

# 26th Chaos Communication Congress

## Fußgängernavigation mit Augmented Reality

**Dipl.-Ing. M. Kluge**  
Universität Potsdam  
Institut für Geographie  
Fachgruppe Geoinformatik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam/Golm

[mario.kluge@uni-potsdam.de](mailto:mario.kluge@uni-potsdam.de)

### 1. Einleitung

Augmented Reality (AR) oder Erweiterte Realität beschreibt die Synthese von detailreichen realen Bilddaten mit virtuellen Routeninformationen. Der Vorteil besteht in der klaren und unmissverständlichen Darstellung der Anweisungen vor der realen Ansicht, so dass AR besonders für Fußgänger geeignet ist.

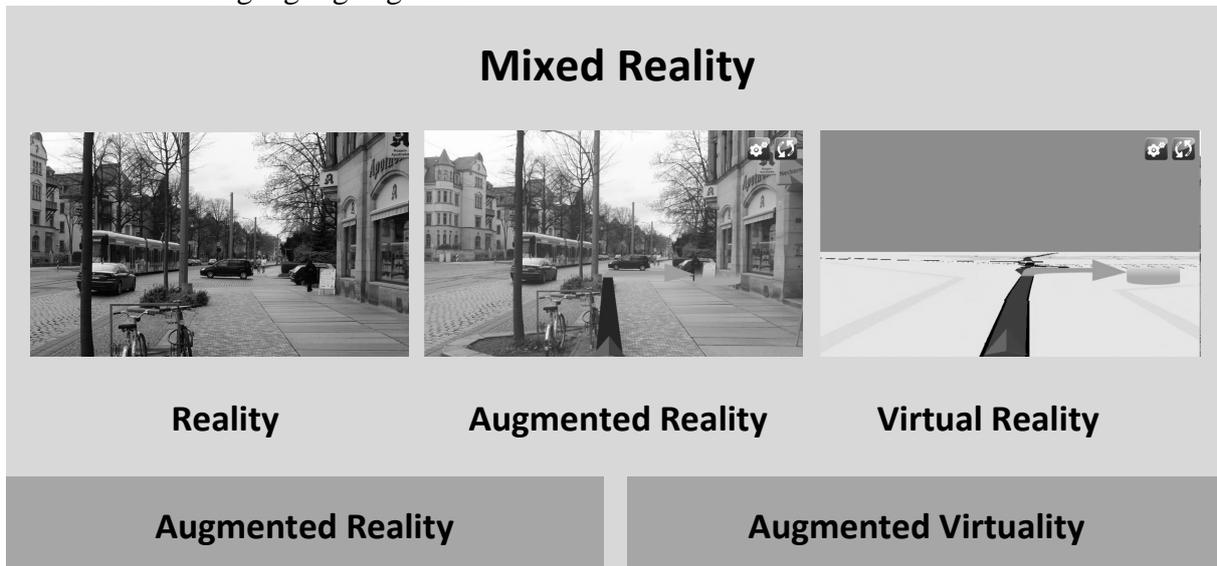


Abb. 1 - Zuordnung der Begriffe mit beispielhafter Abbildung

Der grundlegende Unterschied zwischen Virtual Reality und Augmented Reality besteht in der Tatsache, dass AR die Umwelt mit weitreichenden Informationen ergänzen möchte anstatt diese zu ersetzen. Dazu wird mit Hilfe verschiedener Sensoren die Position und Lage des Gerätes genau erfasst. Im Anschluss werden Echtzeit Informationen, wie Routenanweisungen und Kartenobjekte, lagegetreu eingeblendet. Diese Technik wird schon seit längerem im Fernsehen bei Sportübertragungen erfolgreich eingesetzt. Durch Bahnmarkierungen im Schwimmbecken oder als Abseitslinie beim Fußball kommen Zuschauer oft unbewusst mit AR Systemen in Berührung. Auch die Werbeindustrie hat die Vorteile von AR für sich entdeckt. So werden Werbebanner auch bei häufigen Kameraausrichtungen perspektivisch korrekt mit geschwenkt.

Mit der neuesten Smartphone-Generation hält die Technik nun auch in mobilen Applikationen Einzug. Um die Darstellung von Kamerabildern und Virtuellem Modell nahezu deckungsgleich zu überlagern, wird die Lage und Ausrichtung des Gerätes sensorisch erfasst.

