

Augmented Reality Kinderguide für das Museum für Islamische Kunst

Augmented Reality children guide for the Museum of Islamic Art

Christian Bunk¹, Andreas Günther¹, Dennis Kluge¹
Stefanie Fellner², Jessica Sandrock², Johanna Schreiber²
Prof. Dr. Jürgen Sieck¹

¹Angewandte Informatik, ²Museumskunde:
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Wilhelminenhofstr. 75A, 12459 Berlin
E-Mail: J.Sieck@htw-berlin.de, Internet: <http://inka.htw-berlin.de>

Dr. Susan Kamel
Museum für Islamische Kunst
Bodestraße 1-3, 10178 Berlin
E-Mail: isl@smb.spk-berlin.de, Internet: <http://www.smb.museum/isl>

Zusammenfassung:

In diesem Beitrag wird das Konzept und der Prototyp eines interaktiven Augmented Reality¹ Kinderguides für das Museum für Islamische Kunst vorgestellt, welcher in Kooperation der Studiengänge Museumskunde und Angewandte Informatik der Hochschule für Technik und Wirtschaft und dem Museum für Islamische Kunst entstanden ist. Der Besucher begibt sich auf eine Schatzsuche durch das Museum und sammelt virtuell mit Hilfe des mobilen Guides Artefakte aus der islamischen Kunstgeschichte, die im Museum ausgestellt sind. Begleitet wird er von Paul, dem Kulturbotschafter des Museums für Islamische Kunst und seinem Kamel. Durch Techniken aus dem Bereich Augmented Reality erhält der Besucher Informationen zu den Exponaten und kann mit ihnen virtuell interagieren. Ein Schatzkompass weist dem Besucher hier den Weg zu den einzelnen Artefakten auf einer individuellen Museumstour. Ziel dieses Konzepts ist es, einen dynamischen Multimedia-Kinderguide zu schaffen, der jedem Besucher eine andere Entdeckungsreise durch die islamische Kunstgeschichte bietet.

Abstract:

In this paper we present the concept and a prototype of an interactive children guide for the Museum of Islamic Art Berlin that facilitates augmented reality technology. This project is developed in cooperation of "Museums Studies" and "Applied Computer Science" graduate classes at the University of Applied Sciences Berlin (HTW) and the Museum of Islamic Art Berlin. Users are set on a treasure hunt in the museum and virtually collect artefacts of the Islamic history of art. Paul, the ambassador of culture of the museum, and his camel accompany a visitor and provide useful information about Islamic art during a digital tour. Information is also presented through augmented reality techniques, which enable a visitor to interact virtually with the exhibited artefacts. A virtual compass helps a visitor to locate all collectable exhibits during a tour. The purpose of this concept is to build a pedagogic valuable multimedia children guide, which provides a flexible expedition through the history of Islamic art.

¹ Computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung

1. Motivation und Zielsetzung

Das Projekt ist in Zusammenarbeit mit dem Studiengang der Angewandten Informatik, den Studenten der Museumskunde an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin sowie mit dem Museum für Islamische Kunst der Staatlichen Museen Berlin entstanden. Kooperativ sollte ein Kinderguide entstehen, welcher zur interaktiven und audiovisuellen Vermittlung von Inhalten beitragen soll. Dadurch ergab sich für die Museumskundler die Möglichkeit der Auseinandersetzung mit der pädagogischen Vermittlung einer Highlightführung im Bereich „Kinder im Museum“, besonders im Hinblick auf multimediale Interaktionen und Konzeption von Spielen zur Inhaltsvermittlung. Zudem waren sie für die Aufbereitung von Objekt- und Rauminformationen verantwortlich, die der Guide dem Besucher während der Tour anbietet.

Die technische Umsetzung des Guides lag im Aufgabenfeld der Studenten der Angewandten Informatik. Dabei standen drei Kernaspekte, die zunächst getrennt voneinander entwickelt werden sollten, im Fokus. Exponate sollten im Raum zum einen mit Mitteln der Augmented Reality erkannt werden und zum anderen mit Hilfe eines virtuellen Kompasses durch den Besucher aufzuspüren sein. Zur Datenverwaltung und Pflege der Exponatinhalte sollte zudem ein Content Management System (CMS) entstehen.

Ziel des Projekts ist, die Realisierung des entwickelten Konzepts und die Übernahme ins pädagogische Vermittlungskonzept der Dauerausstellung und somit ein vielseitiges Angebot, vor allem für Kinder von 8 bis 13 Jahren, zu schaffen. Das Museum soll die Möglichkeit bekommen, eigene Touren zu kreieren und diese durch beliebige Informationen, eigene Filme, Spiele und Audiothemen zu ergänzen. Ein ganz besonderes Ziel ist es dabei, ein breitgefächertes Interesse und Begeisterung für die Islamische Kunst bei den Kindern zu wecken.

