

# Augmented Reality in der Stadt: Neue Potenziale durch die Entwicklung einer Lichtmarker-Technologie

*Isabelle Doll, Karsten Rexroth, Petra von Both*

(M. Sc. Isabelle Doll, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland, isabelle.doll@kit.edu)  
(Dipl.-Ing. Karsten Rexroth, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland, karsten.rexroth@kit.edu)  
(Prof. Dr.-Ing. Petra von Both, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland, petra.vonboth@kit.edu)

## 1 ABSTRACT

Panta Rhei – Städte befinden sich in kontinuierlicher Bewegung. In einem unaufhörlichen Prozess, der immer stärker der Digitalisierung unterworfen ist, findet eine Weiterentwicklung baulicher und kultureller Strukturen statt. Die Augmented Reality (AR)-Technologie eröffnet in diesem Kontext Möglichkeiten zur visuellen Unterstützung von Planungsprozessen und zur Erweiterung des städtischen Kulturgutes. Aktive Lichtmarker ermöglichen den Außeneinsatz der AR-Technologie im großen Maßstab.

Eine AR-Technologie mit aktiven Lichtmarkern befindet sich derzeit in der Entwicklung. Der folgende Beitrag geht systematisch auf die theoretischen Grundlagen ein, welche für die Entwicklung der Technologie zu berücksichtigen sind.

Im ersten Schritt werden mögliche Anwendungsszenarien für die AR-Technologie mit aktiven Lichtmarkern im städtischen Kontext vorgestellt. Es werden Potenziale und Chancen aufgezeigt, welche sich für Stadtplanung und kulturelle Entwicklung ergeben. Im zweiten Schritt werden anhand der einzelnen Szenarien technische Anforderungen betrachtet, die jeweils an die Technologie gestellt werden.

Der städtische Kontext umfasst lediglich einen Teilbereich des Anwendungsspektrums der Lichtmarker-Technologie. Daher ist dieser Beitrag als Auszug eines Katalogs von Anwendungsszenarien zu verstehen, der einführend einen Überblick für den Einsatz der Technologie in der Stadt bietet.

Die im Beitrag vorgestellten Ansätze erarbeitet das Fachgebiet Building Lifecycle Management (BLM) an der Architekturfakultät des Karlsruher Institutes für Technologie (KIT) derzeit im Rahmen eines Projektes, das sich mit der theoretischen Betrachtung von Anwendungsszenarien einer zu entwickelnden Lichtmarker-Technologie für die Darstellung von Augmented Reality Szenen befasst. Das durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) geförderte Forschungsprojekt ist eine Kooperation zwischen dem Karlsruher Institut für Technologie und der Firma iXpoint Informationssysteme GmbH, welche die Produktentwicklung der Lichtmarker-Technologie durchführt. Eine Grundlagenforschung erfolgte bereits im Rahmen des Projektes „Flying Augmented Reality“ (s. Koch 2013).

Keywords: Stadtmarketing, Öffentlichkeitsarbeit, aktive Marker, Augmented Reality, nachhaltige Stadtentwicklung

## 2 AUGMENTED REALITY (AR)

Augmented Reality bedeutet allgemein die Erweiterung der Realität um virtuelle Inhalte (z. B. 3D-modellierte Gebäude). Die Erweiterung ist ein kontinuierlicher Prozess, bei welchem die Erzeugung der Szene in Echtzeit abhängig vom Standpunkt des jeweiligen Betrachters stattfindet. Dabei wird eine Verschmelzung von Realität und Virtualität angestrebt. (vgl. Broll 2013)

Augmented Reality kann entsprechend der verwendeten technischen Ausstattung verschiedene Formen annehmen. Für ein breites Publikum bereits verfügbar ist die Video See-Through-AR, bei der die Überlagerung von Realität und Virtualität über die Aufnahme eines Videobildes erfolgt und mit handelsüblichen Handheld-Geräten, wie Smartphones oder Tablets, dargestellt werden kann. Die weite Verbreitung der Geräte macht diese Form für neue AR-Entwicklungen besonders interessant und wird deshalb in diesem Beitrag fokussiert. Um virtuelle Geometrien maßstäblich und perspektivisch korrekt mit der Realität überlagern zu können, ist eine Positions- und Orientierungsbestimmung des Anwenders bzw. dessen Blickpunktes erforderlich, das sogenannte Tracking. Da die meisten AR-Systeme mobil und ortsunabhängig einsetzbar sind, haben sich GPS-basierte, sensorbasierte (Sensoren des mobilen Endgerätes) und kamerabasierte (optische Verfahren) Tracking-Lösungen etabliert. (vgl. Broll 2013)

Optische Tracking-Verfahren erlauben gegenüber GPS- und sensorbasiertem Tracking eine höhere Genauigkeit und können flexibel eingesetzt werden, weshalb sie immer häufiger verwendet werden. Dabei

dienen Marker dazu, die Berechnungskomplexität zu verringern und bei unterschiedlichen Beleuchtungssituationen Fehleranfälligkeiten zu vermeiden. Diese Marker können passiv (nicht selbstleuchtend) oder aktiv (selbstleuchtend) sein. Im Bereich der AR handelt es sich bei passiven Markern vorwiegend um Schwarzweißmarker, die auf Papier ausgedruckt werden können. Sie kommen daher sehr häufig in eher kleinmaßstäblichen Szenen zur Anwendung. Als aktive Marker können beispielsweise elektrische Lichtquellen, Leuchtstäbe oder Infrarot-LEDs eingesetzt werden. (Grimm et al. 2013, 104 f.)

Aktive Marken bieten gegenüber passiven eine zuverlässigere Detektion, auch bei großmaßstäblichen Installationen im Außenbereich und können bei unbeleuchteten oder nächtlichen Szenen erkannt werden. Der Einsatz im Außenbereich ist jedoch stark von natürlichen Einflüssen abhängig. Derzeitige Systeme sind dadurch in ihrer Verwendbarkeit eingeschränkt. Als besonderes Potenzial für die Außenanwendung wird daher die Entwicklung der Lichtmarker-Technologie betrachtet.

