



# GEIST

## Schlussbericht

*Förderkennzeichen 01 IRA 12A*

**Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01 IRA 12A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.**

Daniel Holweg  
Sandra Kaufmann  
Fraunhofer-IGD, Darmstadt

September 2004

### **Konsortium:**

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (Fraunhofer-IGD), Darmstadt  
Zentrum für Graphische Datenverarbeitung (ZGDV), Darmstadt  
European Media Lab (EML), Heidelberg

<i>ZE:</i> <b>Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)</b>	<i>Förderkennzeichen:</i> <b>01 IRA 12A</b>
<i>Vorhabenbezeichnung:</i> <b>GEIST - Ein mobiles AR-Informationssystem zum Erleben historischer Zusammenhänge im urbanen Umfeld mit digital Storytelling</b>	
<i>Laufzeit des Vorhabens:</i> <b>01. März 2001 – 31. März 2004</b>	
<i>Berichtszeitraum</i> <b>Gesamte Laufzeit des Vorhabens</b>	

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Kurze Darstellung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung .....	1
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	2
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	2
<i>Allgemeiner Ablauf.....</i>	<i>2</i>
<i>Ablauf der einzelnen Arbeitspakete .....</i>	<i>3</i>
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	6
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
<b>2. Eingehende Darstellung .....</b>	<b>9</b>
2.1 Erzielte Ergebnisse .....	9
2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	11
2.3 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	11
2.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses .....	12

# 1. Kurze Darstellung

In diesem Schlussbericht wird eine Übersicht der Arbeiten des Fraunhofer Instituts für Graphische Datenverarbeitung (Fraunhofer IGD) an dem Projekt „GEIST - Ein mobiles AR-Informationssystem zum Erleben historischer Zusammenhänge im urbanen Umfeld mit digital Storytelling“ gegeben. Im Kapitel 1.1 wird die Aufgabenstellung näher erläutert. In Kapitel 1.2 werden die Voraussetzungen unter denen das Vorhaben begonnen wurde näher erläutert. Kapitel 1.3 beschäftigt sich mit der Planung und dem Ablauf des Vorhabens. Der wissenschaftlich-technische Stand vor Projektbeginn wird in Kapitel 1.4 zusammengefasst und schließlich wird in Kapitel 1.5 auf die Zusammenarbeit mit anderen Stellen eingegangen.

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Idee des Gesamtsystems GEIST, bestehend aus einem mobilem AR-Edutainmentsystem und einem ergänzenden mobilen Informationssystem, wurde am Beispiel der Geschichte des Dreißigjährigen Krieges in Heidelberg durchgeführt und evaluiert. Im Folgenden wird das prototypische Anwenderszenario dargestellt. Dieses Anwenderszenario ist im Bildungsbereich mit einem besonderen Fokus auf die Nutzergruppe Schüler angesiedelt. Es ist allerdings ebenso gut für Touristengruppen interessant und einsetzbar.

Mit einem tragbaren Computer, einem fernglasähnlichen, semitransparenten Display, verschiedenen Orientierungssensoren und Interaktionsgeräten können die Schüler die Realität betrachten. In dieser erscheinen ihnen Geister vor historischer Kulisse und vermitteln Faktenwissen und Lebensverhältnisse der damaligen Zeit. Die Geister fordern die Benutzer auf, Aufgaben zu lösen und so in die Geschichte, die zur Umgebung passt, einzudringen. Die Kulisse besteht aus Rekonstruktionen von Gebäuden, die zur Zeit des 30jährigen Krieges an der Stelle in Heidelberg standen, auf die die Benutzer heute blicken. Das bedeutet, dass die Realität positionsgenau mit Rekonstruktionen überlagert wird.

Hierbei kann das eigentliche Spiel auch unterbrochen werden, um sich aus dem PDA basierten Informationssystem über bestimmte Dinge im Detail zu informieren. Das Lernspiel dient als Medium, um Interesse und Neugier zu wecken und Verständnis für die historischen Zusammenhänge herzustellen.

Entscheidend für das Erleben historischer Geschichten vor Ort ist eine genaue visuelle Überlagerung der Geister, Informationen und graphischen Rekonstruktionen über die realen noch vorhandenen Bauwerke der Umgebung. Hierzu ist ein genaues Tracking der Position und Blickrichtung des Benutzers erforderlich, um die erzeugten Bilder passend mit der realen Umgebung, welche durch das semitransparente Display zu sehen ist, zu überlagern.