2. Konzept des Kinderguides

Das Konzept des multimedialen Kinderguides richtet sich an Kinder im Alter von 8 bis 13 Jahren. Als beispielhaftes Basiskonzept entspricht es dem, was die Vermittlungsarbeit, z.B. Führungen und Workshops, der Besucher-Dienste in Zukunft medial ergänzen und bereichern könnte. Es bietet darüber hinaus viel Spielraum für stetige Veränderung, Ergänzung und Anpassung.

Zusammen mit Paul dem Kulturbotschafter, einer Illustration und fiktiven Figur der Besucher-Dienste der Staatlichen Museen zu Berlin, unternimmt der Besucher eine multimediale Entdeckungsreise durch die islamische Welt und deren Kunst- und Kulturgeschichte. Er erhält dadurch sowohl die Möglichkeit die islamisch geprägten Länder und deren Kultur, als auch die Höhepunkte des damit verbundenen Kunstschaffens kennen zu lernen. Die Räume gliedern die Reise in verschiedene Stationen und übergeordnete Themen- und Wissensgebiete. Um sich auch nach dem Museumsbesuch an die Sehenswürdigkeiten und die entsprechende Kontextualisierung erinnern zu können, gilt es, das Gesehene mit objektbezogenen Fotografien zu dokumentieren. Das Reisealbum bleibt kein fiktives Erinnerungsstück, sondern kann abschließend in Form einer Postkarte mit nach Hause genommen und stets digital abgerufen werden. Diese Belohnung setzt die vollständige Sammlung aller objektbezogenen Fotografien voraus und entspricht somit auch dem Ziel der medialen Entdeckungsreise.

Mit Hilfe eines virtuellen Kompasses soll der Besucher durch die Ausstellungsräume des Museums geführt werden. Im Kontext eines bestimmten thematischen Schwerpunktes weist das Gerät dem Besucher den Weg zu ausgewählten Exponaten der Dauerausstellung und bietet schließlich eine Vielzahl von Möglichkeiten zur individuellen Auseinandersetzung mit dem Objekt. Dies soll durch Kombination digitaler Anwendungen und Spiele erreicht werden, um dem jungen Besucher so eine spannende, lehrreiche und autonome Entdeckungsreise durch das Museum für Islamische Kunst bieten zu können. Die gängige Anwendung von Audioinformation soll effektiv und variabel von zahlreichen Medien (z.B. Bild, Video) ergänzt werden. Diese vermitteln alle wissenswerten Inhalte im Kontext der kindgerechten Rahmengeschichte „Reise durch den Orient“. Das Konzept orientiert

sich dabei exemplarisch an ausgewählten Exponaten (Highlights) der Dauerausstellung und beschränkt sich auf acht wesentliche Ausstellungsräume. Multimedial aufbereitete Objektinformationen setzen die Exponate variabel in den Kontext ihrer Entstehungszeit, der Gegenwart oder eines bestimmten historischen, kulturellen, gesellschaftlichen Themengebiets. Der Fokus der Anwendung soll durch selbsterklärende, intuitive Bedienung und Aufgabenstellungen darauf abzielen, Interesse zu wecken, Inhalte auf spielerische Weise zu vermitteln und die Aufmerksamkeit der jungen Besucher auf die Objekte der Dauerausstellung des Museums für Islamische Kunst zu konzentrieren.

3. Informationssammlung und Content Management System

Im Zuge der Projektkonzeption und der Planung wie die Daten ihren Weg auf den mobilen Guide finden, wurde die Entscheidung gefällt, ein eigenes System zu entwickeln. Das Content Management System soll neben der Verwaltung von Exponaten insbesondere Medien wie Bilder und Sounddateien ausliefern und eine moderne Schnittstelle für mobile Endgeräte bieten. Des Weiteren fließen Ideen der Tourenplanung und kontextsensitive Exponats-Informationen mit ein. Dies bedeutet, dass je nach Tour unterschiedliche Erklärungstexte zum Exponat angezeigt werden müssen.

