



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Anwendungen 2 - Ausarbeitung

Sebastian Rudolf

Virtuelle Notizen Indoor mittels Augmented  
Reality: Related Work

Sebastian Rudolf  
Virtuelle Notizen Indoor mittels Augmented  
Reality: Related Work

Anwendungen 2 - Ausarbeitung - Virtuelle Notizen Indoor mittels  
Augmented Reality: Related Work eingereicht  
im Studiengang Informatik Master  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuer: Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 31. August 2011

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Augmented Reality - ein Abriss</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Vergleichbare Arbeiten</b>	<b>7</b>
2.1	Sensorbasiertes Tracking - Adaptive Wireless Services for Augmented Environments . . . . .	7
2.1.1	Systemkonzept und Funktionsweise . . . . .	7
2.1.2	Bewertung . . . . .	8
2.2	Akzeptanz für AR-Anwendungen - An Augmented Reality Museum Guide . .	10
2.2.1	Konzept und Funktionsweise . . . . .	10
2.2.2	Ergebnisse und Bewertung . . . . .	11
2.3	Gruppenarbeit durch Augmented Reality - Collaborative Use of Mobile Augmented Reality with Paper Maps . . . . .	12
2.3.1	Projektübersicht . . . . .	12
2.3.2	Konzept und Funktionalität . . . . .	12
2.3.3	Ergebnisse und Bewertung . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>15</b>
	<b>Literatur</b>	<b>17</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

1	Systemarchitektur adaptiver drahtloser Dienste für Augmented Reality[25] . .	7
2	TalosB-Sensor und UbiSens-Tag(kein reeller Maßstab) . . . . .	8
3	Eine Station des AR-System im Musée du Louvre [23] . . . . .	10
4	MapLens2 - Interaktionskomponenten und AR-Overlay auf dem Display[1] . .	13

## 1 Augmented Reality - ein Abriss

*Augmented Reality*, ein geprägtes Buzzword welches in der Öffentlichkeit vor allem durch die Werbe- und Unterhaltungsindustrie wahrgenommen wird. Jedoch existieren neben diesen Anwendungsfeldern auch eine Vielzahl von Mobile Augmented Reality-Anwendungen für die stetig wachsende Zahl an Smartphones.[17][7, (S.4)] Frühe Entwicklungen waren oft, aufgrund der beschränkten Rechenleistung, auf Tracking mittels GPS, für den gebrauchte im Außenbereich(Outdoor) effektiv anwendbar. Durch den starken Anstieg der Rechenleistung und Funktionalität änderte sich dieses Bild drastisch und Smartphones werden heute immer häufiger als *Interface*, *Tracker* und *Display* zugleich für AR-Anwendungen verwendet. Dies führte in den letzten Jahren vermehrt zu Untersuchungen und Entwicklungen in Verbindung mit Mobile Augmented Reality Systems(*MARS*), für die Anwendung in Gebäuden(Indoor). Verstärkt kommen hier rechenintensive Object Recognition-Verfahren des Computer Vision[8] oder Hybride aus visuellem und sensorbasierten Tracking, zum Einsatz.[11, (S.355)]

Das *Shared Notes-Projekt*[19] soll es ermöglichen im Smart Home *Living Place Hamburg* virtuelle Notizzettel an größeren Objekten und Wänden zu hinterlegen. Dabei dient ein Smartphone als Interface und Display für den Nutzer, die Datenkonsistenz und -kommunikation wird durch Softwarekomponenten auf der Smart Home-Infrastruktur gewährt. Das Tracking erfolgt durch eine Kombination aus dem Real Time Location System(*RTLS*) der Firma *UbiSense* und dem Indoor Spatial Information System(*ISIS*)-Projekt *LivingPlace3D*[12], welche das koordinatenbezogene Orten von Nutzer und Objekten ermöglicht. Ergänzt werden diese beiden Systeme durch die Inertial Measurement Units(*IMU*) des Smartphones, welches mit Kompass und 3-Achsen-Gyrosensor Informationen über dessen Orientierung im Raum liefern. Die Kommunikation der Komponenten erfolgt dabei über den Message-Broker *ActiveMQ*. [13][14] Mit *Shared Notes* soll festgestellt werden ob sich durch eine virtuelle Variante von Notizzetteln das Assoziieren von Informationen oder Sachverhalten schneller und intuitiver gestaltet. Die Freiheit bei Positionierung und visueller

Gestaltung sowie Aufarbeitung und Darstellung der Notizen sollen hier unterstützend wirken.