Ziel der Arbeiten des Fraunhofer Instituts für Graphische Datenverarbeitung (Fraunhofer IGD) innerhalb des Projektes war die Entwicklung solch eines mobilen Trackingsystems für das urbane Umfeld sowie die Visualisierung der virtuellen Informationen. Im Stadtgebiet war die Entwicklung eines neuartigen Systems nötig. Die auf dem Markt erhältlichen Sensoren zur Positions- und Orientierungsbestimmung sind für den Gebrauch in einem Stadtgebiet nicht genau genug. Es wurde ein Verfahren entwickelt, welches die Herausforderung des Einsatzgebietes annimmt. Die Entwicklung einer Lösung bestand aus einem hybriden Tracking-System in zwei Stufen. In einer ersten Stufe wurde ein Trackingsystem basierend auf GPS und einem Blickrichtungssensor realisiert. Durch die Anbindung der Datenbank und Integration der Digital Storytelling Komponenten war eine erste Version des Gesamtsystems möglich.

In der zweiten Stufe wurde das Trackingverfahren durch ein videobasiertes Verfahren komplettiert und für die Anforderungen eines Outdoor AR-Systems konzipiert, entwickelt und evaluiert. Durch das videobasierte Verfahren ist eine genauere Bestimmung der Blickrichtung und damit eine präzisere Überlagerung der Geister und Objekte vor der realen Umgebung möglich. Auf dem Displaygerät wurde eine kleine Kamera montiert, um Sicherzustellen das Videobild und Blickrichtung übereinstimmen. Das Matching des Videostroms erfolgte mit einem virtuellen Stadtmodell.

## 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Vor Projektbeginn wurden Augmented Reality-Systeme (AR-Systeme) bereits für den Innenbereich eingesetzt, z.B. in der Industrie um Maschinen zu warten. Hier liegen meist statische Systeme vor, die sich leicht präparieren lassen.

Für den Außenbereich mussten jedoch völlig neue Methoden entwickelt werden, um das Trackingproblem zu lösen. Erste Ansätze aus existierenden Systemen wurden analysiert und bei der Konzeption und Realisierung des Projektes in Betracht gezogen. Diese Ansätze und Systeme konnten jedoch nicht unmittelbar für das in GEIST gewählte Szenario genutzt werden, da diese entweder reduzierten Genauigkeitsansprüchen unterlagen oder nur eingeschränkte Bewegungsfreiheit ermöglichten. Die reduzierten Genauigkeitsansprüche resultieren zumeist daraus, dass ergänzende Informationen häufig nicht in Form von Geometrie in das Sichtfeld des Nutzers eingeblendet werden, sondern lediglich Texte eingeblendet werden deren exakte Überlagerung nicht erforderlich ist. Ansätze, die Outdoor AR-Systeme nur mit eingeschränkter Bewegungsfreiheit ermöglichen, basieren auf der Idee, dass Nutzer im Außenbereich bekannte und ausgewählte Standpunkte einnehmen und nur auf diesen eine AR Ansicht erhalten können. Das GEIST Projekt verfolgt einen Bühnen-orientierten Ansatz, der darauf basiert, dass der Nutzer interessante Orte innerhalb des Stadtgebietes aufsuchen kann und auf diesen eine AR-Szene angeboten bekommt, die aus Ergänzungen der Realität in Form von Avataren und Gebäudemodellen bestehen, die sich hochgenau in die existierende Realität einfügen müssen. Auf einer Bühne kann sich der Nutzer frei bewegen, beliebige Positionen einnehmen und von diesen die AR Szene betrachten.

## 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt GEIST hatte eine Laufzeit von 3 Jahren. Starttermin war der 1. März im Jahre 2001. Die Laufzeit des Projekts endete am 31. März 2004.

### Allgemeiner Ablauf

Der Zeitplan des Projektes GEIST sah zu jedem Jahresende einen Meilenstein vor, welcher die Evaluation des Projektfortschritts zum Ziel hatte. Ziel war es auf Basis der Spezifikation ein AR-System zu entwickeln und im weiteren Verlauf zu verfeinern und zu komplettieren.

Der erste Meilenstein am 30. September 2001 beendete die Spezifikation des Gesamtsystems. Die Architektur des Systems und Definition der Schnittstellen wurde zu diesem Zeitpunkt besprochen und diskutiert.