## 2. Konzept

Mit der ständig fortschreitenden technischen Entwicklung beinhalten bereits aktuelle Smartphone-Generationen eine Vielzahl an verschiedenen Sensoren, um die Ausrichtung des Gerätes in Echtzeit zu überwachen. Das Konzept basiert auf dem Abfilmen der Umgebung mit Hilfe einer Kamera. Daraufhin werden georeferenzierte Informationen, wie etwa Straßen oder interessante Punkte, mit der Lage des Gerätes verrechnet und über die Kameraansicht abgebildet.



Abb. 2 – Zusammensetzung des Reality View aus Kamera, Satellitenortung, Kompass und Neigungssensor

Das Ergebnis stellt eine nahezu deckungsgleiche Mischung realer und virtueller Bilddaten dar, die die beiden Vorteile Aktualität und Präzision verbinden. Somit ist es möglich, die betreffenden Entscheidungspunkte, wie etwa Fußwege, Ampelkreuzungen oder Hauseingänge, direkt und frontal zu betrachten. Mit Hilfe eines Reality View wird das eingeschränkte, reale Sichtfeld des Benutzers durch weitsichtige Routeninformationen angereichert und in Kombination aus beiden Elementen als ER wiedergegeben.

## 3. Navit

Navit ist eine in C/C++ programmierte modulare Navigationssoftware auf Open-Source Basis. Ursprünglich für Linuxsysteme entwickelt ist sie mittlerweile plattformübergreifend. Die Darstellung der aktuellen Position kann mittels eines GPS-Empfängers in verschiedenen Ansichten wie etwa der Vogelperspektive oder als 3D-Perspektive angezeigt werden. Neben einer ausgereiften Routing-Funktion kommt Navit mit fast allen verfügbaren Karten (u.a. Garmin, Falk Großer Reiseplaner) zurecht, nicht nur mit Openstreetmap Daten. Im Gegensatz zu anderen Fahrzeugnavigationssystemen werden Karten in Navit in Echtzeit dynamisch von Vektordaten generiert. Navit bildet die Basis des hier vorgestellten AR-Systems „Reality View“. Erweitert wurde Navit um die Möglichkeit die Kartendarstellung anhand der Sensordaten auszurichten. Ein für AR Ansicht angepasstes GUI und für Fußgänger aufbereitete Geodaten ermöglichen es, basierend auf Navit, ein AR-Fußgängernavigationssystem zu entwickeln.



Abb. 3 – Umsetzung des Prototyps auf einen Smartphone

#### 4. Reality View

Dank einer integrierten, optischen Kamera ist es möglich, den Live-Stream direkt auf den Bildschirm abzubilden. Die Verbindung von detaillierten Bilddaten und präzisen Routeninformationen versetzt den Nutzer in die Lage seine aktuelle Umgebung wiederzuerkennen und zeitgleich die Wegbeschreibung zu verstehen. Der Vorteil liegt in der intuitiven Navigation. Anders als in Fahrzeugnavigationssystemen werden keine virtuellen Welten erzeugt, sondern aktuelle Bilddaten verwendet. Für den Nutzer wird damit die Assoziation der dargestellten Szene zur Umwelt erleichtert und die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche - die Navigationsanweisung - gelenkt. Ein weiterer Vorteil besteht im Verhältnis des Informationsgehaltes von Navigationsanweisungen zur Displaygröße der Smartphones. Mit der Möglichkeit Angaben zu Entfernung, Lage oder Dauer bis zum Ziel optional zu verwenden, beschränkt sich die Ansicht auf die Darstellung der Route.



Abb. 4 – Darstellung der Navigationsansicht und Einsatz des Prototypen im Gelände

#### 5. Darstellung

Bisherige AR-Systeme für Smartphones lassen es zu, Sehenswürdigkeiten im Umfeld des Betrachters durch georeferenzierte Punkte anzuzeigen. Verknüpft mit weiteren Angaben, aus zum Beispiel Wikipedia-Einträgen, ermöglichen es dem Nutzer so auf ganz individuelle Weise, seine Umgebung zu erkunden. Diese Form der Darstellung erlaubt auf einfache Art einen Überblick über die Situation zu bekommen, beinhaltet aber noch keine routengenaue Navigation.