## 2.1 Lichtmarker

Der zu entwickelnde Lichtmarker soll aus einer Anzahl von blinkenden Hochleistungs-LEDs bestehen. Durch eine Anpassung der Leuchtstärke an das jahres- und tageszeitlich schwankende Umgebungslicht soll die Erkennung der Lichtmarker im Außenraum verbessert werden. Um aus mehreren Richtungen erkannt werden zu können, soll der Lichtmarker in den gesamten oberen Halbraum strahlen. Die zuvor benannten Eigenschaften sollen eine Detektion der Lichtmarker mit handelsüblichen Mobilgeräten auch aus mehreren Metern Entfernung begünstigen, sodass eine Darstellung von virtuellen Geometrien im großen Maßstab städtischer Strukturen ermöglicht werden kann. Die Hinterlegung von Blinksequenzen macht einzelne Marker unterscheidbar und erlaubt dadurch eine gute Bestimmung der Raumkoordinaten. (vgl. Koch 2013)

Gegenüber anderen Markern ergeben sich einige zusätzliche Herausforderungen. Aktiv leuchtende Marken benötigen eine Energieversorgung beispielsweise in Form von Batterien, Netzanschluss oder Solarpaneelen. Weiterhin muss eine ausreichende Kühlung stattfinden können. Ein dauerhafter, fehlerfreier Betrieb erfordert Wartungsintervalle. Daraus können höhere Herstellungs-, Beschaffungs- und laufende Kosten als bei anderen Markern entstehen. Darüber hinaus können beim Einsatz im Straßenraum neue Gefahrensituationen für Passanten oder Verkehrsteilnehmer durch Blendung oder Irritation entstehen. Aber auch für Anwender oder Teilnehmer einer AR-Szene kann Gefahr durch Ablenkung entstehen.

Dennoch bieten aktiv leuchtende LED-Marker großes Potenzial für den Einsatz im Außenbereich, da sie im Gegensatz zu anderen Verortungssystemen einen Mehrwert durch höhere Tracking-Genauigkeit und gute Detektion auch bei ungünstigen Außeneinflüssen erwarten lassen. Im Projekt liegt darum ein Schwerpunkt auf der Entwicklung einer professionell anwendbaren Lichtmarker-AR-Technologie für den Außenraum.

## 3 POTENZIALE DER AR-TECHNOLOGIE

Augmented Reality ist eine Form der Visualisierung aus der Ich-Perspektive, die sowohl zur Unterhaltung als auch auf professioneller Ebene eingesetzt werden kann. Aktuelle Entwicklungen reichen beispielsweise von Videospiele (z. B. Pokémon Go) über fiktive Trainingseinheiten für Einsatzkräfte (z. B. der Feuerwehr) bis hin zur Unterstützung chirurgischer Eingriffe in der Medizin (vgl. Broll 2013, 288 ff.).

Die bildhafte Überlagerung von Realität und Virtualität in Echtzeit und die Mobilität der Technik bieten dabei einerseits die Möglichkeit, Unterhaltungsmedien physisch erlebbar und interaktiv zu gestalten und andererseits können komplexe Zusammenhänge visuell veranschaulicht und individuell erkundet werden. Die Visualisierung unterstützt dabei das Verstehen und Begreifen und kann somit die Informationsaufnahme merklich verkürzen (vgl. Stankowski 1994, 20). Der hohe Grad an Immersion<sup>1</sup>, der durch die Verschmelzung von Realität und Virtualität erreicht werden kann, verspricht diesen Prozess noch weiter zu beschleunigen.

Deshalb eignet sich AR als interaktives visuelles Kommunikationsmittel. Diese Eigenschaft ist insbesondere für den Architektur- und Stadtplanungssektor interessant. Visualisierungen gehören zu den fachspezifischen Kommunikationsmitteln, die sowohl für den fachlichen Austausch als auch für die Kommunikation mit dem Laien genutzt werden. Für einen konstruktiven Diskurs kommt der Visualisierung damit eine besondere Wichtigkeit zu. Man kann sogar von „einer Art universell einsetzbarer Sprache“ (Anders et al. 2013c, 233) sprechen, die durch AR auf eine noch anschaulichere und verständlichere Ebene gehoben werden kann. Dennoch ist AR auf diesem Anwendungsgebiet noch wenig populär. Die zu erwartende höhere

---

<sup>1</sup> das Eintauchen des Nutzers in die Szene

Verfügbarkeit an virtuellen Gebäudemodellen durch die Etablierung des Building Information Modeling (BIM) kann jedoch die Durchsetzung von AR als Visualisierungsmethode begünstigen.

Eine zuverlässige Funktionstüchtigkeit der AR im Außenraum erweitert die Potenziale für den Unterhaltungssektor und den professionellen Einsatz. Durch die zuverlässige Verwendbarkeit sind feste und dauerhafte Installationen möglich. Das macht die AR-Technologie mit aktiven Markern alltagstauglich und befähigt zu einer zeitunabhängigen, öffentlichen Nutzung für jedermann. Außerdem ermöglicht eine Distanz von mehreren Metern des Betrachters zu den Markern die Darstellung und das Erfassen von realmaßstäblichen Strukturen (z.B. einem fiktiven Reihenhaus im Maßstab 1 zu 1 oder einer Kunstinstallation auf einem öffentlichen Platz).

In Bezug auf den Bausektor ergeben sich durch Überlagerung vor Ort in Echtzeit insbesondere Potenziale bei der Realisierung. Das können beispielsweise die Verfolgung des Fertigstellungsgrades oder die frühzeitige Detektion von Fehlern sein. Für die Stadt selbst ergeben sich Potenziale, die im Bereich der häufig schwierigen Kommunikation zwischen Experten und Laien bei Planungsprozessen und im Bildungs- und Unterhaltungssektors anzusiedeln sind und in diesem Beitrag fokussiert werden.

Es folgt eine Betrachtung möglicher Anwendungsszenarien für die AR-Technologie mit aktiven Markern im Kontext der Stadtentwicklung.

## 4 POTENZIALE DER AR-TECHNOLOGIE MIT AKTIVEN MARKERN IN DER STADT

Im Feld der Stadtentwicklung eröffnen sich zwei übergeordnete Aktionsbereiche, die ein hohes Potenzial zur Erzeugung eines Mehrwertes durch den Einsatz einer großmaßstäblichen, lichtmarkerbasierten Augmented Reality-Technologie erwarten lassen: (1) Öffentlichkeitsbeteiligung und (2) Stadtmarketing. Dieser Abschnitt beschreibt die Aktionsbereiche anhand ihrer Relevanz für die Stadtentwicklung und der Potenziale und Chancen, die durch den Einsatz der AR-Technologie mit aktiven Markern entstehen.

