteure unterschiedlicher Gesellschaftsbereiche und Interessen in Planungsprozesse integrieren müssen. Die Lehre der Raumplanung stellt damit eine potenzielle und fordernde Disziplin für MR-Anwendungen dar.

Mit Blick auf die existierenden MR-Technologien gibt es Anwendungen, welche unterschiedliche planerische Aspekte thematisieren. Diese sind zwar zumeist in Rahmen von Forschungsvorhaben entstanden und für Praxisakteure konzipiert, der Schritt zur Übertragung der Anwendungen in die Lehre der Raumplanung wird aber als notwendig und aussichtsreich angesehen. Konkret hat die theoretische Betrachtung von potenziellen Vorteilen von MR in Bildungskontexten und der bestehenden raumplanerischen MR-Anwendungen zu der Erkenntnis geführt, dass der Einsatz von MR in der Lehre der Raumplanung zu einer qualitativen Verbesserung von Lernszenarien führen kann.

Inwieweit MR-Bildungsmedien tatsächlich die Lehre der Raumplanung verbessern und damit als Chance zur Gestaltung der zukunftsfähigen Stadt von morgen angesehen werden können, gilt es nun zu erforschen. Es ist vorgesehen, in angeschlossenen Forschungsarbeiten die getroffenen Annahmen analytisch zu verifizieren, die jeweils erforderlichen Lernszenarien zu definieren und die strukturelle sowie inhaltliche Einbettung von MR-Bildungsmedien in bestehende didaktische Konzepte der Raumplanung zu erforschen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Forschungsprojektes AuCity 2 (FKZ 16DHB2131).

Literaturverzeichnis

- [AA17] Akçayir, M.; Akçayir, G.: Advantages and challenges associated with augmented reality for education. A systematic review of the literature. In: Educational Research Review. S. 1–11, 2017.
- [AAA97] Al-Hammad, A.; Assaf, S.; and Al-Shihah, M.: The effect of faulty design on building maintenance. Journal of Quality in Maintenance Engineering 1/3, S. 29-39, 1997.
- [Az97] Azuma, R.: A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 4/6, S. 355-385, 1997.

- [BB00] BBR, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Stadtentwicklung und Städtebau in Deutschland, im Selbstverlag, Bonn, 2000.
- [BB13] Bressler, D. M.; Bodzin, A. M.: A mixed methods assessment of students flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 6/29. S. 505-517, 2013.
- [BM07] BMUB, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nationale_Stadtentwicklung/leipzig_charta_de_bf.pdf, Stand: 26.07.2019
- [Br04] Broll et al.: ARTHUR: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting* 1/1, 2004.
- [BS09] Burkhard, R., Schmitt, G.: Visualising Future Cities in the ETH Value Lab: New Methods for Education and Learning. In (Wang, X.; Schnabel, M.-A. Hrsg.): *Mixed Reality in Architecture, Design & Construction*, Springer, S. 205 – 218, 2009.
- [Ch17] Chen, P.; Liu, X.; Cheng, W.; Huang, R.: A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In (Popescu, E.; Kinshuk Khribi, M. K.; Huang, R.; Jemni, M.; Chen, N.-S.; Sampson D. G. Hrsg.): *Innovations in Smart Learning*, Springer Singapore, S. 13–19, 2017.
- [CP17] Castellanos, A.; Pérez, C.: New Challenge in Education: Enhancing Student’s Knowledge through Augmented Reality. In (Arisa, J. M. Hrsg.): *Augmented Reality: Reflections on Its Contribution to Knowledge Formation*, De Gruyter, Berlin, S. 273-294, 2017.
- [DDM09] Dunleavy, M; Dede, C; Mitchell, R.: Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology* 1/18, S. 7 – 22, 2009.
- [DID13] Di Serio, A.; Ibáñez, M. B.; Delgado, C.: Impact of an Augmented Reality system on students’ motivation for a visual art course. *Computers & Education* 10/68, S. 586 – 596, 2013.
- [FT11] FT, Fundación Telefónica, Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Fundación Telefónica, Madrid, 2011.
- [Fu11] Furht, B.: *Handbook of Augmented Reality*, Springer, 2011.
- [HB15] Höhl, W.; Broschart, D.: Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung. *GIS.Science. Die Zeitschrift für Geoinformatik*, 1, S. 20 – 29, 2015.
- [IPo.J.] IPCity, http://www.ipcity.eu/?page_id=8, Stand 23.06.2019.
- [Kl09] Klein, G.: *Visual Tracking for Augmented Reality. Edge-based Tracking Techniques for AR Applications*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, 2009.
- [La17a] Lavalley, S. M.: *Virtual reality*. Cambridge University Press, 2017.
- [Li15] Lin, T.-H. et al.: Using Augmented Reality in a Multiscreen Environment for Construction Discussion. *Journal of Computing in Civil Engineering* 6/29, 2015.
- [LR05] Ludwig, C.; Reimann, C.: *Augmented Reality: Information im Fokus*. C-Lab Report, 2005.

- [LWF10] Lee, E.A.; Wong, K.W.; Fung, C.C.: Learning with virtual reality: its effects on students with different learning styles. In: Transactions on edutainment IV, Springer, S. 79-90, 2010.
- [Ma09] Maquil, V. et al.: MR Tent: a place for co-constructing mixed realities in urban planning. In: Proceedings of the Graphics Interface 2009 Conference, British Columbia, Canada, S. 211 – 214, 2009.
- [Mi94] Milgram, P. et al.: Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: (Proceedings of SPIE Conference on Telemanipulator and Telepresence Technologies), S. 282–292 (1995).
- [MW07] Maquil, V.; Wagner, I.: Expressive interactions - supporting collaboration in urban design. In: Proceedings of the 2007 International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work, GROUP 2007, Sanibel Island, USA, S. 69-78, 2007.
- [Ra14] Radu, I.: Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. Personal and Ubiquitous Computing 6/18, S. 1533-1542, 2014.
- [RH97] Reinert, A.; Sinnig, H.: Mobilisierung der Kompetenz der Bürgerinnen und Bürger. Das Bürgergutachten ÜSTRA zum öffentlichen Nahverkehr in Hannover. In (Bühler, T. Hrsg.): Bürgerbeteiligung und Demokratie vor Ort. Stiftung Mitarbeit, Bonn, S. 143-157, 1997.
- [SM14] Sommerauer, P.; Müller, O.: Augmented Reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. Computer & Education 10/79, S. 59-68, 2014.
- [UE19] Universität Duisburg Essen, <https://learninglab.uni-due.de/forschung/projekte/vr-lackierwerkstatt>, 23.06.2019.
- [Wa09] Wang, X.; Schnabel, M.A. (Hrsg): Mixed Reality in Architecture, Design & Technology, Springer, 2009.
- [We15] Wei, X. et al.: Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. Computers & Education 2/81, S. 221 - 234, 2015.
- [WF09] White, S.; Feiner, S.: SiteLens: situated visualization techniques for urban site visits. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, USA, S. 1117 – 1120, 2009.
- [YZA10] Yusoff, R. C. M.; Zaman, H. B.; Ahmad, A.: Design A Situated Learning Environment Using Mixed Reality Technology - A Case Study Rasimah. International Journal of Computing and Information Engineering 11/4, S. 1766 – 1771, 2010.
- [Ze13] Zeile, P.: <http://zeile.net/?p=459>, 23.06.2019.
- [Ze18] Zender, R. et al.: Lehren und Lernen mit VR und AR - Was wird erwartet? Was funktioniert?. In: Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), Frankfurt/Main, Germany, 2018.