Nutzung von mobilen Augmented-Reality-Technologien in der Architekturvisualisierung

Sebastian Steiner & Jakob Doppler

Fachhochschule St. Pölten,
IC\M/T – Institut für Creative\Media/Technologies

office@sebastiansteiner.com, jakob.doppler@fhstp.ac.at

Zusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Verwendung mobiler Augmented-Reality-(AR-) Applikationen zum Zweck der Architekturvisualisierung. Augmented Reality soll dem Menschen ermöglichen, seine wahrgenommene Realität durch virtuelle Inhalte und Informationen zu erweitern. Durch die steigende Leistungsfähigkeit mobiler Prozessoren und die Integration von Positionssensoren und Kameras in Smartphones und Tablets ist es möglich, Augmented-Reality-Technologie in mobilen Applikationen zur Darstellung komplexer 3D-Modelle einzusetzen. Da in der Architekturvisualisierung häufig Objekte in ihrem räumlichen Kontext dargestellt werden müssen, bietet sich der Einsatz mobiler AR-Lösungen an. In dieser Arbeit wird dargelegt, ob Augmented Reality auf mobilen Endgeräten sinnvoll zur Darstellung von 3D-Objekten aus dem Architekturbereich eingesetzt werden kann. Nach einer Einleitung zum Thema Augmented Reality wird der Stand der Technik mobiler AR-Applikationen beschrieben. Für den Anwendungsfall Architekturvisualisierung werden in weiterer Folge Beweggründe für den Einsatz von AR-Technologie sowie potenzielle Problemfelder aufgeführt. Um den Einsatz von Augmented Reality umfassender bewerten zu können, wird schlussendlich auf den konkreten Entwicklungsprozess einer entsprechenden Prototyp-Applikation näher eingegangen.

1 Einleitung

Bereits vor ungefähr 25 Jahren begann die Forschungsarbeit im Bereich der erweiterten Realität, auch Augmented Reality (AR) genannt (Wagner, 2007). Versucht wird dabei, eine Erweiterung der realen Umgebung durch virtuelle Informationen und Objekte zu erreichen. Ein konkretes Ziel vieler Arbeiten

war, neue Mensch-Maschine-Schnittstellen für verschiedene Anwendungsfälle zu entwickeln. Als mögliche Einsatzbereiche wurden etwa komplexe Fertigungs- und Wartungsarbeiten sowie militärische Systeme betrachtet. Der Einsatz von Augmented-Reality-Technologie für private Anwender wurde für relativ lange Zeit nicht beachtet. So wurden Themen wie Usability und soziale Akzeptanz wenig Interesse geschenkt. Mit der Entwicklung mobiler Mehrkernprozessoren, der Integration schneller Grafikchips und der Verwendung HD-fähiger Kamerasensoren konnten die 3D-Darstellungsleistung und die Erkennung visueller Marker verbessert werden. Mobile AR-Applikationen sind dadurch heutzutage in der Lage, komplexe 3D-Visualisierungen zu realisieren. Aufgrund dieser Voraussetzungen ist auch der Einsatz von Augmented Reality in der Architekturvisualisierung denkbar geworden. Im Rahmen dieser Arbeit wird dargelegt, inwieweit Augmented Reality auf mobilen Endgeräten eine sinnvolle Möglichkeit zur Visualisierung von 3D-Objekten aus der Architektur darstellt. Durch die Beschreibung des Entwicklungsverlaufs eines mobilen Augmented-Reality-Prototyps werden schlussendlich auch die praktischen Erfahrungen aus der Umsetzung eines solchen Systems präsentiert.

2 Umfeldanalyse

Bereits seit einigen Jahren existieren Konzepte und konkrete Projekte, um komplexe Arbeitsabläufe durch Augmented-Reality-Systeme zu vereinfachen. In verschiedenen Industriezweigen sollen Arbeiter durch diese intuitiven Darstellungsmöglichkeiten in ihrer Arbeit unterstützt werden. Die verwendeten AR-Systeme sind dabei meistens für ganz bestimmte Anwendungsszenarien optimiert. Schall et al. stellten beispielsweise im Jahr 2009 ein AR-System vor, um Arbeiten an im Erdreich verlegten Rohren und Kabeln zu vereinfachen (Schall et al., 2009).