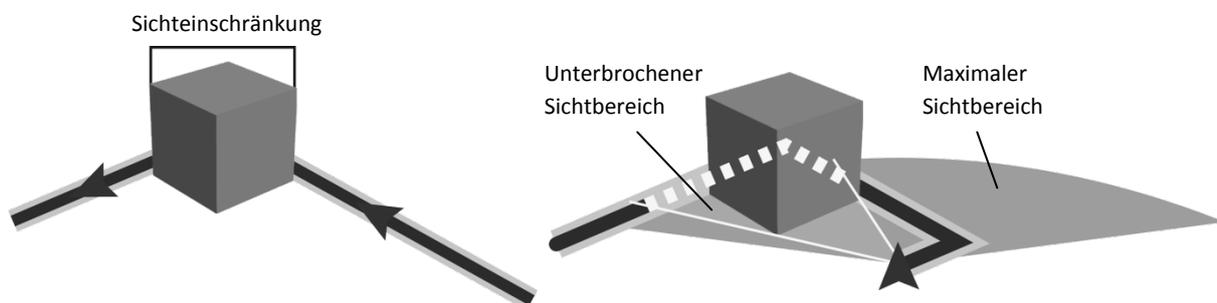


Abb. 5 – Modelle zur Veranschaulichung der Sichteinschränkung

Aus diesem Grund werden im Navit RealityView die real existierenden Straßen und Wege mittels linienhafter Elemente nachgebildet und lagegetreu in die Kameraansicht platziert. Mit Hilfe der Kamera wird die Höhe von Objekten und somit Sichteinschränkungen dargestellt. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Sichteinschränkung einzelner Teile durch vorgelagerte Objekte. Genau wie in der realen Ansicht verschwinden Straßen hinter Gebäuden und

tauchen an dessen Ende wieder auf. Um beim Betrachter nicht den Eindruck zu erwecken, die Route verlief durch ein Gebäude, muss die Gesamtroute daher in einzelne Teilstücke zerlegt werden. Diese in Echtzeit ablaufende Berechnung der Sichteinschränkung verlangt ein hohes Maß an Genauigkeit der zugrundeliegenden Gebäudegrundrisse. Ausgehend von der aktuellen Position wird der maximale Sichtbereich des Kamerawinkels mit allen innerhalb dessen befindlichen Gebäuden verschnitten. Sobald sich die berechnete Route an einer dieser Schnittkanten kreuzt, wird diese für die Länge der Unterbrechung abgeschnitten und ausgeblendet. So entsteht der real wirkende Eindruck, ohne dabei die Orientierung oder das Ziel zu verlieren. Aufgrund der kombinierten Ansicht von Kamerabild und Virtuellem Modell ist es notwendig diese für die Überlagerung anzupassen. Ein realistisches Zusammenspiel aus beiden Ansichten verlangt daher die Anpassung der Kartengrundlage an die reale Situation.

## **6. Fußgänger**

Im Unterschied zu Fahrzeugen besitzen Fußgänger eine viel detailreichere Bewegungsstruktur. Neben Verkehrsstraßen müssen besonders Fußwege und Flächen, wie zum Beispiel Fußgängerzonen, Parks und Plätze, in die Routenführung einbezogen werden. Bestand und Struktur der zugrundeliegenden Geodaten müssen daher z.T. neu generiert bzw. an die Erfordernisse der Zielgruppe angepasst werden. Das menschliche Gehirn benötigt für die Orientierung einen bekannten Bezugspunkt im Gelände. Derartige markante Positionen werden als Landmarken bezeichnet und beziehen sich auf exponierte Bauwerke, Geschäfte mit hohem Wiedererkennungswert oder landschaftlich prägnante Objekte. Zum Einsatz kommen Landmarken als vordefinierte Textbausteine in der Routenanweisung.

Fußgänger unterscheiden sich in ihrem Verhalten gegenüber Fahrzeugen bei der Bewegung und der Suche nach geeigneten Wegen. Die Wahl der Route wird dabei von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Im Gegensatz zu Fahrzeugen steht nicht immer die schnellste oder kürzeste Entfernung im Vordergrund. Subjektive Faktoren wie Attraktivität der Umgebung, Verfügbarkeit von Geschäften und Restaurants oder auch die Straßensicherheit bilden wichtige Kriterien bei der Auswahl der Routenführung eines Fußgängers.