### **Gliederung dieser Ausarbeitung**

Es soll zunächst ein sensorbasiertes MARS entstehen welches sich der vorhandenen Infrastruktur und Softwarekomponenten bedient. Die TU Berlin zeigt anhand eines Systemkonzepts wie adaptiver Dienste für Mobile AR realisiert werden können. Diese Arbeit zeigt eine einfache Methode des Tracking und Sensing von Objekten auf, welche durch eine gegebene, kostengünstige(off the shelf) und energieeffizienten Infrastruktur erzielt wurde. Die zweite Arbeit zeigt mittels einer Untersuchung am Musée du Louvre, Pariser Stadtschloss, welche Faktoren für die Akzeptanz von AR-Anwendungen relevant und zu beachten sind. Hier wurde eine Rundführungsassistierung aus einer mobilen und einer statischen Komponente realisiert und erprobt. Als dritte und hier letzte betrachtete Arbeit zeigt ein Projekt aus Europa das Potential von AR-Anwendungen für Gruppenarbeit. Diese Arbeiten werden individuell Bewertet worauf im Abschluss ein Gesamtfazit zu den gesammelten Erkenntnissen und weiteren Planungen bezüglich des Shared Notes-Projektes stattfindet.

## 2 Vergleichbare Arbeiten

### 2.1 Sensorbasiertes Tracking - Adaptive Wireless Services for Augmented Environments

#### 2.1.1 Systemkonzept und Funktionsweise

2009 stellte Xing Liu et al., Technische Universität Berlin, auf der MobiQuitous2009, ein Konzept vor[25], wie man adaptive drahtlose Lösungen für Augmented Environments schaffen kann. Dazu trägt jeder Nutzer der Räumlichkeiten ein Smartphone als Interface und Display, sowie eine zusätzliche Hardwarekomponente, einem drahtlosen Sender. Im Raum sind die Bezugsobjekte ebenfalls mit je einem Sender ausgestattet, wodurch mittels RSSI-Berechnung(Received Signal Strength Indication) die relative Distanz zwischen Nutzer und Objekten berechnet werden kann.

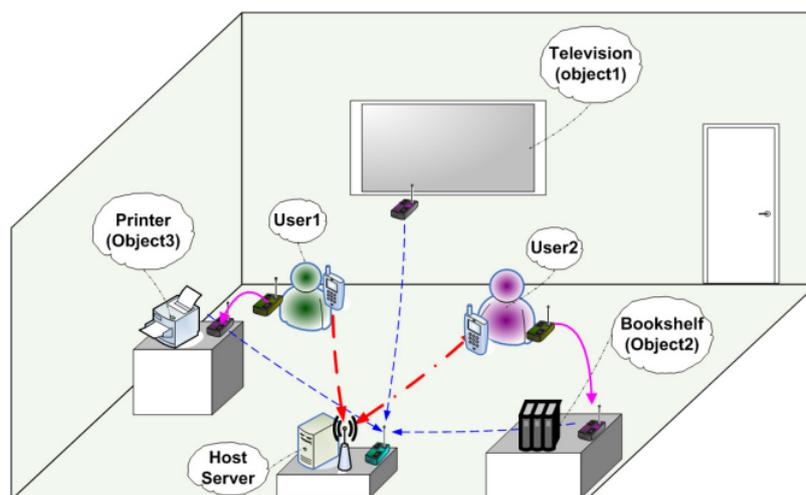


Abbildung 1: Systemarchitektur adaptiver drahtloser Dienste für Augmented Reality[25]

Die Anwendung ist in zwei Grundkomponenten aufgeteilt, zum ersten die Kommunikation über die Infrastruktur und zum zweiten die abrufbaren, web-basierten Dienste. Diese Diens-

te werden über den Browser des Smartphones aktiviert oder aufgerufen. Während der Nutzung sammelt das System Daten über das Nutzerverhalten, so kann die Anwendung automatisch genutzte Dienste an Objekte binden, welche oft im Nahbereich des Nutzers waren, beispielsweise Twitter am Fenster oder Wikipedia auf der Couch. Damit wird die adaptive Arbeitsweise umsetzen. Durch Annäherung können nun die Web-Dienste automatisch ausgelöst werden und den Nutzer hierdurch eine Assistierung und erhöhten des Komforts gewähren.