Hincapié et al. beschrieben im Jahr 2011 mehrere Anwendungsmöglichkeiten für Augmented-Reality-Systeme bei Wartungsarbeiten in der Luftfahrt. Als Vorteil wird die Qualitätsverbesserung der durchgeführten Arbeiten beschrieben, was zu Kostenersparnissen und einer erhöhten Ausfallsicherheit führen kann. Nachteilig werden Geschwindigkeitsprobleme der Programme sowie unhandliche Darstellungsgeräte festgestellt (Hincapié et al., 2011).

Mobile Augmented-Reality-Systeme sind mittlerweile in Form von nativen, mobilen Applikationen relativ weit verbreitet. Die Systeme sind speziell für einzelne mobile Betriebssysteme implementiert und auf die jeweils zur Verfügung stehenden Libraries und APIs optimiert. Im App Store und auf Google Play, den Applikations-Marktplattformen der mobilen Betriebssysteme iOS und Android, finden sich mit Stand Oktober 2012 Augmented-Reality-Applikationen in vielen unterschiedlichen App-Kategorien. Sie dienen zur Navigation, finden Verwendung in Spielen und unterstützen Marketing-Kampagnen. Die derzeit auf Android und iOS verfügbaren mobilen AR-Applikationen lassen sich grundsätzlich in zwei Kategorien einordnen: markerbasierte- und nicht-markerbasierte Applikationen.

Markerbasierte Anwendungen stellen im Normalfall 3D-Objekte in einer realen Umgebung dar. Durch Tracking der aktuellen Geräteposition werden die virtuellen Objekte in Echtzeit transformiert. Die Darstellung und Transformation von 3D-Objekten in Verbindung mit der konstanten Berechnung zu Positions- und Sichtfeldänderungen stellen hohe Rechenanforderungen dar. Applikationen dieser Kategorie zeigen daher meistens nur wenige virtuelle Objekte gleichzeitig an.

Nicht-markerbasierte Applikationen setzen AR-Technologien meist ein, um Information verschiedenster Art geografisch zu verorten. Ein typischer Anwendungsfall ist die Anzeige von POIs (Points of Interest) in der realen Umgebung. Klassischerweise verwenden mobile Applikationen Kartensysteme und einfache Listendarstellungen, um derartige Informationen anzuzeigen. AR-Applikationen bieten nun zusätzlich die Möglichkeit, diese Punkte überlagert über das Live-Kamerabild zu sehen. Diese Darstellung soll den Benutzern eine möglichst direkte Sicht auf die interessanten Punkte in ihrer Umgebung liefern. Es existieren in dieser Kategorie Applikationen, die zur Anzeige für ganz spezielle Informationen wie Satellitenpositionen und Berggipfeln entwickelt wurden, aber auch Anwendungen, die benutzergenerierte Positionsdaten verarbeiten können. Ein Beispiel hierfür ist die mobile App Wikitude[1]. Wie in der Abbildung 1 zu erkennen ist, werden in dieser AR-Anwendung die POIs ohne Kontext und Ortsbezug positioniert. Daher funktioniert die Abfrage ferner Objekte auch in entlegenen Gebieten.

1 Wikitude World Browser Applikation der Wikitude GmbH: http://www.wikitude.com/

Abb. 1 Screenshot Wikitude World Browser

Augmented-Reality-Applikationen zur Architektur-Visualisierung sind erst vereinzelt auf den beschriebenen Marktplattformen zu finden. Ein Beispiel stellt die Anwendung 3Don ARchitecture der Firma 3Don Ltd. dar. Die Geometriedaten von 3D-Modellen können in die Anwendung geladen werden, um in einem realen Kontext dargestellt zu werden. Diese Modelle können durch (Multitouch-) Gesten verkleinert, vergrößert, verschoben und gedreht werden. Die Applikation verwendet keine Marker zur Registrierung der virtuellen Objekte im realen Umfeld. Somit können die Objekte zwar über eine Fotografie oder das Live-Bild einer Kamera dargestellt werden, es ist jedoch keine realistische Einbettung in den realen, räumlichen Kontext möglich. Die Vorteile der 6DOF-Bewegungsfreiheit sind dadurch stark minimiert. Ein Screenshot der Applikation ist in Abbildung 2 zu sehen.