### 4.1 Aktionsbereich Öffentlichkeitsbeteiligung

#### 4.1.1 Hintergründe und Relevanz

Stadtentwicklung ist ein vielschichtiger, gesamtgesellschaftlicher Prozess, der eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit verschiedenen Interessen und Belangen einzelner Gruppen erfordert. Die Ermittlung dieser Interessen und Belange und eine gerechte Abwägung untereinander und gegeneinander ist über das Baugesetzbuch geregelt (Anders et al. 2013b, 199). Diese Definition deutet an, dass Stadtentwicklung ein multidisziplinäres Aktionsfeld von Akteuren mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Interessen darstellt, die an sozialen, kulturellen, ökonomischen, ökologischen und baulichen Prozessen mitwirken können und sollten. Die Komplexität und Vielschichtigkeit der Planung erfordert sogar die Integration der Öffentlichkeit mit ihrem Wissen und Erfahrungen für eine nachhaltige Entwicklung. Aus sozial-psychologischer Sicht hat eine Integration der Öffentlichkeit in Planungsprozesse darüber hinaus das Potenzial, eine Identifikation mit den Projekten herbeizuführen, sodass die Bereitschaft, die Projektziele zu erreichen, zunimmt und die Chancen der Umsetzung steigen (Anders et al. 2013a, 85).

In diesem Zusammenhang sind durch die Gesetzgebung bereits eine Reihe von formellen Beteiligungsformen festgelegt. In deutschen Rechtsnormen ist eine formelle Beteiligung beispielsweise in Planfeststellungsverfahren (vgl. VwVfG), der Bauleitplanung und der städtebaulichen Sanierung und Entwicklung (beide vgl. BauGB) vorgesehen. Die Beteiligungsformen reichen von Anhörungsverfahren über frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bis zur lediglichen Information der Öffentlichkeit, Behörden und Träger öffentlicher Belange. Darüber hinaus haben benachbarte Grundstückseigentümer bei Baugenehmigungsverfahren das Recht auf Information und Einspruch (vgl. LBO BW).

Diese Darlegung deutet bereits an, dass formelle Öffentlichkeitsbeteiligung einerseits lediglich eine informierende Funktion einnimmt und andererseits aber auch eine intensive Partizipation anstrebt. Leider ist die praktische Umsetzung dennoch häufig divergierend und wird nur der informierenden Dimension gerecht. Interessant ist das steigende, vehemente Bestehen der Bürger auf die Wahrung ihrer Rechte in Bezug auf Information und Mitbestimmung (Weinstock 2013, 83). Eine Studie im Auftrag des Zentralen Immobilien Ausschusses e. V. (ZIA) zeigt, dass die Mehrzahl der befragten Bürger wünschen, ihr persönliches Lebensumfeld mitzugestalten und auch bereit sind, sich dafür zu engagieren (Articus 2013, 64).

Für eine nachhaltige Stadtentwicklung liegt es daher nahe, eine Öffentlichkeitsbeteiligung über die Möglichkeiten formeller Beteiligungsformen auszuweiten. Es existieren bereits zahlreiche, erprobte Methoden und Formate intensiver informeller Partizipationsformen (vgl. Senatsverwaltung 2012, 321 ff.).

Trotz des bekundeten Interesses nimmt aber häufig nur ein begrenzter Bürgerkreis tatsächlich die angebotenen Beteiligungsmöglichkeiten wahr (Articus 2013, 64). Weiterhin ist zu beobachten, dass eine Partizipation in frühen Planungsphasen eher gering einzuschätzen ist, während das Interesse kurz vor dem Realisierungsbeginn am größten scheint. Gründe dafür können die Abstraktheit früher Planungsphasen und lange Realisierungsphasen sein (Weinstock 2013, 85). Dabei wird gerade der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung das größte Erfolgspotenzial und die größte Einflussnahme zugeschrieben, da hier bereits grundlegende Entscheidungen mit Auswirkungen auf soziokulturelle Aspekte, Ökologie und Ökonomie getroffen werden (vgl. Messerschmidt et al. 2013, 43).

Die Aufgabe des Planers liegt dabei im Interesse einer nachhaltigen Stadtplanung nicht nur in der Konzipierung eines gestaltgebenden Entwurfes, sondern auch in der Organisation eines vielschichtigen Planungsverfahrens und der Moderation eines interdisziplinären Planungsteams und öffentlicher Akteure (Bott et al. 2013, 93). Dieser Vorgang erfordert eine Vermittlung zwischen einer Vielzahl an Interessen und Akteuren, die sich aus Fachplanern (berufständische Experten) und Vertretern der Bürgerschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand (überwiegend als planungsfachliche Laien einzustufen) zusammensetzen. Die inhomogene fachliche Wissensgrundlage der verschiedenen Akteure generiert für den Planer einen enormen Kommunikationsaufwand, um ein gemeinsames Wissensniveau aufzubauen, das dazu befähigt auf Augenhöhe zusammenzuarbeiten und mündige Entscheidungen treffen zu können (Frielinghaus 2013, 98). Für einen konstruktiven Austausch sollte eine Vertrauensbasis zwischen Experten und Laien aufgebaut werden, da die vom Laien empfundene fachliche Überlegenheitsposition des Experten zu Misstrauen und Missverständnissen führen kann. Eine Überwindung des Wissensgefälles kann durch die Schaffung einer neutralen Zone mittels kommunikativer Methoden erreicht werden, die eine Partizipation zulassen, ohne das Gefühl zu generieren, belächelt oder beschämt zu werden (Scarpa 2010, 267, 271). Klassische fachliche Kommunikationsmittel können für diese Problemstellung nur bedingt eine Lösung darstellen. Auch etablierte starre Visualisierungsmethoden, wie Renderings und Animationen, beschreiben lediglich beschränkte Blickwinkel von zukünftigen baulichen Eingriffe aus Expertenperspektive.

#### 4.1.2 Potenziale durch die AR-Technologie mit aktiven Markern/Anwendungsszenarien

Ein größeres Potenzial besteht in der spielerischen Erlebarmachung eines Bauwerkes mit der Möglichkeit eigener Interaktion und individueller Bewegungsmöglichkeiten. Die AR-Technologie mit aktiven Markern bietet in diesem Feld eine niederschwellige Möglichkeit, sich frühzeitig mit der räumlichen und ästhetischen Wirkung von baulichen Eingriffen direkt vor Ort auf Augenhöhe mit den Planungsfachleuten auseinanderzusetzen. Aus der jedermann vertrauten Ich-Perspektive kann die tatsächliche Wirkung eines zukünftigen baulichen Eingriffes von Laien besser erlebt und persönlich bewertet werden, da durch die Projektion virtueller Inhalte in eine reale Szene ein hoher Grad an Immersion erreicht werden kann. Das befähigt Planer, ihre Vorhaben anschaulicher einem Laienpublikum zu erläutern und eine konstruktivere Diskussion anzustoßen. Die hohe graphische Qualität digitaler Medien und Videospiele erhöht aber auch die Ansprüche der Laien an die graphische Aufarbeitung der AR-Szene. Interaktionen, beispielsweise in Form von Projektion unterschiedlicher Modellvarianten oder direkter Bearbeitung der virtuellen Modelle, können eine unmittelbare Erarbeitung gemeinsamer Lösungen während einer Planungsveranstaltung fördern. Die Möglichkeit der Nutzung von Handheld-Geräten, wie Smartphones oder Tablets, für die AR-Technologie mit aktiven Markern und die Verbreitung dieser Geräte in der Bevölkerung lassen eine hohe Akzeptanz der Technologie erwarten. Durch die Vertrautheit mit den Handheld-Geräten und den dadurch intuitiven Umgang mit dieser Technik könnte im Idealfall auch die Hürde, sich aktiv in öffentlichen Bauvorhaben zu engagieren, überwunden werden. Der Spaßfaktor, der ähnlich wie bei einer Spielekonsole entstehen kann, könnte auch jüngere, auf diesem Genre geübte Gruppen zu einer Beteiligung animieren und Jugendlichen die Chance geben, einen höheren Realitätsbezug und Spürsinn für ihre bauliche Umwelt herzustellen.