### 2.1.2 Bewertung

Eine wichtige Designentscheidung war das aufteilen in beide Komponenten, so können "seamless and interactive mobile applications" erzeugt werden. Diese Forderung hatte Daniel Wagner bereits 2007 in seiner Dissertation beschrieben.[24, (S.31)] Aufgrund der Ungenauigkeit von Triangulationsverfahren für Wi-Fi und GPS kommen die TalosB-Sensoren zum Einsatz mit dessen Hilfe eine Indoor-Auflösung von etwa einem Meter erreicht werden konnte.

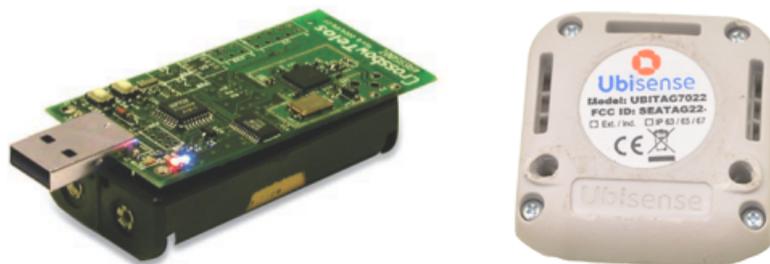


Abbildung 2: TalosB-Sensor und UbiSens-Tag(kein reeller Maßstab)

Diese Sensoren sind off-the-shelf Produkte, es werden die einfache Handhabung, die niedrigen Kosten und die gute Dokumentation der Programmier-Tools hervorgehoben, zwei der drei Kriterien fordert auch David Prochazka der sich der Thematik von Mainstream-AR-Anwendungen genauer gewidmet hat.[7] Auch wird proklamiert das der Stromverbrauch

TalosB eine engerieffiziente Lösung darstellt.[10] Das Zuordnen der Sensoren zu drei Kategorien macht die Identifizierung der Objekte einfacher, Nutzer Tragen *Beacons*, Objekte tragen *Relays* und *Hosts* empfangen den Nachrichtenverkehr welcher zu dem Host-Server weitergeleitet wird.

So elegant diese Lösung auch ist, sind dennoch auch Nachteile zu erkennen die Zuordnung der genutzten Dienste wird an die Bewegungsmuster geknüpft, nutzt man Dienste nur in einem bestimmten Zeitraum, wird eine neue Lernzeit fällig um die nun unerwünschte Zuordnung zu verlernen. Auch kann es negative Auswirkungen hervorrufen, wenn dem Nutzer nicht bekannt ist welche Objekte sensitiv für das System sind. Jeder Nutzer hat verschiedenes Verhalten, was vor allem in öffentlichen Einrichtungen zu betrachten ist, beispielsweise in einem Museum wo dieses System Anwendung finden könnte.

Interessant ist ein Erweiterungsvorschlag Seitens der Autoren, die Anwendung könne auch Outdoor funktionieren, dafür soll GPS und Google-Maps als Tracking- und Darstellungsmethode dienen. Was zur Folge hat das Outdoor nur grobe Auflösungen verfügbar sind, welche aber für dieses Anwendungsfeld oft ausreichen, denkbar wäre ein City-Guide. Aber auch für Shared Notes im Living Place Hamburg ist das Erkennen der Annäherung interessant. Die Auflösung der Sensorik ist zumindest für die aktuell geplante Softwareumsetzung ausreichend hoch[? ], unabhängig davon das das UbiSense RTLS bereits erfolgreich eingesetzt wird. Ebenso ist es fraglich ob der Nutzer immer zum gewünschten Objekt laufen möchte oder gar kann, um eine Notiz zu hinterlegen. Dies würde Vorteile einer hohen Reichweite eliminieren. Als Gegenfrage ist natürlich berechtigt, ob man nicht ohnehin öfter Notizen in dem Umfeld anbringt, in dessen man gerade interagiert.