Die in der Datenbank gespeicherten Objektinformationen richten sich zunächst an die Bedürfnisse der Museen. Im Mittelpunkt der Datenverwaltung stehen die Exponate, zu denen Freitextinformationen, wie etwa eine Beschreibung und die Provenienz² sowie wiederverwendbare Datensätze bezüglich Standort, Zustand, Material, Technik und Optik gehören. Wieder-verwendbar heißt in diesem Kontext, dass zunächst beispielsweise ein Standort wie „Raum 4“ angelegt und anschließend mit dem Exponat verknüpft wird. Jedem Exponat können beliebig viele Medien bestehend aus Bildern und Audiodateien zugeordnet werden. Als Erweiterung zum Exponat gehört das Tour-Exponat, welches spezielle Informationstexte für einzelne themenspezifische Touren bereithält. Die grundlegenden Operationen des CMS bestehen aus dem Anlegen, Lesen, Editieren und Löschen der Datensätze. Eine Validierung der eingegebenen Daten findet ebenso statt, um eine Inkonsistenz zu vermeiden.

Während des Projekts entstand ein funktionierender Prototyp, der die Verwaltung von Exponaten möglich macht. Ebenso können mobile Endgeräte sämtliche relevante Informationen aus der Datenbank beziehen. Die Funktion der Tourenplanung befindet sich derzeit noch in Entwicklung.

4. Schatzkompass

Wie bereits erwähnt, sieht das Konzept des Kinderguides vor, es den jungen Museumsbesuchern zu ermöglichen, die „Schätze“ mit Hilfe eines virtuellen Kompasses in der Ausstellung aufzuspüren. Dieser besitzt zu einem sammelbaren Ausstellungsstück im Raum eine Kompassnadel, die sich immer zum Exponat orientiert. Bewegt sich der Guidebenutzer im Raum oder dreht er sich in eine andere Richtung, verfolgt die Nadel die Position des Ausstellungsobjekts. Somit ist die Ermittlung der Position und Ausrichtung des Besuchers bzw. des mobilen Guides im Raum Basis für die technische Realisierung.

Zur Ermittlung von Positionen innerhalb von Gebäuden gibt es bereits einige Lösungen, die auf verschiedenen Technologien, wie WLAN [CPKC01], RFID³ [KSOK06], Schall [SWS06][RM01] beruhen bzw. hybride Ansätze [RCBO09] verfolgen. Unabhängig von den Technologien gibt es verschiedene Ansätze, die zur Ortung eingesetzt werden können. Bei der Triangulation, so [Sin10], werden Positionen mit Hilfe von Winkelangaben von mindestens zwei bekannten Punkten berechnet. Ähnlich, aber nicht auf Winkeln basierend, wird bei der Trilateration verfahren. Hier wird eine unbekannte Position durch die Entfernung zu mindestens drei Referenzpunkten errechnet.

² Chronologie der Herkunft eines Exponats

³ Radio Frequency Identification

Ein weiteres Verfahren ist die Schauplatzanalyse, auch Fingerprint genannt, wie ebenfalls aus [Sin10] entnommen werden kann. Hier werden Profile für verschiedene Positionen in einer Datenbank gespeichert. Eine zu analysierende Position wird lediglich mit den Daten in der Datenbank abgeglichen und so der Ort bestimmt.

Systeme zum Orientation Tracking unterteilen sich nach [YNA99] in Aktiv und Passiv. Aktive Systeme nutzen aktive Komponenten, wie Signalemitter, Sensoren oder elektronische Landmarken, die in einem entsprechend eingerichteten Umfeld positioniert werden. Das in [JWL] vorgestellte ubiTrac-System ist ein Beispiel für ein solches aktives Tracking-System. Passive Systeme verzichten auf zusätzliche Komponenten, sie nutzen bereits vorhandene physikalische Gegebenheiten der Umgebung. Solche Systeme messen das natürliche Magnetfeld der Erde, lineare Beschleunigungen oder erkennen visuelle Merkmale in der Umgebung, um die Orientierung in dieser festzustellen. [YNA99]

Das hier vorgestellte System verfolgt einen RFID-basierten Ansatz unter Verwendung der OpenBeacon-Technologie, sowohl bei der Positionserkennung, als auch bei der Orientierungsermittlung. OpenBeacon⁴ ist nach [Ber10] ein Open Source Projekt für den drahtlosen Austausch von Informationen im lizenzfreien 2,4GHz ISM Frequenzband mittels aktiven RFID-Tags, auch Proximitytags genannt. Dieser Ansatz wurde gewählt, da bereits ein System auf Basis der OpenBeacon-Technologie von [Ber10] vorhanden war, welches lediglich um die Orientation-Tracking-Funktionalität erweitert werden musste.