Im Umkehrschluss können, durch das erwartete höhere Verständnis des Laien für die planerische Aufgabe, Wünsche und Bedenken klarer spezifiziert werden, was deren Integration in die Planung erleichtern kann. Weiterhin kann der Vermittlungsaufwand für den Planer teilweise vereinfacht werden. Je nach aufbereitetem Informationsgehalt der AR-Szene könnten interessierte Laien auch ohne moderierten Input eines Experten

einen geplanten baulichen Eingriff zeituunabhängig vor Ort erkunden. Die AR-Technologie mit aktiven Marken birgt für den Einsatz im Stadtraum also das Potenzial, eine neue Verfahrensqualität bei Öffentlichkeitsbeteiligungen zu etablieren.

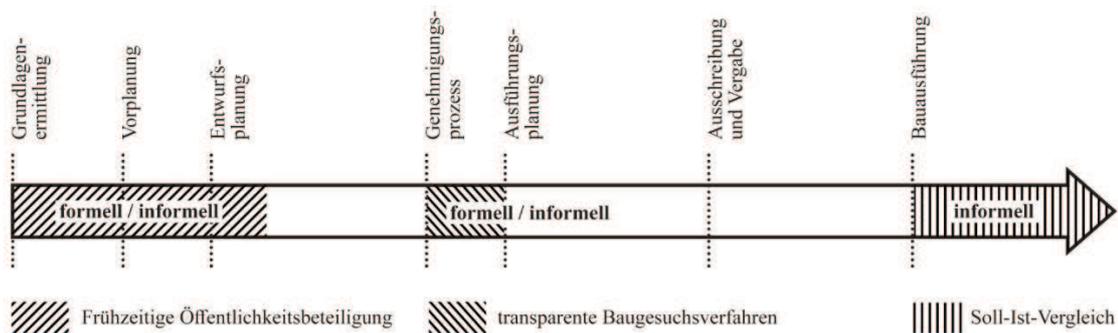


Abb. 1: Zeitliche Einordnung von Öffentlichkeitsbeteiligung während des Gesamtprojektablaufes

Mögliche Anwendungsszenarien der AR-Technologie mit aktiven Marken in der Öffentlichkeitsbeteiligung lassen sich in drei Stufen während des Planungsprozesses gliedern (Abb. 1): Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung in den ersten Planungsphasen, im Zuge von Baugesuchsverfahren und während der Bauausführung zur Verfolgung des Fertigstellungsgrades eines Bauvorhabens (Soll-Ist-Vergleich).

Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung meint den Zeitraum von der Initiierung eines Projektes, über die Vorplanung und zu Beginn der Entwurfsplanung. Virtuelle Geometrien, die in die in der augmentierten Szene dargestellt werden, können von einfachen „Klötzchen“-Modellen bei der Grundlagenermittlung bis hin zu einem ausformulierten Baukörper während der Entwurfsphase reichen. Die Veranschaulichung durch die AR-Technologie mit aktiven Marken ermöglicht es, die Arbeitsprozesse zu vereinfachen und die Effizienz zu steigern.

Der Einsatz dieser Technologie im Rahmen von Baugesuchsverfahren bietet sowohl für Vertreter der öffentlichen Hand als auch für Angrenzer die Möglichkeit, sich bei geplanten Eingriffen vor ihrer Einwilligung ein möglichst realitätsnahes Bild von der zukünftigen Situation machen. Dadurch kann die Transparenz im Genehmigungsprozess erheblich erhöht werden – was beispielsweise bei geplanter Unterschreitung der Abstandsflächen oder bei Befreiungen und Abweichungen vom Bebauungsplan notwendig ist, sollten öffentlich-rechtlich gesicherte Interessen der Angrenzer betroffen sein.

Die Verfolgung des Fertigstellungsgrades eines Bauvorhabens mittels einer AR-Technologie mit aktiven Marken für den Einsatz im Stadtraum kann während der Bauphase zur Verfügung gestellt werden. Sie kann als spielerischer Informationskanal dienen und die Transparenz für die interessierte Öffentlichkeit erhöhen. Durch die gebotene Interaktionsmöglichkeit besteht die Aussicht, die Toleranz gegenüber persönlichen Beeinträchtigungen während langer Realisierungsphasen zu stärken, da Fortschritte aus erster Hand mitverfolgt werden können.

## 4.2 Aktionsbereich Stadtmarketing

### 4.2.1 Hintergründe und Relevanz

Soziale und wirtschaftliche Kriterien sind wichtig für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Sie richten sich sowohl an die Belange der Stadtbürger selbst als auch an Besucher. Für ihre Bürger stiftet eine nachhaltige soziale Stadt ein Gefühl von Heimat und bietet Möglichkeiten zur Identifikation mit dem Lebensraum. Ein Heimatgefühl kann dort entstehen, wo sich die unverwechselbare bauliche Struktur und Kultur zu einer lokalen Identität verbinden. Dazu zählen unter anderem der historische Stadtgrundriss, Bauten und Stadträume aber auch die Geschichte, Inszenierungen und Stadtevents. Ein anderer Aspekt der sozialen Stadtentwicklung ist die wachsende Bedeutung des öffentlichen Raumes, der zunehmend von Stadtbürgern als Erholungs-, Begegnungs- und Kommunikationsfläche beansprucht und als Erweiterungsfläche privaten Wohnens betrachtet wird. (vgl. Harlander 2013, 51) Für Besucher bietet die Stadt kulturelle Weiterbildungs- oder Freizeitgestaltungsmöglichkeiten, was der Stadt im Umkehrschluss wirtschaftliche Wertschöpfung sichert.