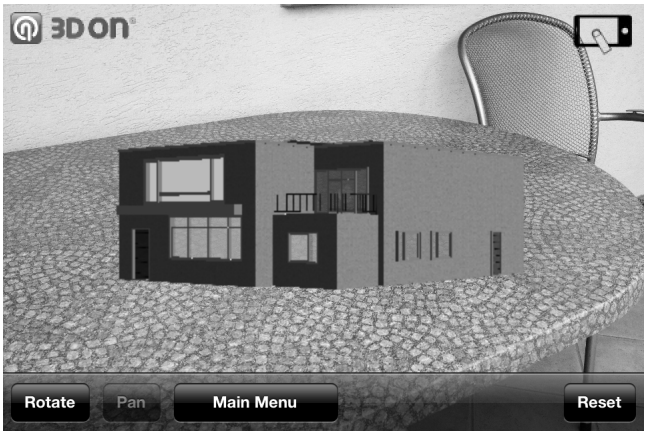

Abb. 2 Screenshot 3Don Architecture

Mobile AR-Applikationen können auf viele unterschiedliche Arten umgesetzt werden. Die Bandbreite der Möglichkeiten reicht von einer kompletten Eigenentwicklung bis hin zu einem reinen Datenimport in ein bestehendes AR-System. Besonders für den Einsatz auf Smartphones und Tablet-Computern stehen einige Frameworks und Libraries zur Verfügung, die Entwicklern grundlegende Teile der AR-Technologie bereits zur Verfügung stellen. Man kann dabei unterscheiden zwischen proprietären Lösungen und Open-Source-Werkzeugen. Die quelloffenen Frameworks in diesem Bereich wurden häufig im Zuge von Forschungsprojekten entwickelt. Anders als bei kommerziellen Systemen liegt der Fokus oftmals auf einzelnen Teilbereichen der AR-Technologie, wie der möglichst fehlerfreien und performanten Marker-Erkennung. Ein Beispiel hierfür stellt die ARToolKit-Softwarebibliothek dar.[2] Proprietäre Frameworks wie das Vuforia Augmented Reality SDK[3] und das metaio Mobile SDK[4] versuchen im Gegenzug, ein möglichst breites Spektrum an Funktionalitäten abzudecken.

3 Mobile Augmented Reality als Interaktionsmodalität

3.1 Technisch-funktionale Anforderungen

Im Bereich der erweiterten Realität gibt es viele unterschiedliche System-Implementierungen. So breit gefächert wie die möglichen Einsatzbereiche sind auch die technischen Umsetzungen. Je nach Anwendungsgebiet und benötigter Funktionalität können unterschiedliche AR-Teilbereiche von hoher Wichtigkeit sein. Zur grundsätzlichen Realisierung eines AR-Systems sind aber einige Technologien unbedingt notwendig. Azuma nennt hier Displays, Tracking, Registrierung und Kalibrierung (Azuma et al., 2001).

Displays sind notwendig um die Kombination aus realer und virtueller Umgebung darzustellen. Häufig werden head-worn displays (HWD) und handheld displays eingesetzt, um dem Benutzer die Möglichkeit zu geben,

2 ARToolKit, Seite des Entwicklers HIT Lab University of Washington: www.hitl.washington.edu/artoolkit/

3 Vuforia Aumgented Reality SDK, Seite des Entwicklers Qualcomm: www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality

4 metaio Mobile SDK, Seite des Entwicklers metaio GmbH: www.metaio.com/software/mobile-sdk/

seine Umgebung in möglichst gewohnter Weise wahrzunehmen. Durch die weite Verbreitung von Smartphones und Tablets gewinnen handheld displays immer mehr an Bedeutung.

Unter Tracking versteht man die konstante Erfassung der Blickrichtung und Position des Benutzers. Geringe Latenzzeiten und hohe Genauigkeit im Tracking sind eine wichtige Voraussetzung für die Registrierung virtueller Inhalte im realen Umfeld. Um den Eindruck einer erweiterten Realität entstehen lassen zu können, muss die Verschmelzung von virtuellen und realen Objekten eine besonders hohe Qualität aufweisen. Die Registrierung ist hier ein maßgeblicher Faktor.