Zur Umsetzung des virtuellen Kompass mit dem OpenBeacon RFID-System wurde die Idee entwickelt, wie in Abbildung 1 dargestellt, im Raum Proximitytags (Directiontags) so zu verteilen, dass diese einer entsprechenden Orientierung im Raum entsprechen. Der Guidebenutzer wird ebenfalls mit einem Tag ausgestattet, hier Guidetag genannt. Orientiert sich die Person mit dem Guide nun in Richtung eines Directiontags, meldet das Guidetag dem System einen Kontakt zu diesem. Da sich Funkwellen in der Regel dreidimensional ausbreiten, wird angenommen, dass der Museumsbesucher das Guidetag vor dem Körper trägt, damit die von diesem Tag ausgestrahlten Funkwellen gerichtet in seine Blickrichtung abgestrahlt werden. Somit kann ausgeschlossen werden, dass Kontakte mit gegenüberliegenden Directiontags gleichzeitig vorkommen. Durch die gerichteten Funkwellen des Guidetags, die im Raum angebrachten Directiontags und der bekannten Position des Ausstellungsstücks, kann so die Kompassnadelausrichtung berechnet werden.

Zur Evaluierung dieses Ansatzes wurde ein auf iOS basierter Test-Prototyp entwickelt, um zunächst nur einzelne Aspekte des Gesamtsystems betrachten zu können, die später zusammen die Kompassfunktionalität bilden. Betrachtet wurde die Genauigkeit der Positionserkennung durch das OpenBeacon-System und die Kontaktreichweite zwischen zwei Proximitytags. Letzteres wurde vorgenommen, um eine Aussage darüber zu treffen, in welcher Distanz die Directiontags vom Guidetag im Raum angebracht werden können, um noch Kontakte zur Orientierungsermittlung zu erhalten.

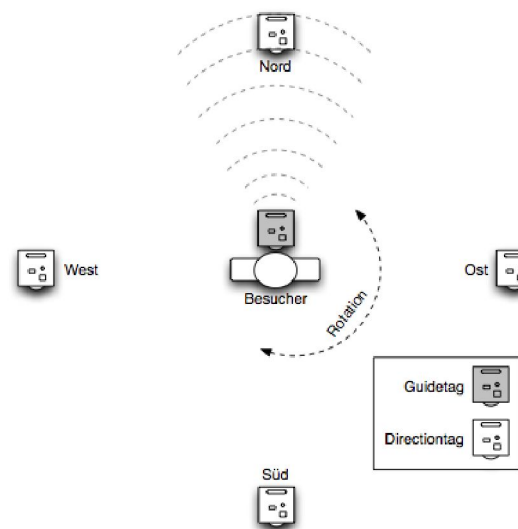


Abbildung 1 Systemaufbau für den virtuellen Kompass.

⁴ <http://www.openbeacon.org/>

Die Tests zur Positionsgenauigkeit ergaben, dass die Werte sehr stark schwanken und selbst mit einer Mittelung der Positionswerte über einen bestimmten Zeitraum nicht zuverlässig genug sind, um sie nutzen zu können (siehe Abbildung 2). Jedoch wird derzeit an einer Methode gearbeitet, die Positionsbestimmung des OpenBeacon-Systems zu verbessern. Die Auswertung der Kontaktdistanz ergab, wie aus Abbildung 3 hervorgeht, dass zwei Tags eine Kontaktreichweite von ca. vier Metern haben.