Neben der eigentlichen Zielführung übernehmen Fußgängernavigationssysteme somit auch die Planung und Aufstellung von alltäglichen Aufgaben. Ein möglicher Ablauf könnte daher lauten: „Finde den besten Weg von meiner derzeitigen Position zu den Zielen Bäcker, Friseur und Post.“ Dabei ist die Reihenfolge und Eindeutigkeit der Ziele nicht von Bedeutung. Vielmehr wird vom System gefordert geeignete Einrichtungen in der unmittelbaren Umgebung zu finden und diese in der optimalen Reihenfolge anzusteuern. „Ambient Assisted Living“ (AAL), was bedeutet, Konzepte, Produkte und Dienstleistungen anzubieten, die neue Technologien und das soziale Umfeld miteinander verbinden, ist der Schwerpunkt und zugleich Unterscheidungskriterium zwischen Fußgänger- und Fahrzeugnavigationssystemen.

## **7. On Screen Displays**

Neben der Routendarstellung, lassen sich im AR-System eine Reihe weiterer Hilfsmittel und Anzeigen integrieren, die den Anwender bei der Navigation unterstützen. Aufgrund der beschränkten Bildschirmgröße ist der Nutzer gezwungen, zu beschließen, welche der möglichen Darstellungen für seine Ziele die geeignetste ist. Es kann dabei zwischen drei Hauptgruppen unterschieden werden.

- Thematisch - z.B. ÖPNV, Wikitude
- Real View - z.B. Straßennamen, Logos
- Widgets - z.B. Landmarken, Bodenbelag

Bisherige Anwendungen wie Wikitude oder standortbezogene Dienste, auch Location Based Services genannt, können dabei mit in die Navigation integriert werden. Ebenfalls denkbar wäre die Verknüpfung von Navigation und Spielen. Eine Schnitzeljagd oder Geocaching würden beim Nutzer neue Eindrücke wecken und ihm vor weitere, unbekanntem Herausforderungen stellen.

#### *Liniennetz*

Eine hilfreiche Option stellt die Möglichkeit dar, die Liniennetze des ÖPNV auf die aus der Navigation vertraute Weise darzustellen. Streckenführungen und die dazugehörigen Haltestellen werden somit auf die tatsächliche Position abgebildet.

#### *Straßennamen*

Perspektive Straßennamen und virtuelle Logos können dank AR in die Darstellungsszene lagegetreu integriert werden. Der Vorteil liegt in der zum Nutzer hin ausgerichteten Darstellung, egal von welchem Standpunkt aus betrachtet.

#### *Widgets*

Speziell auf bestimmte Zielgruppen bezogen, wie etwa ältere Menschen oder behinderte Personen, können hilfreiche Informationen zum Routenverlauf angezeigt werden. Neben Angaben zum Höhenprofil oder der Bodenbeschaffenheit der einzelnen Abschnitte können auch minutengenaue Angaben zu speziellen Landmarken auf der Route gegeben werden.