Das Stadtmarketing ist dabei ein Instrument, die lokale Identität der Stadt zu stärken, weiterzuentwickeln und zu kommunizieren. Die Stadt kann dadurch zu einer Art Marke wachsen, was ihre Bekanntheit steigert

und sie an positive Assoziationen knüpft. Positive Assoziationen wirken sich nicht nur nach außen (z. B. auf den Tourismus) aus, sondern können auch den Stadtbürgern selbst ein Gefühl von Gemeinschaftlichkeit geben und die Identifikation mit der Stadt fördern. (vgl. Schneider 2007, 73, 75)

#### 4.2.2 Potenziale durch die AR-Technologie mit aktiven Markern / Anwendungsszenarien

Die AR-Technologie mit aktiven Markern für die Anwendung im Außenraum hat das Potenzial in diesem Kontext neue Qualitäten zu erzeugen. Das Kulturgut der Stadt kann um großmaßstäbliche virtuelle Inhalte erweitert werden, die durch Zerstörung oder Modifikation nicht mehr greifbar sind oder die eine fiktive Perspektive eröffnen. Diese Technologie stellt also ein neues attraktives Format für die Vermittlung von historischem und kulturellem Wissen bereit. Gleichmaßen wie die Technologie zur Darstellung geplanter zukünftiger Gebäudestrukturen in realmaßstäblichen Szenen aus der Ich-Perspektive befähigt, können auch historische Bauzustände einzelner Quartiere, Bauten oder Anlagen, die als virtuelles Modell aufgearbeitet wurden, auf diese Weise im Stadtraum visualisiert werden. Ein Alleinstellungsmerkmal ist dabei, dass historische Informationen nicht mehr nur in Museen anhand von starren kleinmaßstäblichen Modellnachbildungen oder Visualisierungen nachvollzogen werden müssen, sondern direkt im Stadtraum an ihrer Originalposition erlebbar gemacht werden und nach Bedarf des Betrachters unabhängig von Öffnungszeiten und Tageszeit auf spielerische Art und Weise erkundet werden können. Stadtbürger und Besucher können mit dem realen und fiktiven Stadtraum direkt in Interaktion treten und in eine andere Epoche eintauchen. Die virtuellen baulichen Strukturen können ergänzend um dynamische, animierte Sonderelemente angereichert werden. So können beispielsweise Besucher von Schlössern, Burgen, mittelalterlichen Städten, Freilichtmuseen oder auch von landschaftlichen Schauplätzen bedeutende historische Ereignisse auf einer physisch erfahrbaren Ebene erleben. Ähnlich der historischen Ereignisse könnten als neues Kunst- und Unterhaltungsmedium fiktive Inszenierungen (vergleichbar zu Film und Theater), Spiele oder interaktive Installationen in augmentierten Umgebungen im Stadtraum erlebt werden. Solche Produktionen könnten sowohl "on demand" zeitlich unabhängig wie auch als "Livecast" zur Verfügung gestellt werden. Diese Attraktionen, insbesondere die Darstellung historischer Bauzustände, erheben den Anspruch auf Einzigartigkeit, da sie ein exklusives Kulturgut der einzelnen Stadt darstellen. Die spielerische Herangehensweise und der Spaßfaktor, der durch die Nutzung einer zeitgemäßen Technik entsteht, verspricht eine positive Resonanz beim Publikum. Die Technologie kann so die Markenbildung der Stadt unterstützen und durch die Erlebarmachung der Stadtgeschichte die Identifikation der Bürger mit der Stadt und ihr Heimatgefühl stärken.

## 5 ANFORDERUNGEN AN DIE AR-TECHNOLOGIE MIT AKTIVEN MARKERN

Dieser Abschnitt gibt die Einschätzung der technischen Anforderungen wieder, die für eine Anwendung im jeweiligen Szenario bedeutsam erscheinen.

### 5.1 Definition der technischen Anforderungen: Qualitätsmerkmale und Kano-Modell

Der qualitative Wert eines Produktes für den Anwender kann anhand seiner Zufriedenheit mit den Produkteigenschaften gemessen werden. Als Grundlage zur Einschätzung der Zufriedenheit kann das Kano-Modell herangezogen werden. Um eine möglichst hohe Zufriedenheit bei der Anwendung der AR-Technologie mit aktiven Markern zu erreichen, werden daher Qualitätsmerkmale (Produkteigenschaften) definiert, die je Anwendungsszenario nach den Qualitätsattributen des Kano-Modells bewertet bzw. kategorisiert werden. Das Kano-Modell beschreibt die Qualitätsattribute wie folgt:

Basismerkmale werden implizit vorausgesetzt. Bei Erfüllung erzeugen sie keine höhere Zufriedenheit, bei nicht Erfüllung aber unmittelbar Unzufriedenheit. Leistungsmerkmale zeigen einen linearen Zusammenhang zwischen Erfüllung und Zufriedenheit und werden bewusst verlangt. Begeisterungsmerkmale erzeugen bei Erfüllung eine hohe Zufriedenheit oder Begeisterung, bei nicht Erfüllung wird aber nicht unbedingt Unzufriedenheit erzeugt. Das Merkmal wird nicht erwartet und erzeugt darum bei Erfüllung Begeisterung. Unerhebliche Merkmale sind nicht relevant. Sie erzeugen bei Erfüllung oder nicht Erfüllung weder Zufriedenheit noch Unzufriedenheit. Rückweisungsmerkmale sind nicht vorhanden und erzeugen dadurch Zufriedenheit. Bei Erfüllung entsteht Unzufriedenheit und damit Ablehnung. (Hölzing 2008, 77 ff.)

Aus den Qualitätsmerkmalen und deren Kategorisierung nach den Objektattributen von Kano lassen sich Tendenzen für die anzustrebende Entwicklungsebene einzelner technischer Eigenschaften der AR-

Technologie mit aktiven Markern ableiten (Definition der technischen Anforderungen). Die Qualitätsmerkmale werden anhand der Literaturrecherche zum Thema AR und der eingeschätzten Subjekt-Objekt-Beziehung bestimmt. Es werden zwölf Merkmale eingeschätzt, die nachfolgend hierarchielos aufgeführt sind: Tracking; hohe Genauigkeit, gute Handlichkeit, Handheld-Verwendung, hohe Berechnungseffizienz, unbeleuchtete Szenen, Anpassung an die Umgebungshelligkeit, dynamische Helligkeitsregelung, netzunabhängige Stromversorgung, geringer Wartungsaufwand, keine zusätzlichen Schutzvorkehrungen, erhöhte Unfallgefahr und geringe Anschaffungskosten.