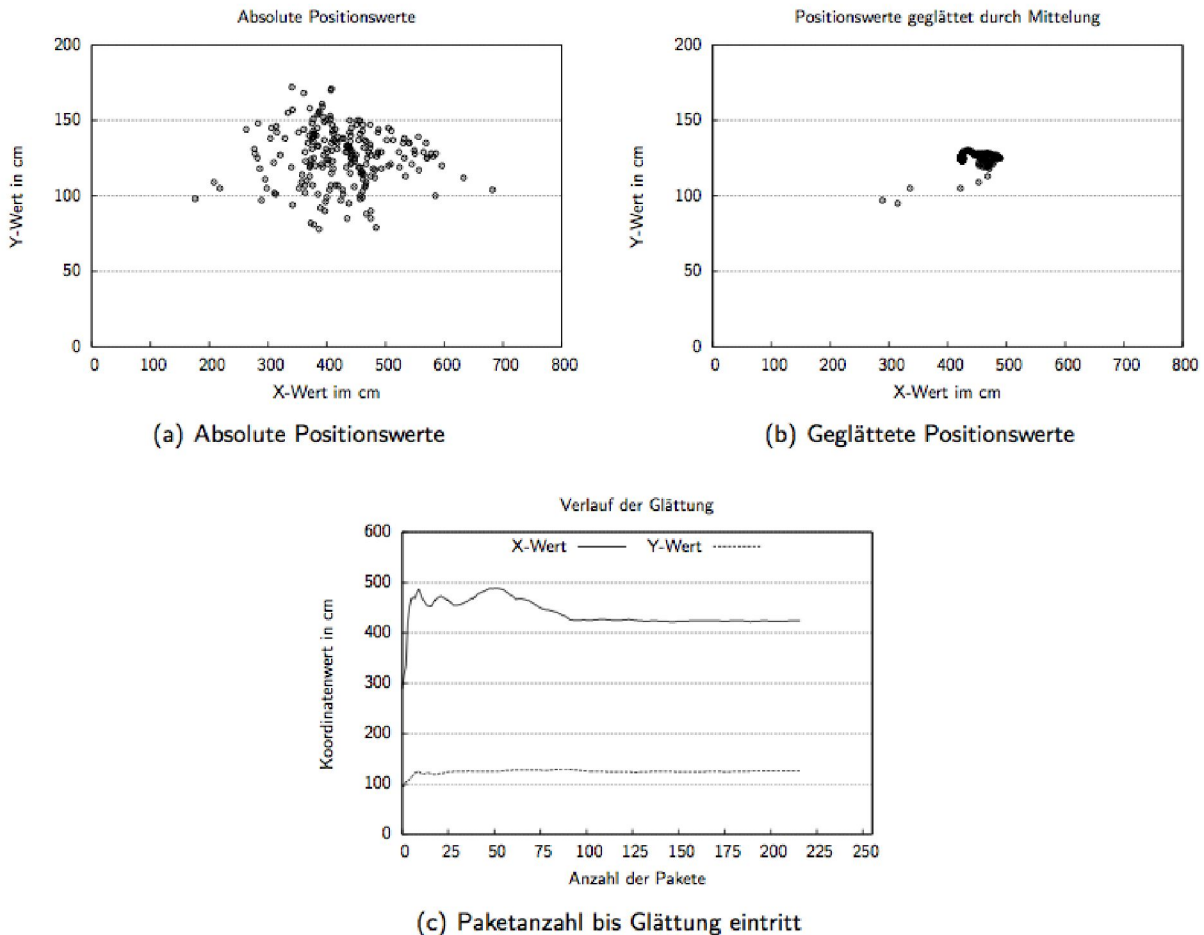


Abbildung 2 Ergebnisse der Tests zur Positionsgenauigkeit.

Im Anschluss daran wurde ein weiterer Prototyp entwickelt, der anhand der Kontakte zwischen Directiontags und dem Guidetag die Ausrichtung des Guidenutzers im Raum ermittelt. Diese Anwendung wertet die Kontaktlängen zwischen Guidetag und den Directiontags aus, unter der Annahme, dass längere Kontakte mit einem bestimmten Directiontag ein Hinweis auf die Orientierung im Raum sind. Dabei wird jedoch nur aufgrund der Tests zur Positionsgenauigkeit das Szenario betrachtet, dass sich der Guidenutzer im Zentrum zwischen den Directiontags befindet und sich lediglich um seine vertikale Achse zu den Tags dreht, wie in Abbildung 1 ebenfalls dargestellt. Die Annahme, dass längere Kontakte ein Hinweis auf die Orientierung sind, erfolgte aus Aufzeichnungen der Kontaktdaten, die das OpenBeacon-System bei Tests des beschriebenen Szenarios lieferte (Abbildung 4).

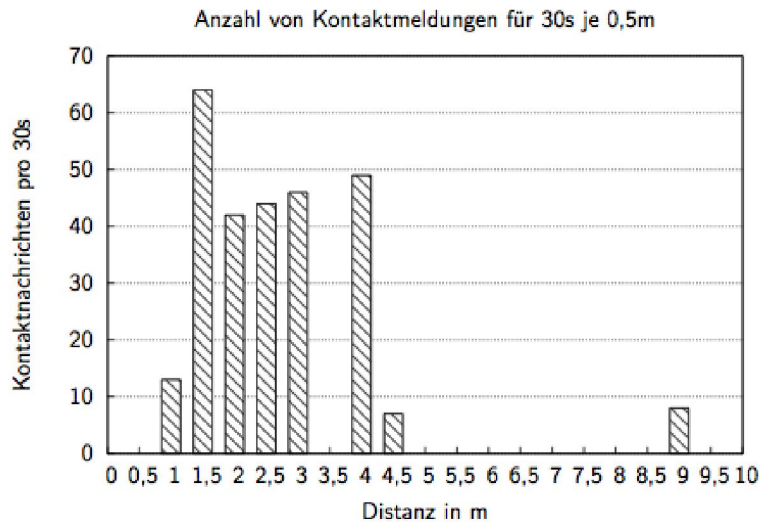


Abbildung 3 Anzahl von Kontaktmeldungen zwischen zwei Proximitytags bei unterschiedlichen Distanzen zueinander.