## 2.2 Akzeptanz für AR-Anwendungen - An Augmented Reality Museum Guide

### 2.2.1 Konzept und Funktionsweise

In diesem [23] dreijährigen Projekt wurde ein Routenführer-System entwickelt um Erfahrungen mit innovativen Multimedia-Ansätzen zu erhöhen. Die entwickelte AR-Anwendung bietet den Besuchern des Museums die Möglichkeit sich durch die Räumlichkeiten führen zu lassen und mit Kunstwerken zu interagieren. Jeder Nutzer trägt dabei ein Tablet-PC als mit montierter Webcam als Interface und Display. Es wurden zwei Komponenten umgesetzt, ein Komponente für die Rundführung, welche visuell per 2D-Map, als auch akustisch durch Hinweise, stattfindet. Und eine zweite Komponente welche der Interaktion mit dem Kunstobjekt dient.



Abbildung 3: Eine Station des AR-System im Musée du Louvre [23]

Das System besitzt also, zusätzlich zum tragbaren Tablet-PC, mehreren Stationen welche aus dem Kunstwerk, einem Tablet als Display, einer Webcam und einem Desktop-PC be-

stehen. Diese Stationen zeigen auf wie man sich durch das Gebäude bewegen kann und spielen die 3D-Animationen und eine Zusammenfassung zum Objekt, auf dem Tablet-PC beim Nutzer ab, sobald er sich auf zwei bis drei Meter genähert hat. Für das Tracking wurde, mit Hinblick auf die Bewegungsfreiheit, eine hybride Lösung genutzt, welche das Kunstwerk anhand einer texturierten Platte erkennen kann, einem markerless Tracking welches mittels Rotationssensorik unterstützt wird. Um die Annäherung an eine Station erkennen zu können, kam eine RFID-Sensorik zum Einsatz. Für die Rundführungskomponente wurde einen Charakter genutzt welcher besonders, aber nicht ausschließlich, für Kinder eine ansprechendere Interaktion darstellt, er sollte ein familiäreres Gefühl vermitteln.

### 2.2.2 Ergebnisse und Bewertung

Die ersten Feststellung welche die Autoren machten, betrafen die Darstellung der Information und der damit verbundenen Verwirrung beim Nutzer. So waren die Distanz zum Kunstobjekt als auch die Lichtbedingungen entscheidend für die Darstellungsqualität, was auf das hybride Tracking-Verfahren zurückzuführen ist. Eine weitere Hürde war das finden der Stationen, welche nicht explizit gekennzeichnet waren. Damit war der Besucher angehalten mit dem System zu experimentieren was stellenweise für Verwirrung sorgte.

Jedoch hat sich gezeigt das die Nutzer des Systems die Gegenstände an entsprechenden Stationen sorgfältiger betrachteten und sich intensiver mit dem Werk befassten. Auch die Nutzung des Interfaces, welches als Kamera und Sucher zugleich fungiert, erwies sich als geeignet. Es ähnelt beinahe natürlicher Handhabung, die Bedienung musste den Besuchern also nicht explizit erklärt werden. Rundum haben während der Untersuchung 25 von 350 Besuchern das System genutzt. Auch wenn das tragbare Gerät nur etwa ein Kilogramm wog ist davon auszugehen das mit heutigen Mitteln und der starken Verbreitung von Smartphones die Akzeptanz im wesentlichen höher ausfallen dürfte. Bemerkenswert ist, das heutige High-End Smartphones bereits über ähnliche Rechenleistung wie die Stationen, mit 1,2 GHz Intel Core 2 Duo, verfügen. Mit der Anwendung konnten auf den mobilen

Gerät 14Hz und auf den Desktopsystem 30Hz erreicht werden. Diese Tatsache lässt darauf schließen, dass die Rechenleistung heutiger Smartphones für rechenintensive visuelle Tracking-Verfahren genügend ist.