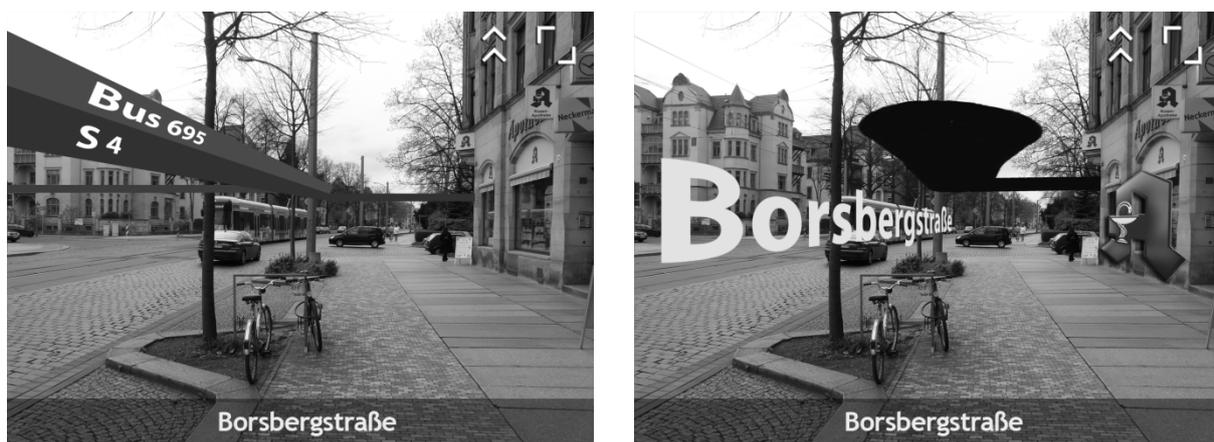


Abb. 6 – Beispieldarstellungen für AR basierten Liniennetzplan und Perspektive Beschriftung

Im Gegensatz zu bisherigen Navigationssystemen lassen sich AR-basierte Systeme auch übergangslos vom Außen- in den Innenraum einsetzen. Dank gebäudeübergreifender Positionierungssysteme, wie etwa Bluetooth oder WLAN-Ortung, ist es möglich, Kunden direkt bis zum Regal des gewünschten Artikels zu navigieren. Denkbar wäre auch eine neue Generation von Museums-Führern, die es erlauben, neben dem anvisierten Exponat weitere Informationen oder rekonstruierte Ansichten einzublenden.

### **8. Nachteile von AR Systemen**

Einer der größten Probleme beim Einsatz von mobilen AR-Systemen ist es, die Überlagerung beider Darstellungen passgenau und konstant zu halten. Ein perfektes AR-System ist jenes, bei dem der Nutzer keinen Unterschied zwischen realem Objekt und virtuellem Objekt feststellen kann. Bisherige Systeme bieten da nur unzureichende Umsetzungen an. So werden weder Licht- und Schattenverhältnisse noch die Oberflächenstruktur berücksichtigt.

Ein weiteres Problem stellen die Schwankungen der unterschiedlichen Sensoren dar. Selbst in ruhiger Position bleiben die Werte nicht konstant. Die Folge sind Verwacklungen der Ansicht und damit störende Interferenzen. Hardwareseitig sind dabei klare Grenzen gesetzt, da nicht nur die Genauigkeit der Sensoren sondern auch der Nutzer einen großen Anteil an diesen

Fehlern trägt. Es gilt daher zukünftig Toleranzbereiche von Seiten der Software zu entwickeln, die es ermöglichen, ähnlich dem Map-Matching-Verfahren, die Positionen mit der größten Wahrscheinlichkeit zu berechnen, die der wahren Position am nächsten kommt und daraufhin die Anzeige anzupassen. Unterstützend können dabei auch Techniken aus der Bildverarbeitung, so genannte Computer-Vision-Algorithmen, eingesetzt werden. Mit Hilfe von bestimmten Referenzpunkten, wie Markern, Bildern oder 3D-Modellen, können durch Vergleiche zur aktuell betrachteten Szene Beziehungen hergestellt werden und somit die Ausrichtung unterstützen.

Um die Schwankungen der Anzeige im Navit RealityView möglichst gering zu halten wurden nicht alle Winkel<sup>1</sup> im dreidimensionalen Raum berücksichtigt. So wurden Yaw und Pitch integriert, aber bewusst auf Roll verzichtet. Grund ist die größere Instabilität bei mehr als 2 Winkeln. Der Yaw-Winkel bildet dabei die stabilste Achse, da das Smartphone für gewöhnlich nicht um sich selbst rotiert und der Nutzer im Stehen keine Drehung ausführt. Der Pitch-Winkel ist für die Anzeige unablässig, da er je nach Horizontweite die entscheidende Position angibt. Der Roll-Winkel ist mit der Haltung des Gerätes im Landscape-Modus nicht zwingend erforderlich.