Azuma et al. beschreiben die Kalibrierung 2001 als einen wichtigen Faktor für akkurate Registrierungsergebnisse (Azuma et al., 2001). Durch moderne Visualisierungserweiterungen kann aber auch schon häufig auf eine manuelle Kalibrierung verzichtet werden. Gerade bei mobilen Anwendungen ist durch die Integration von Kamera und Sensoren in die Geräte üblicherweise die Kalibrierung in der Software des AR-Systems automatisiert.

3.2 Derzeitige Einschränkungen

Obwohl auf den diversen Markt-Plattformen für mobile Applikationen bereits viele unterschiedliche AR-Applikationen verfügbar sind, lassen sich häufig ähnliche Probleme in der Funktionalität feststellen.

- *Marker* – Die meisten verfügbaren Applikationen, die 3D-Inhalte darstellen, verwenden visuelle Marker, um die virtuellen Inhalte im realen Kontext zu registrieren. Der Benutzer muss somit, um die Applikation verwenden zu können, erst den benötigten Marker ausdrucken. Schlechte Lichtverhältnisse und sehr spitze Betrachtungswinkel führen häufig zu einem Verlust der Marker-Registrierung. Die virtuellen Inhalte können somit nicht mehr korrekt platziert werden, bis der Marker wiedererkannt wurde. Der Einsatz von zweidimensionalen Markern schränkt außerdem den möglichen Bewegungsraum des Benutzers ein.
- *Umgebungs- und Kontexterkennung* – Die Erkennung der realen Umgebung beschränkt sich bei den derzeit vorhandenen mobilen AR-Applikationen auf die Erkennung visueller Marker. Reale Objekte, die zwischen dem Benutzer und dem Marker liegen, werden nicht erkannt. Diese können somit auch nicht im Rendering der virtuellen Inhalte berücksichtigt werden. Die AR-Darstellung basiert insgesamt auf separaten Ebenen. Die reale Umgebung befindet sich auf der Hintergrundebene. Alle erwei-

terten, virtuellen Inhalte werden auf darüber liegenden Ebenen dargestellt. Bis auf das System der bereits erwähnten visuellen Marker ist die Darstellung der virtuellen Inhalte somit vom realen Hintergrund nicht beeinflusst.

- *Geschwindigkeit und Responsiveness* – 3D-Darstellungen und die Analyse von Kameradaten stellen hohe Leistungsanforderungen an mobile Endgeräte. Eine zu geringe Rechenleistung kann dann zu langsamen Ansprechverhalten auf Benutzeraktionen führen. Die möglichst rasche Reaktion auf Eingaben sollte allerdings ein wichtiges Ziel in der Entwicklung von User Interfaces sein (Colborne, 2010).
- *Usability* – Mullet und Sano beschreiben im Jahr 1994, dass alle GUIs (Graphical User Interface) Kommunikationssysteme sind und den gleichen funktionalen wie ästhetischen Standards folgen sollten (Mullet & Sano, 1994). Im Interaktionsdesign mobiler Anwendungen wird häufig auf erprobte Designpatterns und Best-Practice-Lösungen zurückgegriffen. Benutzer mobiler Anwendungen sind mit häufig verwendeten Designpatterns bereits vertraut, was die Einarbeitungszeit in neue Applikationen drastisch reduzieren kann. Entwickler mobiler Betriebssysteme wie Apple und Google stellen eigene User Interface Guidelines zu diesem Zweck zur Verfügung (Steiner, 2011). Im Bereich der AR-Interaktion sind allerdings noch keine vergleichbaren UI Patterns vorhanden.

3.3 Einsatz in der Architektur

Der Einsatz von AR-Technologien ist grundsätzlich in vielen verschiedenen Bereichen der Architekturvisualisierung denkbar. Markerbasierte Anwendungen könnten etwa in der Darstellung von Gebäudemodellen sowie der Innenarchitektur Einsatz finden, während Applikationen, welche ohne visuelle Marker tracken, auch für Gebäudedarstellungen in realer Größe im Freien geeignet sind. Für all diese unterschiedlichen Einsatzbereiche lassen sich folgende gemeinsame Beweggründe definieren, warum mobile AR-Technologien zum Zweck der Architekturvisualisierung eingesetzt werden könnten:

1. *Interaktive Darstellungsform* – Die Darstellung von virtuellen Objekten, direkt eingebettet in eine reale Umgebung, stellt eine sehr direkte Form der Visualisierung dar. In relativ kleinen Maßstäben können zwar auch klassische, physische Modelle gebaut werden, durch die Darstellung rein virtueller Objekte entfallen die Grenzen der Darstellungsgröße allerdings komplett. So könnten Gebäude auch in realer Größe direkt am geplanten

Bauort angezeigt werden. Größenverhältnisse innerhalb von Bauwerken oder anderen Objekten sowie Verhältnisse zur räumlichen Umgebung werden so sehr intuitiv visualisiert und für den Anwender auch besser begreifbar gemacht.

2. *Mobilität* – Der mögliche Verzicht auf den Bau physischer Modelle oder auch der Aufstellung von Plakaten und Schautafeln kann auf längere Sicht nicht nur eine Kostenersparnis darstellen, sondern auch einen Gewinn an Mobilität schaffen. Sei es bei Kundenpräsentationen oder Besichtigungen am Objekt, der Baustelle oder in speziellen Schauräumen – mithilfe mobiler AR-Technologie könnten viele Visualisierungsanwendungsfälle mithilfe einiger Tablet-Computer oder Smartphones und visuellen Markern erfüllt werden.
3. *Zugänglichkeit* – Smartphones und Tablet-Computer sind mittlerweile weit verbreitet. Auch wenn nicht alle dieser Geräte in der Lage sind, rechenintensive AR-Applikationen auszuführen, besteht eine breite Basis an möglichen Benutzern solcher Anwendungen. Eine AR-Applikation ermöglicht den Benutzern eine direkte Interaktion mit dem Modell, im Gegensatz zu vorberechneten Computergrafiken. Die einfache Möglichkeit der Betrachtung aus mehreren Blickwinkeln kann Usern einen besseren Überblick über räumliche Ausdehnungen und Verhältnisse bieten. Benutzer können durch das sogenannte 6DOF-Tracking jederzeit ihre gewünschte Ansicht frei im dreidimensionalen Raum wählen. 6DOF steht für „six degrees of freedom“ – die Position des handheld device wird also bestimmt durch die Lage auf den drei Raumachsen sowie der jeweiligen Rotation.
4. *Flexibilität* – Gerade in der Entwicklungsphase eines Projektes können sich Modelle und Visualisierungsanforderungen häufig ändern. Durch die rein virtuelle Anzeige der architektonischen Modelle kann der Änderungsaufwand stark reduziert werden. Wikitude greift beispielsweise dynamisch auf Webinterfaces zu, um aktuelle Daten abzufragen. Ein ähnliches System wäre auch für Modelldaten aus CAD-Programmen denkbar. Durch einen solchen dynamischen Abgleich wären auch kürzere Entwicklungszyklen und häufigere Abstimmungen mit Kunden und Nutzern möglich.
5. *Zusätzliche Informationen* – Durch Augmented Reality können nicht nur Geometriedaten von 3D-Modellen angezeigt werden, sondern auch diverse Meta-Informationen. Diese zusätzlichen Daten könnten speziell an den Schnittstellen der Modelle zu ihrem räumlichen Kontext auf intuitive Art dargestellt werden (Beuchert 2010).

AR auf mobilen Endkunden-Geräten ist eine relativ junge Technologie. Neben den bereits beschriebenen allgemeinen Einschränkungen lassen sich für den Anwendungsfall Architekturvisualisierung zumindest drei Problemfelder mit hoher Relevanz identifizieren. Azuma et al. beschrieben diese Probleme in ähnlicher Form schon im Jahr 2001 (Azuma et al., 2001):