## **2.3 Gruppenarbeit durch Augmented Reality - Collaborative Use of Mobile Augmented Reality with Paper Maps**

### **2.3.1 Projektübersicht**

In diesem Projekt wurde untersucht, wie gemeinsam Mobile Augmented Reality-Anwendungen von Anwendern genutzt werden. Dafür wurde die 2009 entwickelte AR-Anwendung MapLens2 eingesetzt, worauf 2011 mittels dieser eine Auswertung stattfand.[1] Beteiligt war hier, neben Ann Morrison als Projektleiterin, der leitende Direktor des Christian Doppler Laboratoriums und langjähriger AR-Experte Dietmar Schmalstieg sowie weiteren Forschern aus dem Nokia Research Center Finnland und Department of Social Research, Social Psychology der Universität Helsinki, als auch aus Neuseeland. Das Christian Doppler Laboratorium wurde 2008 am Institute for Computer Graphics and Vision, an der Technischen Universität in Graz, gegründet. Diese Forschungsgruppe, zu welcher unter anderem auch Daniel Wagner gehört, beschäftigt sich intensiv mit der Thematik der Handheld Augmented Reality[3] wobei mittlerweile speziell auf Handheld-Geräte optimierte und sehr präzise Tracking-Verfahren erforscht und entwickelt wurden.[5][4] Sie demonstrierte während der ISMAR 2003 die erste AR-Anwendung auf einem PDA, Kanji Learning.[6] 2007 folgte die Erstdemonstration von Real Time Natural Feature Tracking auf einem Mobiltelefon.

### **2.3.2 Konzept und Funktionalität**

MapLens2 dient der Outdoor-Navigation mittels gemeinsam genutzter Landkarten, dabei wird ein augmented-Raum zur Datenverteilung genutzt. Der Nutzer benötigt eine Papier-Landkarte (Ausgedruckten Google-Maps) und betrachtet diese durch die Kamera eines

Smartphones. Virtuelle Markierungen sind dann frei auf der virtuellen Landkarten einfügbar.



Abbildung 4: MapLens2 - Interaktionskomponenten und AR-Overlay auf dem Display[1]

Das Bild wird mittels Natural Feature Trackings analysiert[5][4] und per GPS die Position ermittelt. Bei der Analyse findet ein Abgleich der erkannten Merkmale mit denen, einer zuvor generierten Landkarte und bereits extrahierter Merkmale, statt. Diese im Voraus generierte Karte ist über eine HyperMedia Database(HMDB) online für alle Nutzer abrufbar. Generierte Markierungen können dabei als Metadaten per ATOM-Protokoll(NewsFeed) auf die Datenbank gesendet werden und sind damit weiteren Nutzern verfügbar. Insgesamt arbeitet die Anwendung mit einer Bildwiederholrate von 16-20 Bildern pro Sekunde.

### 2.3.3 Ergebnisse und Bewertung

Das sehr robuste Natural Feature Tracking funktioniert mit einer ausreichenden Bildrate um ein Echtzeitgefühl des angezeigten AR-Overlays zu erzeugen. Das verwendete Tracking-Verfahren funktioniert für den Anwendungsbereich auf einer Distanz zwischen 0,1 und zwei Metern und bis nahezu einer Neigung von 90 Grad. Außerdem ist das Verfahren relativ

unempfindlich gegenüber Lichtänderungen. Dies zeigt auf beeindruckende Weise wie leistungsstark und präzise visuelle Verfahren für AR-Anwendungen arbeiten können. Aber auch hier müssen explizit Bezugspunkte modelliert sein müssen, existiert ein Abbild mit extrahierten Merkmalen aber einmal kann es nahezu überall online abgerufen werden.

Damit wären erweiterte Informationen im öffentlichen Bereich einfach anwendbar, beispielsweise Poster an Haltestationen öffentlicher Verkehrsmittel oder an Schaufenstern. Ein Nachteil hierbei ist das Ortsinformationen veralten können, beispielsweise Informationen in öffentlichen Verkehrsmitteln oder Poster an Litfaßsäulen. Mit einem sensorbasierten Lösung hingeben lässt sich die Position der Information direkt an eine physikalische, kontinuierlich verfolgbare, Entität binden.

Für die Untersuchung wurden 37 Nutzer im Alter zwischen 14 und 44. Die Mehrheit besaß eine Qualifizierung auf universitären Niveau. Rasmus Rasmusen et al. zeigten[18] das speziell ausgesuchte Tester präziseres Feedback bezüglich technischer und funktioneller Aspekte liefern. Der Feldtest war als Schatzsuche-Spiel aufgebaut, mehrere Gruppen von Nutzern hatten dabei verschiedene Aufgaben. Die Umgebung sollte mittels Landmarken durch die Tester erkunden werden um dabei im Spiel fortzuschreiten. Dabei zeigte sich das die Tester immer spontan dafür entschieden haben gemeinsam ein Problem lösen, obwohl dies nicht notwendig war. Durch den Feldtest wurde gezeigt das Collaborative Augmented Reality durchaus auch Potential für MARS besitzt und das den Nutzen des AR-Konzepts bestätigt. Zudem förderte die Gruppenarbeit das Wohlbefinden und den Spaß mit der Anwendung und Aufgabe.