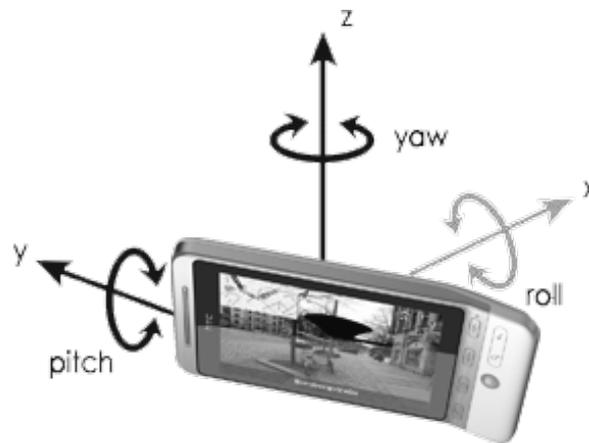


Abb. 7 – Winkelbezeichnung im dreidimensionalen Raum

## 9. Navigationsmethoden

Der Erfolg des Projektes basiert nicht nur auf der Tatsache ein AR-basiertes System zu verwenden. Wie bei jeder neuen Technologie galt es die Vorteile gegenüber anderen Systemen zu erkennen und gezielt einzusetzen. Aus diesem Grund lag der Schwerpunkt bei der Suche nach den geeigneten Möglichkeiten die Navigationsanweisungen zu visualisieren. Im Mittelpunkt standen dabei die Konzepte der Navigation von 3D-Computerspielen. So wie in Computerspielen mit jeder neuen Generation immer größere und detailreichere virtuelle Welten entstehen, können nunmehr mit Hilfe von AR-Systemen virtuelle Objekte in reale Welten integriert werden. Unbewusst, rücken beide Welten, die der Computersimulationen und die der AR-Systeme, näher zusammen. Aus diesem Grunde lag es nahe die Erfahrungen und Strategien aus bisherigen Computerspielen zu recherchieren und für die Tauglichkeit in Fußgängernavigationssystemen zu untersuchen.

---

<sup>1</sup> Roll-Pitch-Yaw-Winkel bzw. Roll-Nick-Gier-Winkel sind eine Möglichkeit zur Beschreibung der Orientierung im dreidimensionalen Raum. Die Drehungen tragen die Namen: (Quelle: Wikipedia, 22.09.2009)

- Rollen (engl. *roll*, für den Winkel auch *Querneigungswinkel*), Drehung um die x-Achse (Längsachse)
- Nicken (engl. *Pitch*), Drehung um die y-Achse (Querachse)
- Gieren (engl. *yaw*, für die Richtung auch *heading* oder *Azimet*), Drehung um die z-Achse (Hochachse/Gierachse)

Das zugrunde liegende Prinzip nutzt die Erfahrung von Computerspielen und basiert auf Methoden von Rennsimulationen. Die Navigation erfolgt durch ein der Route nachempfundenes Kabel und fügt sich somit perfekt in die perspektive Kameraansicht ein. Ohne Angaben zu Entfernung oder verbleibender Zeit beschreibt es die Strecke auf intuitive Weise, der der Nutzer nur folgen muss, um an das Ziel zu gelangen. Die einfache und subtile Form begünstigen den Einsatz in AR-Systemen. Zur Unterstützung dieser Darstellung wird eine Übersichtskarte eingesetzt. Mit Hilfe dieser werden verdeckte Objekte und der Bezug des Standpunktes zur Umgebung hergestellt. Außerdem ermöglicht die Übersichtskarte die Darstellung der Kartengrundlage in der gewohnten Vogelperspektive, was vor allem neuen Nutzern von AR-Systemen zu Gute kommt. Es existieren weitere hier nicht behandelte Navigationsmethoden<sup>2</sup>, die abhängig vom Verwendungszweck möglich wären.



Abb. 8 – Ausschnitt aus einer Computerspiel-Rennsimulation

## 10. Anwendung

Derzeitige AR-Applikationen genügen noch nicht den gängigen Standards an Zuverlässigkeit und Funktionalität, die ein Nutzer gegenüber einer Software hat. Daher werden die meisten Anwendungen auf Open Source Basis entwickelt, die sich zum Ziel gesetzt hat den Anwender auf die neuen AR-Systeme vorzubereiten. Ein großer Teil der Applikationen basiert auf spielerischen oder informativen Grundprinzipien. So existiert bereits ein AR-basiertes Kartenspiel für die Sony Playstation, die mit Hilfe einer Kamera die Karten des Spielers erkennt und virtuelle Avatare erzeugen kann. Auch Stadtrundgänge, die dank AR zur Zeitreise werden, sind im Angebot. Was für den Kunden zählt, ist ein breiter Anwendungsbereich für AR. So gibt es neben der Android-Plattform, auf welcher der Navit Reality View basiert, auch das iPhone von Apple, das aber derzeit noch keinen Zugriff auf die Videofunktion gestattet. Erst mit der Abschaffung dieser hardwareseitigen Hürden und der Einführung von allgemeingültigen Standards wird der Weg frei für eine breite Nutzergemeinschaft für AR-Systeme.