## 5.2 Aktionsbereich Öffentlichkeitsbeteiligung

### 5.2.1 Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung in formellen und informellen Verfahren

Eine hohe Genauigkeit beim Tracking kann nach Stand der Technik noch nicht als grundlegende Voraussetzung gesehen werden und wird deshalb als Leistungsmerkmal eingestuft. Von nachgeordneter Bedeutung und daher unerheblich ist die Handlichkeit, da eine feste Installation für einen längeren Zeitraum eingerichtet werden kann. Als Voraussetzung ist die Darstellung der Szene auf Handheld-Geräten zu sehen, da nur so eine breite Öffentlichkeit adressiert werden kann. Es stellt somit ein Basismerkmal dar. Eine hohe Berechnungsgeschwindigkeit erscheint nicht grundsätzlich vorausgesetzt zu sein, sodass sie als Leistungsmerkmal eingestuft wird. Eine Erweiterung des Visualisierungsspektrums stellen unbeleuchtete oder Nachtszenen dar, was als Begeisterungsmerkmal eingeschätzt wird. Als Basismerkmal einzustufen ist eine Anpassung und Regelung in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit für eine reibungslose Benutzung. Bei einer langfristigen Installation ist eine Stromversorgung über eine Kabelinstallation sinnvoll. Eine Akkuversorgung könnte hilfreich sein, wenn für den Test von Entwurfsvarianten eine Versetzung der Marken erforderlich sein sollte und wird als Leistungsmerkmal gewertet. Der aktive Marker sollte grundsätzlich wartungsarm und vor äußeren Einflüssen und Vandalismus geschützt sein. Diese Merkmale werden daher als Basismerkmale eingeordnet. Eine Unfallgefahr darf in jedem Fall nicht ausgelöst werden. Im Verhältnis zu anderen vergleichbaren Kostenstellen im Budget öffentlicher Planungen (Präsentationsmodelle, Werbefilme oder Informationskampagnen) sind die Anschaffungskosten der Technologie untergeordnet. Entscheidend ist hier eher der Nutzen bezüglich einer höheren Akzeptanz und einer reibungslosen Umsetzung von Projekten. (Abb. 2)

### 5.2.2 Baugesuchsverfahren: transparente Entscheidungsfindung

Die Tracking-Genauigkeit ist hier eher von untergeordneter Bedeutung und daher als Leistungsmerkmal einzugruppiert. Für eine mobile Anwendung werden Handlichkeit und Darstellung auf Handheld-Geräten vorausgesetzt, was sie als Basismerkmale einordnet. Unerheblich sind die Berechnungsgeschwindigkeit und die Darstellung unbeleuchteter Szenen. Voraussetzung für eine unkomplizierte Anwendung ist die Möglichkeit zur automatischen Anpassung und Regelung der Lichtstärke der aktiven Marker und somit als Basismerkmal zu werten. Weiterhin gelten als Voraussetzung und somit als Basismerkmal, eine netzunabhängige Stromversorgung, ein geringer Wartungsaufwand und ein ausreichender Schutz vor Umwelteinflüssen und Vandalismus. Auch hier dürfen keine Unfallgefahren entstehen, was dieses Merkmal als Rückweisungsmerkmal eingliedert. In diesem Bereich sind die Anschaffungskosten von größerer Bedeutung und sollten plausibel eingeordnet werden können. Eventuell können Mietmodelle interessant werden. Die Kosten sind deshalb als Leistungsmerkmal einzuschätzen. (Abb. 2)

### 5.2.3 Verfolgung des Fertigstellungsgrades eines Bauvorhabens (Soll-Ist-Vergleich)

Dieses Anwendungsszenario entspricht in größten Teilen den Anforderungen der frühzeitigen Bürgerbeteiligung (siehe 4.2.1). Abweichend kann jedoch festgestellt werden, dass von einer langfristigen Installation ausgegangen wird und eine flexible Versetzung der aktiven Marker nicht erforderlich ist. Daher ist eine Akkuversorgung als unerhebliches Merkmal einzustufen. Weiterhin variiert die Relevanz der Anschaffungskosten in Bezug auf die Gesamtprojektkosten je nach Größe des Projektes. Die Kosten sind daher als Leistungsmerkmal zu bewerten. (Abb. 2)

### 5.3 Aktionsbereich Stadtmarketing

#### 5.3.1 Historischer Bauzustand

Die hohe Tracking-Genauigkeit soll hier als Leistungsmerkmal gewertet werden, da sich die AR-Technologie mit aktiven Markern dadurch gegenüber anderen auszeichnet, die ebenfalls eine Verbreitung für diesen Anwendungsfall finden können (z. B. Mustererkennung). Es sind überwiegend dauerhafte Installationen zu erwarten, weshalb die Handlichkeit von geringerer Bedeutung einzuordnen ist. Eine Grundvoraussetzung ist die Darstellung auf Handheld-Geräten, um eine Anwendung einer größtmöglichen Gruppe zu ermöglichen und somit ein Basismerkmal. Die Berechnungsgeschwindigkeit kann als Leistungsmerkmal gewertet werden, da sie nicht als grundlegende Voraussetzung zu sehen ist. Eine bedeutende Steigerung des Erlebnispotenzials für den Anwender findet durch die Darstellung unbeleuchteter nächtlicher Szenen statt, was dieses Merkmal als Begeisterungsmerkmal ausweist. Eine Anpassung und Regelungsmöglichkeit der Leuchtstärke der aktiven Marker ist eine Voraussetzung und somit ein Basismerkmal. Bei Dauerinstallation ist eine netzunabhängige Stromversorgung irrelevant. Basismerkmale sind ein geringer Wartungsaufwand und Schutz vor Witterung und Vandalismus. Unfallgefahren sind grundsätzlich zu vermeiden. Auf die lange Zeitspanne der Installation bemessen, erscheinen die Anschaffungskosten der AR-Technologie mit aktiven Markern eher unerheblich, jedoch wird die Erstellung hochwertiger und detaillierter Modelle einen bedeutenden Kostenfaktor darstellen. (Abb. 2)

#### 5.3.2 Historische Ereignisse

Im Wesentlichen entspricht die Kategorisierung der Qualitätsmerkmale dem Szenario "Historischer Bauzustand". Abweichend sind jedoch eine sehr hohe Genauigkeit des Trackings und eine sehr hohe Berechnungseffizienz als Begeisterungsmerkmale zu werten. Eine hohe Tracking-Genauigkeit fördert die Immersion, die als wichtige Voraussetzung für dieses Szenario gesehen wird. Eine weitestgehend latenzfreie Darstellung dynamisch bewegter Objekte (z.B. Figuren) oder interaktiver Szenen durch eine hohe Berechnungseffizienz erhöhen den Spaßfaktor. Je nach Kontext können anstatt der Verwendung von Handheld-Geräten auch AR-Brillen beim Einsatz in Museen interessant sein. (Abb. 2)