Es hat sich damit gezeigt das AR-Lösungen die gemeinschaftliche Arbeit fördern kann. Es stellt sich also die Frage in welcher Art und Weise öffentliche, virtuelle Notizen im Shared Notes-Projekt genutzt werden und ob dies der Kommunikation und Problemlösung dienlich sein kann.

### 3 Fazit und Ausblick

2008 beschreibt George Papagiannakis et al. in einem Beitrag im Journal *Computer Animation and Virtual Worlds* [9] das die Präzision der Tracking-Technologie Abhängig von den Anwendungszwecken unterschiedlichen Anforderungen genügt. Mit der Arbeit von Xing Lui wird deutlich das sich kostengünstige, energieeffiziente und robuste sensorbasierte Verfahren für den Indoor-Bereich ausreichende Präzision bieten können und dazu die virtuelle Information an reale Objekte effektiv binden lassen. Dies bringt weitere Nutzungsmöglichkeiten mit sich, zum Beispiel das Analysieren des Bewegungsverhalten unabhängig des Interaktionsverhaltens und entsprechende Adaptierungsmöglichkeiten, welche für das Shared Notes-Projekt aber bisher nicht von Relevanz sind. Bisher werden Notizen immer am Objektmittelpunkt angebracht, mit einem präziseren Tracking wäre es möglich Notizen überall in der Wohnung, völlig frei, anzubringen.

Das heutige Smartphones über ausreichend Rechenleistung für spezialisierte visuelle Tracking-Verfahren verfügen könne zeigen verschiedene Arbeiten.[7, (3.1)][1][4] Sollte sich durch umfangreiche Tests herausstellen, das UbiSense den Präzisionsanforderungen nicht mehr genügt, steht damit der Vorstellung einer hybriden Lösung, für das Shared Notes-Projekt, wenig im Weg. So könnten kleinere, nicht im ISIS modellierte, Objekte wie Bücher als Bezugspunkte gefordert werden, das MapLens2-Projekt macht es vor. Selbst für sehr rechenintensive Verfahren wäre kein größeres Problem, Cloudlets[15] oder die Infrastruktur des Living Place Hamburg könnten genutzt werden. Womit aber zugleich festzustellen wäre ob die Echtzeitanforderungen für die Interaktion und Darstellung noch getroffen werden. Julie Carmigniani zeigte in ihrer Masterthesis 2010[11] das bereits ein Großteil der verwendeten Verfahren Hybride oder rein visueller Natur sind.

Wie wichtig nichtfunktionale Anforderungen für AR-Anwendungen sind zeigen Forschungsanstrengungen des US-Militärs, wie das ARMAR-Projekt[21][20][22] und der Beitrag *User Interface Design for Military AR Applications* im Journal *Virtual Reality - Special Issue on*

Augmented Reality.[16] Ann Morrison et al. achteten in der MapLens2-Untersuchung[1, S.7] darauf, dass die Anwendung die Nutzer nicht zur gemeinsamen Problemlösung zwingt, sondern möglichst viel Interaktionsfreiheit gewährt. Zudem wurde festgestellt dass die Effektivität der Gruppenarbeit stieg, sobald jeder Nutzer sein eigenes Interface und Display besitzt und nicht auf gemeinsam genutzte Hardware angewiesen ist. Damit ist zu untersuchen wie sinnvoll ein gemeinsam genutzter Terminal im Smart Home, für erweiterte Darstellung und Verwaltung von Notizen dienlich sein kann.

Ein in 2.1.2 und 2.2.2 festgestelltes Problem ist die Identifizierung der AR-sensitiven Objekte durch den Nutzer. Gerade in fremden Räumlichkeiten kann dies zum Problem werden wenn der Nutzer keine reale oder virtuelle Hinweise dafür vorfinden kann. Shared Notes löst dieses Problem indem verfügbare Objekte im Blickfeld (Fokusbereich genannt) und direkter Umgebung in einer Listendarstellung angezeigt werden und so anwählbar sind. Die Technik funktioniert nur aufgrund der modellierten Objekte im ISIS, so können auch Objekte außerhalb des Blickfeldes dem Nutzer vermittelt werden. Rein visuelle Verfahren sind hier bisher auf stetig direkten Blickkontakt angewiesen, theoretisch wäre ein Assoziations-Cluster denkbar indem ein Information alle Informationen seiner Umgebung kennt und so vermitteln könnte.