*„Augmented Reality ist immer dort von Vorteil, wo man eine Information direkt vor Ort braucht, aber weder Zeit noch Lust für Abstraktionsleistungen hat“*<sup>3</sup> Das bedeutet, dass AR-Anwendungen sich sehr gut dafür eignen, räumliche Daten zu visualisieren, da die Geoinformationen an der tatsächlichen Position angezeigt werden können. Diese Schlussfolgerung belegt, dass die navigationsbegleitende Umsetzung, wie der Reality View, den richtigen Weg für flexible und mobile Fußgängernavigation gefunden hat.

---

<sup>2</sup> KLUGE, M., (2009). Fußgängernavigation-Reality View-Der Einsatz von Computerspielenavigation in der realen Welt.

<sup>3</sup> BARCZOK, A. HIMMELEIN, G. & KÖNIG, P., (2009). Mit den Dritten sieht man besser. ct-Magazin für Computer und Technik

## 11. Ausblick

Die Integration von AR-Applikationen auf Smartphones ist ein erster Schritt in Richtung lebensbegleitender und unterstützender Computerprogramme oder kurz AAL. In Zukunft werden wir die Umwelt in gewohnter Weise durch transparente Brillen, sogenannten Head Mounted Displays (HMD), betrachten und bekommen dank AR die notwendigen Informationen direkt vor das Auge angezeigt. Der Vorteil ist, dass diese Systeme ständig einsatzbereit und sichtbar sind. Viele der bereits heute als Prototypen vorgestellten AR-Systeme werden in naher Zukunft in einer gemeinsamen Hardware zusammenfließen. So werden Nutzer nicht nur über interessante Punkte in der Umgebung informiert und navigiert werden, sondern auch über die Einträge in sozialen Netzwerken die Vorlieben und Geschmäcker unserer Mitmenschen kennen lernen.

Der derzeitige Prototyp besteht aus einem Smartphone der neuesten Generation. Der Vorteil liegt in der kompakten Bauweise der Hardware, die alle benötigten Komponenten enthält. Weiterhin basiert der Prototyp auf dem noch relativ neuen Android Betriebssystem, das vor allem für die einfache Erweiterung und Entwicklung eigener Applikationen geeignet ist. In einem der nächsten Schritte soll der Reality View als eigenständiges Programm für alle Nutzer im Internet verfügbar sein. Ziel ist, ein breites Spektrum an Anwendern zu gewinnen, die durch Ihre Tätigkeit als Testnutzer ihre Kritik und Erfahrungen in das Projekt mit einfließen lassen.

## Bibliographie

Azad, P. GOCKEL, T. & DILLMAN, R., (2009). Computer Vision: das Praxisbuch, Aachen.

BADARD, T. DANIEL, S., (2008). Mobile geospatial augmented reality: Proceedings of the 2nd international Workshop in Mobile Geospatial Augmented Reality, Quebec.

BARCZOK, A. HIMMELEIN, G. & KÖNIG, P., (2009). Mit den Dritten sieht man besser. ct-Magazin für Computer und Technik, 20/2009, 122-129, Hannover.

BLANKENBACH, J., (2007). Handbuch der mobilen Geoinformation, Heidelberg.

CAWOOD, S., (2008). Augmented Reality: a practical guide.

GALITZ, W., (2007). The essential guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and techniques, Indianapolis.

KLUGE, M., (2009). Fußgängernavigation-Reality View-Der Einsatz von Computerspielenavigation in der realen Welt.: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G., Angewandte Geoinformatik 2009, Salzburg, 2009, Heidelberg.

MILGRAM, P. KISHINO, F., (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE-Paper.

NAVIT-Project, (2009). [Online], Available at: <http://www.navit-project.org> [Accessed 29.09.09].

REIMAN, C., (2009). Mobile augmented Reality Anwendungen: Performanceorientierung im Entwurf und zur Laufzeit, Aachen.

VCELAK, J., (2009). Application of magnetic sensors for navigation systems, Aachen.