Für eine Anwendung im Museum für Islamische Kunst, mit einem auf dem entwickelten Prototypen basierenden System, ergibt sich, dass der virtuelle Kompass nur an einer bestimmten Stelle des Raumes, beispielsweise die Raummitte, nutzbar ist. Dies ist sowohl bedingt durch die Ungenauigkeit der Positionsbestimmung, als auch durch die eingeschränkte Kontaktreichweite zwischen den Proximitytags. Um eine „echte“ Kompassfunktionalität umzusetzen, werden dazu in Zukunft andere Ansätze in Betracht gezogen werden müssen.

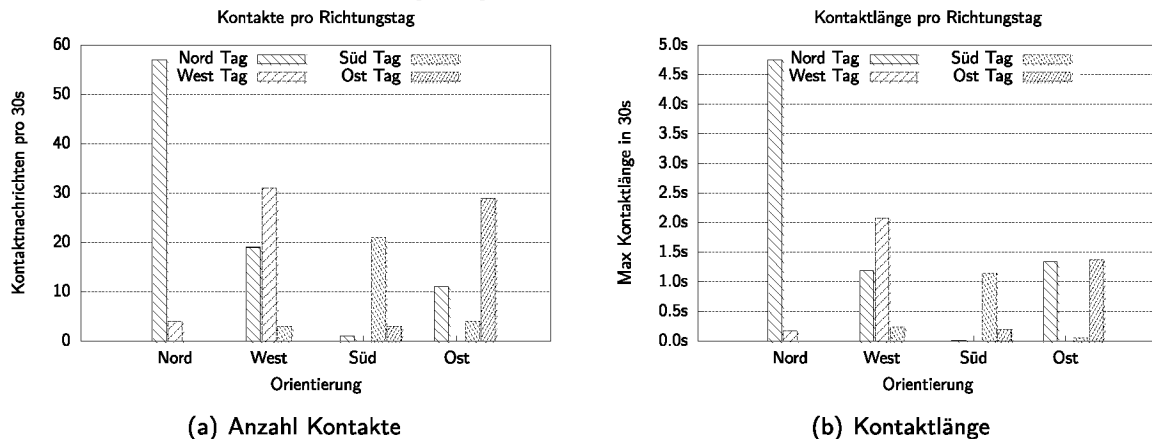


Abbildung 4 Anzahl der Kontaktmeldungen (a) und maximale Kontaktlänge (b) zwischen dem Guidetag und den einzelnen Orientationstags.

5. Objektidentifikation mit visuellen Markern

Die digitale Objekterkennung in einem Museum ist aufgrund der begrenzten technischen Ausstattung eine Herausforderung. Damit das Museum also möglichst keine Veränderungen in einer laufenden Ausstellung vornehmen muss, fiel die Entscheidung auf eine visuelle Objekterkennung. Die Objekte werden mittels einer digitalen Kamera erfasst. Die aufgezeichneten Bilder werden dabei in Echtzeit analysiert. Für die Objekterkennung stehen verschiedene Bilderkennungsverfahren zur Verfügung. Ein besonderes Verfahren zur Bilderkennung, das Scale Invariant Feature Transform (SIFT), wurde von David Lowe entwickelt [Low99, Low04]. Bei diesem Verfahren werden Schlüsselpunkte in einem Bild ermittelt (siehe Abbildung 5(b)), anhand welcher Bilder unterschieden werden können. Hohe Rechenleistung ist neben einer Kamera zur Bildaufnahme bei bildverarbeitenden Verfahren immer notwendig. Heutige Smartphones, wie z.B. Apples iPhone oder das Nexus S von Samsung, bieten die erforderliche Rechenleistung.

Bildverarbeitung beinhaltet Teilgebiete der Bildsegmentierung, der Bilderkennung sowie der Mustererkennung. Dafür werden Technologien aus dem Bereich Augmented Reality (AR) verwendet. Augmented Reality bedeutet, die reale Umgebung durch virtuelle Objekte zu erweitern. Der Benutzer betrachtet mit Hilfe der integrierten Kamera seines Smartphones die Umgebung. Das aufgezeichnete Bild der Realumgebung wird nun mit virtuellen Elementen, meist zusätzlichen Informationen, z.B. von Gebäuden, auf dem Bildschirm dargestellt. Um die Objekterkennung auf iOS oder Android Geräten zu realisieren wurden verschiedene Frameworks evaluiert, darunter Junaio⁵, String⁶ und QCAR⁷. Unter dem Aspekt, dass das verwendete Framework im Museum eingesetzt werden soll, fiel die Entscheidung auf QCAR von der Firma Qualcomm. Ein Entscheidungskriterium für das einzusetzende Framework war, dass es mehrere Möglichkeiten bereitstellen sollte, um Objekte visuell zu erkennen. Im Folgenden werden verschiedene Methoden aus dem QCAR Framework vorgestellt, mit denen Objekte erkannt werden können.