Ein interessanter Punkt der kaum Bemerkung findet sind Visualisierungstechniken für Augmented Reality. In der Regel werden dazu Frameworks, im Zusammenhang mit Computer Vision Verfahren, benutzt. Das bekannte ARToolKit wurde beispielsweise vom Team des Christian Doppler Laboratoriums weiterentwickelt und ist intern als ARToolKitPlus vertreten.[3] Der Call for Papers der diesjährigen ISMAR 2011(The 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality) in Basel(Schweiz), [2] zeigt dass dies auch hier ein wesentlicher Bestandteil ist und Fragen nach der Informationsdarstellung und Nutzerinteraktion be- und umforscht werden. Dieser Themaik wird sich nach den ersten Test der Funktionalität in der Einsatzumgebung intensiver gewidmet.

## Literatur

- [1] ANN MORRISON, Saija Lemmelä Antti Oulasvirta Giulio Jacucci Peter Peltonen Dieter Schmalstieg Holger R. Alessandro Mulloni M. Alessandro Mulloni: Collaborative use of mobile augmented reality with paper maps. In: *Computers & Graphics - Elsevier* Volume 35, Issue 4 (2011), August, S. 789–799. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2011.04.009>. – DOI 10.1016/j.cag.2011.04.009
- [2] BASEL, Switzerland: Call for Papers. In: *Workshop on Visualization in Mixed Reality Environments* (2011), October. <http://studierstube.org/ISMARVizWorkshop/>
- [3] CHRISTIAN-DOPPLER-LABORATORY: *Handheld Augmented Reality - Virtual Reality and Computer Graphics at Graz University of Technology (TUG)*. [http://studierstube.icg.tugraz.at/handheld\\_ar/navigation.php](http://studierstube.icg.tugraz.at/handheld_ar/navigation.php).  
Version: 2011
- [4] DANIEL WAGNER, Alessandro Mulloni Tom Drummond Dieter S. Gerhard Reitmayr R. Gerhard Reitmayr: Real-Time Detection and Tracking for Augmented Reality on Mobile Phones. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* Volume 16, Issue 3 (2010), May. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2009.99>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2009.99>
- [5] DANIEL WAGNER, Horst B. Dieter Schmalstieg S. Dieter Schmalstieg: Multiple target detection and tracking with guaranteed framerates on mobile phones. In: *ISMAR '09 Proceedings of the 2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2009). <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336497>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336497>
- [6] DANIEL WAGNER, Istvan B.: Augmented Reality Kanji Learning. In: *ISMAR '03 Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2003)

- 
- [7] DAVID PROCHAZKA, Ondrej Popelka Jiri S. Michael Stencl S. Michael Stencl: MOBILE AUGMENTED REALITY APPLICATIONS. In: *17th International Conference on Soft Computing* (2011), 469-476. <http://arxiv.org/abs/1106.5571v1>
- [8] DAVID PROCHAZKA, Tomas K.: Augmented Reality Implementation Methods in Mainstream Applications. In: *Acta Universitatis agriculturae et silviculturae Mendeliana Brunensis* LIX, No. 4 (2011). <http://arxiv.org/abs/1106.5569v1>
- [9] GEORGE PAPAGIANNAKIS, Nadia Magnenat-Thalmann Gurminder S. Gurminder Singh: A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. In: *Computer Animation and Virtual Worlds* Volume 19, Issue 1 (2008), Februar, S. 3–22. <http://dx.doi.org/10.1002/cav.v19:1>. – DOI 10.1002/cav.v19:1
- [10] JOSEPH POLASTRE, David C. Robert Szewczyk S. Robert Szewczyk: Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research. In: *IPSN '05 Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks* (2005)
- [11] JULIE CARMIGNIANI, Marco Anisetti-Paolo Ceravolo Ernesto Damiani Misa I. Borko Furht F. Borko Furht: *Augmented reality technologies, systems and applications*, Diplomarbeit, December 2010. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>. – 341–377 S.
- [12] KARSTAEDT, Bastian: Entwicklung und Integration des Indoor Spatial Information Services in den Living Place Hamburg. In: *HAW Hamburg* (2011). <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master10-11-proj2/karstaedt.pdf>
- [13] KJELL OTTO, Sören V.: Entwicklung einer Architektur für den Living Place Hamburg. In: *HAW Hamburg* (2010). [http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/otto\\_voskuhl.pdf](http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/otto_voskuhl.pdf)