#### 5.3.3 Kunst und Unterhaltung

Aufgrund der Verwandheit entsprechen die Qualitätsmerkmale bis auf eine Abweichung dem Szenario "Historische Ereignisse". Durch die eher zeitlich begrenzte oder kurzzeitige Installation im Rahmen eines Events ist die Handlichkeit als Leistungsmerkmal anzusetzen. (Abb. 2)

	Tracking: hohe Genauigkeit	gute Handlichkeit	Handheld-Verwendung	hohe Berechnungseffizienz	unbeleuchtete Szenen	Anpassung an Umgebungs-helligkeit	dynamische Helligkeitsregelung	netzunabhängige Stromversorgung	geringer Wartungsaufwand	keine zusätzlichen Schutzvorkehrungen	erhöhte Unfallgefahr	geringe Anschaffungskosten
Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung	L	U	B	L	E	B	B	L	B	B	R	U
transparente Baugesuchsverfahren	L	B	B	U	U	B	B	B	B	B	R	L
Soll-Ist-Vergleich	L	U	B	L	E	B	B	U	B	B	R	L
Historischer Bauzustand	L	U	B	L	E	B	B	U	B	B	R	U
Historische Ereignisse	E	U	B	E	E	B	B	U	B	B	R	U
Kunst und Unterhaltung	E	L	B	E	E	B	B	U	B	B	R	U

Merkmals-Kategorien: B = Basis; L = Leistung; E = Excitement (Begeisterung); U = Unerheblich; R = Rückweisung

Abb. 2: Kategorisierung der technischen Anforderungen an die AR-Technologie mit aktiven Markern nach dem Kano-Modell

## 5.4 Synthese der Anforderungen und Empfehlung

Die zuvor dargelegte Kategorisierung der Qualitätsmerkmale je Anwendungsszenario gibt eine nischenspezifische Einschätzung wieder. Für eine wirtschaftliche Nutzung sollte die AR-Technologie mit aktiven Markern jedoch szenarienübergreifend in der Stadtentwicklung eingesetzt werden können. Durch die Verwandheit der Szenarien ergeben sich hier bereits Konvergenzen. Für die voneinander abweichenden Qualitätsmerkmale wird eine Empfehlung ausgesprochen.

Konvergenzen ergeben sich bei den Merkmalen Handheld-Verwendung, Anpassung an die Umgebungshelligkeit, dynamische Helligkeitsregelung, geringer Wartungsaufwand, keine zusätzlichen Schutzvorkehrungen und erhöhte Unfallgefahr. Sie werden szenarienübergreifend als Basismerkmale eingeschätzt, mit Ausnahme der erhöhten Unfallgefahr, welche als Rückweisungsmerkmal eingestuft wird.

Als Ein- und Ausgabemedien sollten Handheld-Geräte im Mittelpunkt stehen, da sie durch ihre Verbreitung für einen großen Anwenderkreis verfügbar sind und dadurch eine Vertrautheit mit dem Medium vorausgesetzt werden kann. Zur Bedienung dieses Mediums wird somit kein Fachpersonal benötigt und kann deshalb von Planern und Bürgern gleichermaßen genutzt werden.

Die unterschiedlichen Belichtungssituationen je nach Tages- und Jahreszeit im Außenraum erschweren die Erkennbarkeit der aktiven Marker. Um häufige Benutzungsausfälle beispielsweise während Planungsbesprechungen zu vermeiden, sollte deshalb grundsätzlich in Abhängigkeit von der Belichtungssituation mit einer Anpassung der Leuchtstärke der aktiven Marker reagiert werden können. Die Anpassung sollte automatisch erfolgen, um den notwendigen Einsatz von Fachpersonal zu vermeiden.

Häufige Wartungen bedeuten einen Benutzungsausfall, schränken die Flexibilität der Verwendung ein und können hohe laufende Kosten erzeugen. Daher sollte grundsätzlich ein geringer Wartungsaufwand der aktiven Marker angestrebt werden.

Weiterhin sollte aufgrund der Anwendung im Außenraum ein Schutz vor Witterungseinflüssen und Vandalismus zur Grundausstattung gehören. Bei Fehlen wäre die Gebrauchsfähigkeit der aktiven Marker nicht gewährleistet.

Eine Unfallverhütung ist in Deutschland normativ vorgeschrieben. Deshalb sollten grundsätzlich keine Gefahren vom Gerät selbst ausgehen. Das betrifft zum einen die Verhinderung von Verletzungen durch beispielweise Stromschläge oder scharfe Kanten und zum anderen sollten geeignete Befestigungsmethoden gewählt werden, die einen sicheren Halt bieten.

Divergierend voneinander sind die Qualitätsmerkmale Tracking: hohe Genauigkeit, gute Handlichkeit, hohe Berechnungseffizienz, unbeleuchtete Szenen, netzunabhängige Stromversorgung und geringe Anschaffungskosten.

Je genauer virtuelle Objekte in einer realen Szene verortet werden können, desto besser kann ein Planer seinen Ideen Ausdruck verleihen und desto leichter kann ein Laie die virtuellen Inhalte begreifen. Eine hohe Tracking-Genauigkeit ermöglicht eine sehr exakte Positionierung des virtuellen Inhalts im realen Bildausschnitt und kann durch eine hohe Authentizität sogar Begeisterung auslösen. Betrachtet man die Tracking-Anforderung szenarienübergreifend wird aber eine Einschätzung als Leistungsmerkmal empfohlen. Das Merkmal bringt zwar einen Mehrwert für die Technologie gegenüber anderen Systemen, jedoch ist keine Notwendigkeit von Höchstleistungen für eine genaue Darstellung erkennbar.

Allgemein betrachtet ist überwiegend von einer festen Installation der aktiven Marker auszugehen. Um die einzelnen Marker dennoch auch spontan versetzen zu können und die Nutzbarkeit für Anwendungsfall „Baugesuchsverfahren“ zu sichern, sollte der Marker handlich sein. Daher sollte eine gute Handlichkeit als Basismerkmal eingeschätzt werden.

Durch eine hohe Berechnungseffizienz kann eine AR-Szene flüssiger in Echtzeit dargestellt werden. Das begünstigt das Hineinversetzen bzw. „Eintauchen“ in die Szene und kann den Spaßfaktor erhöhen. Gerade komplexe virtuelle Gebäudemodelle erfordern für eine flüssige Darstellung in Echtzeit eine hohe Rechenleistung. Werden die Szenarien miteinander verglichen, kann sich die Technologie über dieses Merkmal auszeichnen, jedoch sind auch hier Höchstleistungen für die Nutzbarkeit nicht vorauszusetzen. Das legt eine Einschätzung als Leistungsmerkmal nahe.