Frame Marker:

Ein Frame Marker (Abbildung 5(a)) besteht aus einem schwarzen Rand sowie neun Quadrate (Schwarz oder Weiß) an jeder Seite. Anhand dieser kann ein Marker identifiziert und sogar dessen Ausrichtung (oben, unten, links und rechts) ermittelt werden. Innerhalb des Markers kann jedes beliebige Bild platziert werden, da zur Identifikation lediglich die Quadrate am Rand herangezogen werden. Für eine Anwendung im Museum könnten diese in der Nähe der Ausstellungsstücke platziert werden und in dem Rahmen des Markers ein beliebiges, der Ausstellung entsprechendes Bild eingefügt werden.

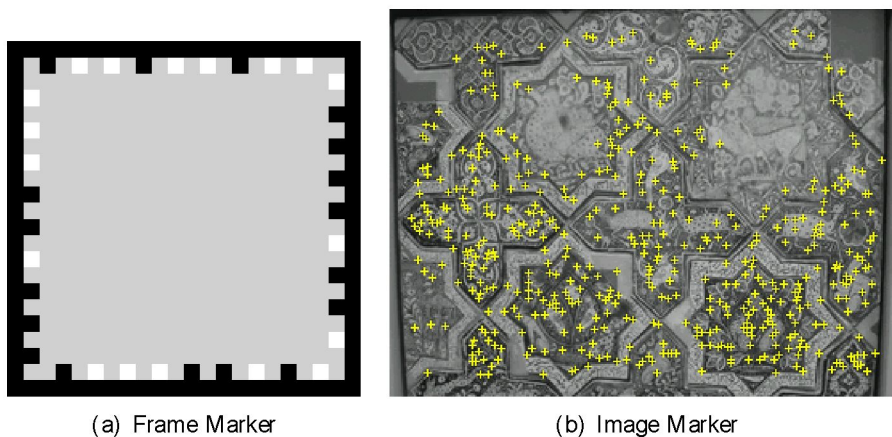


Abbildung 5 Marker zur Identifizierung von Objekten.

Image Marker:

Image Marker (Siehe Abbildung 5(b)) ermöglichen es, Merkmale aus einem beliebigen Bild zu extrahieren, wodurch dieses eindeutig identifiziert werden kann. Dies ermöglicht die Exponate direkt zu erkennen, ohne einen zusätzlichen Marker anzubringen. Hierzu können Fotos der Ausstellungsstücke herangezogen werden.

Die Image Marker Variante ist besonders für Museen interessant, da hier keine zusätzlichen Marker benötigt werden, die an den Objekten angebracht werden müssen. Deshalb wurde entschieden, diesen Ansatz für spätere Versionen vorzusehen, die über den Status des ersten Prototyps hinausgehen. Zunächst werden Framemarker eingesetzt, da diese eine bessere Erkennung der Exponate ermöglichen. Sie sind unabhängig von Spiegelungen, Reflexionen oder

⁵ <http://www.junaio.com>

⁶ <http://ar.qualcomm.at/qdevnet/sdk>

⁷ <http://www.poweredbystring.com>

der Bildqualität der Referenzbilder, die zur Erstellung der Identifizierungsmerkmale beim Image-Marker-Ansatz benötigt werden.

6. Guide Prototyp

Der Prototyp der Guideanwendung verwendet Frame Marker zur Erkennung der Exponate, da diese eine bessere Identifizierung gewährleisten als die Image Marker, wie in Abschnitt 5 beschrieben. Die Kompassfunktionalität ist in diesen Prototypen noch nicht integriert. Dies liegt daran, dass Guide-Prototyp und Kompass-Prototyp zunächst getrennt und auf verschiedenen Plattformen entwickelt wurden.

Die Anwendung startet mit einer Begrüßung, die akustisch eingespielt wird. Der Besucher kann über eine Menüauswahl in den Suchmodus gelangen, welcher die Kamera des Gerätes aktiviert. Im Suchmodus kann der Benutzer Gegenstände finden, die mit einem Frame Marker ausgestattet sind. Ist ein solcher Marker im Fokus der Kamera, werden dem Benutzer auf dem Bildschirm die Informationen zu dem zugehörigen Exponat angezeigt (siehe Abbildung 6). Die Informationen enthalten den Namen, eine ausführliche Beschreibung sowie eine Abbildung des Objektes. Damit der Besucher seine Aufmerksamkeit weiterhin auf die Ausstellung richtet, erhält er die Objektbeschreibung zusätzlich als Audio-Einspielung.