- *Fehlerabschätzung in der Darstellung* – Bei der Registrierung von virtuellen Inhalten in der realen Umgebung können leicht Fehler auftreten durch ungenaue bzw. unzureichende Positionierungsdaten. Die derzeit verfügbaren Applikationen stellen virtuelle Inhalte in solchen Fällen falsch oder gar nicht dar. Eine bessere Lösung wäre, im AR-System bewusst auf ungenaue oder fehlende Daten zu reagieren und dem Benutzer Feedback darüber zu geben.
- *Datendichte* – Die Displaygrößen mobiler Geräte sind beschränkt, daher kann auch nicht jede beliebige Menge an Informationen gleichzeitig dargestellt werden. AR-Systeme sollten in diesem Bereich besonders viel Wert auf Simplizität legen, da die reale Umgebung bereits eine hohe Informationsdichte aufweisen kann, welche durch das Hinzufügen weiterer Daten leicht den Benutzer überfordern kann.
- *Fotorealistische Darstellung* – Moderne CAD-Software und 3D-Modellierungsprogramme erlauben die Erstellung fotorealistischer Visualisierungen. Zum Teil sind Unterschiede zu Fotografien realer Objekte nur mehr sehr schwer auszumachen. Für realistische Darstellungen von Schattenwürfen, Spiegelungen, Materialien und Oberflächen bedarf es aber sehr rechenaufwendiger Algorithmen. In diesem Bereich treten sehr schnell die technischen Grenzen mobiler Prozessoren und Grafikprozessoren in Erscheinung. Zumindest mit der derzeitigen Rechenleistung ist eine fotorealistische Darstellung in Echtzeit auf mobilen Geräten nicht möglich.

4 Prototypische Implementierung – *Furniture Visualizer*

4.1 Einleitung

Die Applikation *Furniture Visualizer* soll prototypisch einen möglichen Anwendungsfall für AR-Technologie im Bereich der Architektur demonstrieren. In der Innenarchitektur und der Raumgestaltung wäre es oftmals von Vorteil, Haushaltstechnik wie etwa Heizung, Kühlung, Küchengeräte und besonders Einrichtungsgegenstände an ihren zukünftig geplanten Positionen sehen zu

können, um Größenverhältnisse und Farbkombinationen besser beurteilen zu können. Große Möbelhäuser bieten zu einem ähnlichen Zweck oft Schauräume an. Die *Furniture Visualizer*-App bietet durch Augmented-Reality-Technologie genau für diesen Anwendungsfall eine mobile, unkomplizierte Lösung. Möbelstücke können dadurch in einem beliebigen Umfeld dargestellt werden. Mithilfe der Überlagerung virtueller 3D-Objekte auf eine reale Umgebung kann ein direkter, visueller Eindruck über geplante Änderungen in der Raumgestaltung gewonnen werden. Der entwickelte Prototyp sollte allerdings nicht als fertiges Produkt verstanden werden, vielmehr sollten vor allem die Möglichkeiten der verwendeten AR-Technologie anhand einiger Beispielmodelle aufgezeigt werden.[5]

4.2 Technische Umsetzung

Zur technischen Umsetzung des Prototyps wurde das Vuforia Augmented Reality SDK in Verbindung mit der Unity 3 IDE eingesetzt.[6] Qualcomm, der Entwickler des Vuforia Frameworks, bietet sein SDK für die native Applikationsentwicklung unter Android und iOS an. Außerdem ist ein Plugin zur Softwareentwicklung mithilfe des bereits erwähnten Unity Editors verfügbar. Für den *Furniture Visualizer*-Prototyp wurde das Android-Betriebssystem als Zielplattform ausgewählt. Die wichtigsten Objekte des zugehörigen Unity-Projekts werden in der folgenden Auflistung näher beschrieben.

1. *ARCamera* – Die ARCamera ist ein wichtiger Bestandteil des Vuforia Frameworks. Eine Instanz davon sorgt für die Darstellung des Live-Kamerabildes im Hintergrund der Augmented-Reality-Ansicht. Sie stellt die reale Umgebung dar, die in weiterer Folge um die virtuellen Einrichtungsgegenstände erweitert wird. Außerdem sorgt die ARCamera dafür, dass diese Szenenobjekte auf Positionstrackingdaten des mobilen Zielgerätes reagieren können.
2. *Lichtquelle* – Durch die Lichtquelle werden die 3D-Objekte der Szene beleuchtet. Da jedoch der räumliche Kontext der späteren Anwendung wechseln kann, wurde eine möglichste neutrale Lichtstimmung gewählt. Aus Performanzgründen wurden erweiterte Lichtoptionen und der Schattenwurf deaktiviert.

5 Sämtliche Projektdateien und die kompilierte Applikation sind auch online verfügbar unter http://mt091100.students.fhstp.ac.at/bakk2/furniture_visualizer/.