Unbeleuchtete Szenen im großmaßstäblichen Kontext sind noch weitestgehend unbekannt, stellen aber eine Erweiterung des Visualisierungsspektrums dar und können das Erlebnispotenzial steigern. Dieses fast schon Alleinstellungsmerkmal birgt hohes Potenzial bei Projekten im Stadtmarketingbereich. Die Technologie kann an dieser Stelle Begeisterung bei dem Anwender auslösen und sollte daher als Begeisterungsmerkmal eingestuft werden.

Eine netzunabhängige Stromversorgung ist szenarienübergreifend nicht grundsätzlich erforderlich. Sie trägt aber zur flexiblen und mobilen Anwendung der Technologie bei und sollte deshalb als Leistungsmerkmal angesehen werden.

Die Anschaffungskosten sollten geringgehalten werden. Je nach Größe eines Projektes kann das Verhältnis der Anschaffungskosten zum Gesamtbudget unverhältnismäßig hoch ausfallen. Deshalb wird die Einschätzung als Leistungsmerkmal empfohlen.

	Tracking: hohe Genauigkeit	gute Handlichkeit	Handheld-Verwendung	hohe Berechnungseffizienz	unbeleuchtete Szenen	Anpassung an Umgebungs-helligkeit	dynamische Helligkeitsregelung	netzunabhängige Stromversorgung	geringer Wartungsaufwand	keine zusätzlichen Schutzvorkehrungen	erhöhte Unfallgefahr	geringe Anschaffungskosten
Synthese der Szenarien	L	B	B	L	E	B	B	L	B	B	R	L

Merkmal-Kategorien: B = Basis; L = Leistung; E = Excitement (Begeisterung); U = Unerheblich; R = Rückweisung

 Mittelwert

 Übereinstimmung, kein Mittelwert

Abb. 3: Synthese aller Anwendungsszenarien

## 6 CONCLUSION

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine AR-Technologie mit aktiven Marken für den Einsatz im Stadtraum große Chancen für die Stadtentwicklung durch transparenter dargestellte Verfahren bei der Öffentlichkeitsbeteiligung birgt und eine Bereicherung des Kulturangebotes darstellen kann. Sie hat das Potenzial, die Kommunikation zwischen Experten untereinander als auch zwischen Experten und Laien zu vereinfachen und das Vertrauen der Stadtbürger in Planer und Entscheidungsträger zu stärken. Darüber hinaus besteht das Potenzial, die Identifikation der Bürger mit ihrer Stadt zu fördern und die Stadt als Marke zu festigen. Voraussetzung ist die Entwicklung einer technisch performanten und alltagstauglichen AR-Technologie mit aktiven Marken für den Stadtraum.

Im vorliegenden Kontext der Stadtentwicklung werden sich insbesondere Produkte und Technologien durchsetzen, die bei den Merkmalen Genauigkeit des Trackings, Berechnungseffizienz, Netzunabhängigkeit und geringe Anschaffungskosten wegweisend sind. Die Möglichkeit unbeleuchtete Szenen zu erzeugen wird ein Alleinstellungsmerkmal der aktiven Markertechnologie in diesem Anwendungsbereich sein.

## 7 REFERENCES

ANDERS, Stephan (2013a); WITTSTOCK, Bastian: Prinzipien. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 84-91. München, 2013.

ANDERS, Stephan (2013b); BOTT, Helmut; CHURCH Dominic; GRASSL, Gregor C.; MESSERSCHMIDT, Rolf: Umsetzungsstrategien. Akteure, Leitbilder und Instrumente. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 198-205. München, 2013.

ANDERS, Stephan (2013c); MESSERSCHMIDT, Rolf: Werkzeuge. Visualisierung. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 230-233. München, 2013.

ARTICUS, Stephan: Bürgerbeteiligung in der Stadtentwicklung. In: ZIA: Bürgerbeteiligung in der Projektentwicklung., pp. 62-71. Köln, 2013.

BOTT, Helmut; SIEDENTOP, Stefan: Regional-, Stadt- und Quartiersplanung. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 92-101. München, 2013.

BROLL, Wolfgang: Augm. Reality. In: Dörner, Ralf et al. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality, pp. 241-294. Heidelberg., 2013.

FRIELINGHAUS, Michael: Der Bürger als Experte. Einfluss von Bürgerbeteiligung auf Architektur und Baukultur. In: ZIA: Bürgerbeteiligung in der Projektentwicklung, pp. 95-100. Köln, 2013.

GRIMM, Paul; HEROLD, Rigo; HUMMEL, Johannes; BROLL, Wolfgang: VR-Eingabegeräte. In: Dörner, Ralf et al. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality, pp. 97-125. Heidelberg, 2013.

- HARLANDER, Tilman: Herausforderungen. Mensch und Soziokultur. Soziales Gefüge. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 47-51. München, 2013.
- HÖLZING, Jörg A.: Die Kano-Theorie der Kundenzufriedenheitsmessung. Wiesbaden, 2008.
- KOCH, Volker: Flying Augmented Reality. In: [http://blm.ieb.kit.edu/536\\_540.php](http://blm.ieb.kit.edu/536_540.php). Aufgerufen am 12.06.2017.
- MESSERSCHMIDT, Rolf; VON ZADOW, Andreas: Herausforderungen. Prozesse und Beteiligung. In: Bott, Helmut et al. (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung: Konzepte für nachhaltige Quartiere, pp. 42-45. München, 2013.
- SCARPA, Ludovica: Kommunikation und Stadtentwicklung. Für eine Wunschkultur in der Kommunikation. In: Becker, Elke et al. (Hrsg.): Stadtentwicklung, Zivilgesellschaft und bürgerliches Engagement, pp. 265-276. Stuttgart, 2010.
- SENATSWERWALTUNG für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Handbuch zur Partizipation. 2. Aufl. Berlin, 2012.
- SCHNEIDER, Helmut: Die Stadt als Marke. In: Greipl, Erich et al. (Hrsg.): Zukunft der Innenstadt. Herausforderungen für ein erfolgreiches Stadtmarketing, pp. 73-77. Wiesbaden, 2007.
- STANKOWSKI, Anton: Visualisierung. In: Stankowski, Anton/ Duschek, Karl: Visuelle Kommunikation. Ein Design-Handbuch, pp. 20-52. 2. Aufl. Berlin, 1994.
- WEINSTOCK, Marc: E-Partizipation. Neue Möglichkeiten der Bürgerbeteiligung bei städtebaulichen Projekten. In: ZIA: Bürgerbeteiligung in der Projektentwicklung, pp. 83-88. Köln, 2013.