Abbildung 6 Prototyp Screen Layout.

Gefundene Objekte werden in einer Schatztruhe gesammelt. Diese stellt die Inventarliste dar, in welcher der Besucher seine bereits gefundenen Objekte noch einmal anschauen und alle Informationen zu diesen jederzeit abrufen kann.

7. Fazit und Ausblick

In Kooperation der Studiengänge Angewandte Informatik und Museumskunde der HTW-Berlin und des Museums für Islamische Kunst sind ein Konzept sowie erste prototypische Anwendungen für einen Multimedia-Kinderguide entstanden, der es dem Besucher ermöglicht mit Ausstellungsobjekten virtuell interagieren zu können. Für die technischen Kernaspekte, Schatzkompass, visuelle Objekterkennung und CMS sind jeweils getrennt voneinander Prototypen entstanden, die im weiteren Verlauf der Umsetzung des Konzeptes zusammengeführt werden. Mittels RFID kann bereits die Orientierung des Benutzers im Raum erkannt, Exponate mittels Frame Marker identifiziert und Inhalte zu diesen bereits über ein einfaches Frontend in das System eingepflegt werden.

Zukünftig sollte bei der Orientierungserkennung die Position des Museumsbesuchers mit einbezogen werden, um dem Besucher eine dynamische Nutzung des Schatzkompasses bereitzustellen. Bei der visuellen Objekterkennung soll in Zukunft auf Image Marker gesetzt werden. Dazu ist es nötig zu evaluieren, wie die Exponate selber zur Identifizierung herangezogen werden können und inwiefern sie sich dazu eignen.

Danksagung

Der vorliegende Konferenzbeitrag bezieht sich auf die Arbeit des Forschungsprojektes Poseidon, das von der Forschungsgruppe Informations- und Kommunikationsanwendungen INKA der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin geleitet und durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert wird.

Literatur

- [Ber10] Bergemann, Stephan: *Besucherinteraktion auf Veranstaltungen mit der OpenBeacon-Technologie*, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW), Bachelorthesis, Juni 2010
- [CPKC01] Chrysanthis, Prasithsangaree K. ; Prasithsangaree, P. ; Krishnamurthy, P. ; Chrysanthis, P. K.: On Indoor Position Location With Wireless Lans. In: *13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC 2002, 2001*, S. 720–724
- [JWL] Jung, Woojin ; Woo, Woontack ; Lee, Sungjin: *Orientation tracking exploiting ubiTrack*. 2005
- [KSOK06] Kouroggi, Masakatsu ; Sakata, Nobuchika ; Okuma, Takashi ; Kurata, Takeshi: Indoor/Outdoor Pedestrian Navigation with an Embedded GPS/RFID/Self-contained Sensor System. In: *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence* Bd. 4282. Springer Berlin / Heidelberg, 2006. – ISBN 978–3–540–49776–9, S. 1310–1321
- [Low99] Lowe, David G.: Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. University of British Columbia, 1999
- [Low04] Lowe, David G.: Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. University of British Columbia, 2004, S. 91–110
- [RCBO09] Redžic, Milan D. ; Conaire, Ciarán Ó ; Brennan, Conor ; O'Connor, Noel E.: A hybrid method for indoor user localisation / Centre for SensorWeb Technologies, Dublin City University, Ireland. 2009.
- [RM01] Randell, Cliff ; Muller, Henk: Low Cost Indoor Positioning System. In: *UbiComp 2001: Ubiquitous Computing* Bd. 2201. Springer Berlin / Heidelberg, 2001. – ISBN 978–3–540–42614–1, S. 42–48
- [Sin10] Sinner, Michael: *Alternative Ortungsmöglichkeiten zu GPS, speziell auch In-/Outhouse-Lokalisierung mit WLAN: Die Stärke der WLAN Ortung zur räumlichen Positionsbestimmung*. <http://knol.google.com/k/alternative-ortungsm%C3%B6glichkeiten-zu-gps-spezziell-auch-in-outhouse-lokalisierung#>. Version: Juni 2010, Abruf: 26.09.2011
- [SWS06] Schneider, Matthias ; Wehden, Daniel ; Salomon, Ralf: **Akustische Ortung mobiler Objekte in großen Räumen / Institut für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik, Universität Rostock**. 2006. – Forschungsbericht
- [YNA99] You, Suya ; Neumann, Ulrich ; Azuma, Ronald: Orientation Tracking for Outdoor Augmented Reality Registration. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 19 (1999), S. 36–42. – ISSN 0272–1716