6 Unity, Seite des Entwicklers Unity Technologies: http://www.unity3d.com/

3. *GUI* – Dieses Objekt verwaltet das Graphical User Interface (GUI) des *Furniture Visualizer*. Es generiert alle Elemente der Anwendung, die zur Interaktion mit dem Benutzer verwendet werden.
4. *ImageTarget* – Die ImageTarget-Instanz repräsentiert einen bestimmten visuellen Marker. Grundsätzlich können beliebige Bilddaten für das Positionstracking verwendet werden, allerdings ist die Qualität der Erkennung stark abhängig von Kontrast, Detailreichtum und der Vorkommnis gleichförmiger Muster.
5. *3D-Daten* – Alle 3D-Objekte, die an die Registrierung des ImageTargets gekoppelt werden sollen, müssen in das Projekt eingefügt werden. Im Falle des Prototyps handelt es sich hier um Modelle von Einrichtungsgegenständen

4.3 Funktionalität

Es können vordefinierte visuelle Marker im realen Umfeld erkannt werden und durch virtuelle Einrichtungsgegenstände überlagert werden. Durch die Überlagerung mittels Platzhalterobjekt wird dem Benutzer die Erkennung eines virtuellen Markers dargestellt. Der Benutzer erhält somit Feedback über die erfolgreiche Marker-Registrierung. Über das Auswahlmenü am unteren Bildschirmrand kann der Benutzer nun Einrichtungsgestände zur Darstellung auswählen.

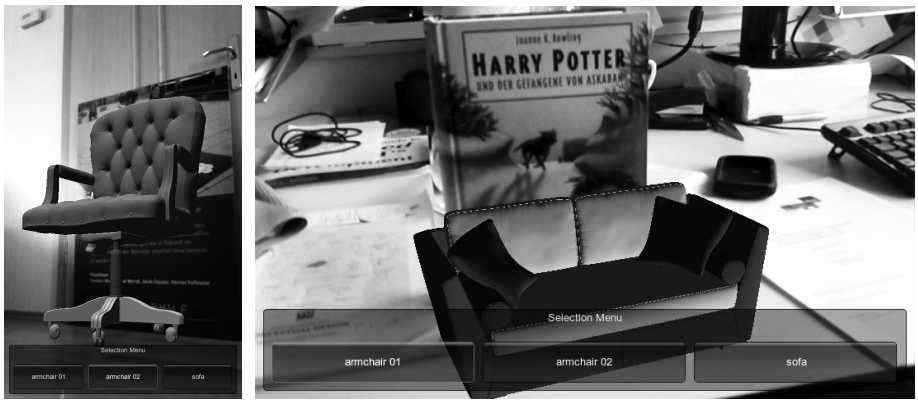

Abb. 3 Screenshots des *Furniture Visualizer*-Prototypen mit unterschiedlich skalierten Markertexturen

Abbildung 3 zeigt Beispieldarstellungen des *Furniture Visualizers*. Durch die Verwendung verschieden großer Marker können unterschiedliche Be-

trachtungsentfernungen unterstützt werden. Da außerdem keine manuelle Kalibrierung und Konfiguration notwendig ist, um 3D-Inhalte auf das reale Umfeld zu überlagern, kann die Anwendung sehr einfach, schnell und flexibel eingesetzt werden.

5 Diskussion

Durch die Entwicklung des *Furniture Visualizer*-Prototyps konnten einige Erkenntnisse über die Entwicklung von mobilen AR-Applikationen gewonnen werden. Die für die Qualität der Interaktion ausschlaggebendsten Punkte sind im Folgenden aufgelistet.