- [14] KJELL OTTO, Sören V.: Weiterentwicklung der Architektur des Living Place Hamburg. In: *HAW Hamburg* (2011). <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master10-11-proj2/otto-voskuhl.pdf>
- [15] MAHADEV SATYANARAYANAN, Ramon Caceres-Nigel D. Paramvir Bahl B. Paramvir Bahl: The Case for VM-based Cloudlets in Mobile Computing. In: *Pervasive Computing, IEEE* (2009), October, S. 14–23. <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2009.82>. – DOI 10.1109/MPRV.2009.82
- [16] MARK A. LIVINGSTON, Kevin Karsch Gregory O. G. Zhuming Ai A. Zhuming Ai: User interface design for military AR applications. In: *Virtual Reality - Special Issue on Augmented Reality* Volume 15, Issue 2-3 (2011), November, 175-184. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-010-0179-1>. – ISSN 1359–4338
- [17] NEWS, Nielsen: *In US, Smartphones Now Majority of New Cellphone Purchases.* [http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online\\_mobile/in-us-smartphones-now-majority-of-new-cellphone-purchases/](http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online_mobile/in-us-smartphones-now-majority-of-new-cellphone-purchases/).  
Version:2011
- [18] RASMUS RASMUSSEN, Tobias Fjeldsted Morten H. Anders S. Christensen C. Anders S. Christensen: Selecting Users for Participation in IT Projects: Trading a Representative Sample for Advocates and Champions? In: *Interacting with Computers* Volume 23, Issue 2 (2011), S. 176–187. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2011.02.006>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2011.02.006>
- [19] RUDOLF, Sebastian: Shared Notes - virtuelle Notizen im Smarthome - Vorarbeit Augmented Reality. In: *HAW Hamburg* (2011), August
- [20] STEVEN FEINER, Steve H.: *Augmented Reality for Maintenance and Repair (AR-MAR).* <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/index.htm>.  
Version:2009

- [21] STEVEN J. HENDERSON, Steven F.: Evaluating the Benefits of Augmented Reality for Task Localization in Maintenance of an Armored Personnel Carrier Turret. In: *ISMAR '09 Proceedings of the 2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2009), October, S. 135–144. <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336486>. – DOI 10.1109/ISMAR.2009.5336486
- [22] STEVEN J. HENDERSON, Steven K. F.: Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR). In: *Air Force Research Laboratory, Human Effectiveness Directorate, Warfighter Readiness Research Division, Logistics Readiness Branch* (2007)
- [23] T. MIYASHITA, T. Tachikawa S. Orlic T. Eble V. Scholz A. Gapel O. Gerl S. Arnaudov S. L. P. Meier M. P. Meier: An Augmented Reality Museum Guide. In: *ISMAR '08 Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (2008), October, S. 103–106. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637334>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637334>
- [24] WAGNER, Daniel ; WAGNER, Daniel (Hrsg.): *Handheld Augmented Reality*. Inffeldgasse 16a/2nd floor, A-8010 Graz, Austria : Graz University of Technology Institute for Computer Graphics and Vision, 2007 [studierstube.icg.tugraz.at/thesis/Wagner\\_PhDthesis\\_final.pdf](http://studierstube.icg.tugraz.at/thesis/Wagner_PhDthesis_final.pdf)
- [25] XING LIU, Christian B. Tansu Alpcan A. Tansu Alpcan: Adaptive Wireless Services for Augmented Environments. In: *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, MobiQuitous, 2009. MobiQuitous '09. 6th Annual International* (2009), November, S. 1–8. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.4108/ICST.MOBIQUITOUS2009.6821>. – DOI <http://dx.doi.org/10.4108/ICST.MOBIQUITOUS2009.6821>