1. *Marker-Qualität* – Die Qualität und damit die Erkennbarkeit der verwendeten visuellen Marker ist ein entscheidender Faktor für eine möglichst geringe Fehleranfälligkeit. Weniger geeignete Marker führen zu häufigerem Ausfall der Anzeige der überlagerten Objekte, speziell unter nicht optimalen Lichtverhältnissen.
2. *Trackingfehler* – Auch bei guten Lichtverhältnissen und der Verwendung gut geeigneter Marker kann es zu Trackingfehlern kommen. Die Häufigkeit ist in diesem Fall jedoch deutlich geringer als bei qualitativ minderwertigen Markern. Objekte werden in manchen Fällen falsch auf den Markern positioniert. Durch Positionsänderungen des mobilen Geräts oder des Markers verschwinden diese Fehler im Normalfall wieder. Durch die inkorrekte Positionierung der virtuellen Objekte in der realen Umgebung wird allerdings der Eindruck der Verschmelzung von realen und virtuellen Inhalten geschmälert.
3. *Geschwindigkeit* – Zu langsame Bildwiederholraten können die Benutzung von Augmented-Reality-Applikationen merklich stören. Dieses Problem wurde auch im *Furniture Visualizer*-Prototyp sichtbar. Sehr rasche Bewegungen des mobilen Geräts führen in der Applikation nicht nur zu einem verwischten Eindruck des Live-Kamerabildes, sondern auch zu häufigem Verlust der Marker-Registrierung.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass überhaupt keine manuelle Kalibrierung und Konfiguration notwendig ist, um virtuelle Gegenstände in einem realen Umfeld anzuzeigen. Daraus resultiert eine sehr flexible Nutzbarkeit in unterschiedlichen Umgebungen.

Aufgrund der technischen Grenzen derzeitiger Smartphones und Tablets wird die mobile Augmented-Reality-Technologie die unterschiedlichen, gängigen Formate der Architekturvisualisierung nicht vollends ersetzen, aber

funktional und medial erweitern können. Gerade für Anwendungsfälle, in denen mobile Verfügbarkeit und ein realer Kontext eine wichtige Rolle spielen, können AR-Applikationen sinnvoll eingesetzt werden. Außerdem bieten die Freiheiten des 6DOF-Tracking eine einfache und direkte Form, räumliche Verhältnisse darzustellen, was in vielen Bereichen der Architektur einen Mehrwert bieten kann. Auf Basis des *Furniture Visualizer*-Prototyps und den dargestellten Beweggründen für Augmented Reality im Architekturbereich lassen sich weitere potenzielle Anwendungsszenarien ausmachen. Denkbar wären auch Visualisierungen im Bereich der Planung von Gebäuden und Gebäudekomplexen. Die in den letzten Jahren rasant angestiegene Rechenleistung mobiler CPUs lässt auch für die nahe Zukunft eine ähnliche Entwicklung vermuten. Für die mobile AR-Technologie könnte dies in Verbindung mit verbesserten Kamerasensoren und Optiken zu schnelleren, leistungsfähigeren Darstellungen von 3D-Objekten führen. Betrachtet man zusätzlich die hohen Absatzzahlen am Smartphone- und Tablet-Markt, scheinen mobile Augmented-Reality-Lösungen in Zukunft ein verstärktes Anwendungspotenzial erlangen zu können. Diese Umstände lassen sie prädestiniert erscheinen für den Einsatz im Architekturbereich.

Literaturverzeichnis

Azuma, R., Baillo, Y., Behringer R., Feiner S., Julier S. & MacIntyre B. (2001). Recent advances in augmented reality, in: *Computer Graphics and Applications, IEEE* 21. Jg., H. 6, S. 34–47.

Beuchert, P. (2010). *Augmented Reality in der Architektur*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Karlsruher Institut für Technologie. http://blog.patrick-beuchert.de/2010/08/12/diplomarbeit-augmented-reality-in-der-architektur/.

Colborne, G. (2010). *Simple and Usable Web, Mobile, and Interaction Design*. Berkeley, California: New Riders Press.

Hincapié, M., Caponio, A., Rios, H. & Mendívil, E. (2011). An Introduction to Augmented Reality with Applications, in: *13th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*, 2011, S. 1–4.

Mullet, K. & Sano, D. (1994). *Designing Visual Interfaces: Communication Oriented Techniques*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall PTR.

Schall G., Mendez E., Kruijff E., Veas E., Junghanns S., Reitinger B. & Schmalstieg D. (2009). Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization, in: *Personal and Ubiquitous Computing* 13. Jg., H. 4, S. 281–291.

Steiner, S. (2011). *User Interface Design for Media Remote Control Applications on Mobile Touch Devices*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, FH St. Pölten.

Wagner, D. (2007). *Handheld Augmented Reality*. Unveröffentlichte Dissertation, Graz University of Technology. http://www.icg.tugraz.at/Members/daniel/HandheldAR_Thesis.