In der Zeitspanne bis zum zweiten Meilensteins am 29. März 2002 realisierten die Partner des Konsortiums einen Demonstrator ihrer Einzelkomponenten. Das Fraunhofer IGD hatte zu diesem Zeitpunkt einen sensorbasierten Demonstrator mit GPS und Blickrichtungssensor entwickelt. Grundfunktionen der Visualisierung waren bereits eingebunden. Die Audioausgabe erfolgte über vordefinierte Audiobausteine.

Bis zum dritten Meilenstein am 29. März 2003 hatten die Partner ihre noch unabhängigen Einzelkomponenten zu einem evaluierbaren System zusammengeführt. Der Workshop fand in Heidelberg statt, um den zweiten Demonstrator als integriertes System vor Ort zu testen. Das Szenario bildete der Hortus Pilatus. Die Bestimmung der Blickrichtung und Position des Benutzers wurde durch den Ansatz eines videobasierten Trackings verbessert. Die Einbindung detaillierter Modelle und zusätzlicher Szenenbestandteile (Alltagsgegenstände) erweiterten die Visualisierungsumgebung. Eine weitere Verbesserung bildete die Kommunikation der StoryEngine mit der abstrakten Datenbeschreibung. Es fand eine Umsetzung in eine Szenengraphenstruktur statt.

Den Projektabschluss bildete der vierte Meilenstein am 29. Februar 2004. Die Ergebnisse des zum Meilenstein 3 realisierten Demonstrators wurden weiterentwickelt und waren Grundlage für die Evaluierung des Prototyps. Die Evaluierungsergebnisse dienten der weiteren Verbesserung

des Gesamtsystems. Das hybride Tracking wurde weiter verfeinert und ausgebaut. Die erzielten Ergebnisse wurden in einem erweiterten Demonstrator vorgestellt.

### **Ablauf der einzelnen Arbeitspakete**

Zu Beginn wurde das Gesamtvorhaben in 6 Teilprojekte gegliedert. Für die Teilprojekte wurden für den gesamten Ablauf weiterhin Arbeitspakete definiert. Die Leistungen der Partner wurden auf diese verteilt. Die Einzelergebnisse der Arbeitspakete verschmolzen zu einem Prototypen. Das Fraunhofer IGD hat während der Projektlaufzeit folgende Arbeitspakete bearbeitet:

#### **AP 1.1 Bestandsaufnahme**

Das Fraunhofer IGD hat bei der Bestandsaufnahme existierenden Ansätze und Prototypen mobiler Outdoor-AR-Systeme untersucht. Ziel war eine kritische Analyse bereits bestehender Systeme im Hinblick auf Unzulänglichkeiten aber auch verwertbarer Aspekte im Projekt GEIST. Das Ergebnis liegt in Form eines Dokumentes vor.

#### **AP 1.2 Spezifikation Gesamtsystem**

Bei der Spezifikation des Gesamtsystems wurde ein Gesamtkonzept und insbesondere eine Systemarchitektur entwickelt, welche die Schnittstellen definiert, über die die Vielzahl von Soft- und Hardwarekomponenten kommunizieren. Die Spezifikation des Gesamtsystems bildet die Basis der später im Projekt erfolgten Implementierung. Das Ergebnis liegt in Form eines Dokumentes vor.

#### **AP 1.3 Spezifikation Inhalt**

Die inhaltliche Spezifikation legte für die Meilensteine die genauen Orte und den historischen Kontext fest. Es musste auch die Machbarkeit aus technischer Sicht berücksichtigt werden. Nach der Zusammenfassung aller Anforderungen der Partner an die Handlungsorte wurde in enger Diskussion das inhaltliche Design festgelegt. Hierbei wurden die Ergebnisse der pädagogischen Beratung berücksichtigt, um die Anforderungen und Bedürfnisse der Zielgruppe im Auge zu behalten. Das Ergebnis liegt in Form eines Dokumentes vor.

#### **AP 2.1 User Interface**

##### **AP 2.1.2 Interaktionsmetaphern (Umsetzung)**

Im ersten Arbeitspaket des zweiten Teilprojekts wurde die AR-basierte Schnittstelle zwischen geschichtsgenerierendem System und den Benutzern (Schülern) analysiert, konzipiert und zielgruppengerecht gestaltet. Die Basisinteraktion besteht aus der Position und Blickrichtung des Benutzers. Weitere Faktoren wie Lärm, Wettereinflüsse, Sonneneinstrahlung und auch die physische Situation der Benutzer führten zum Entwurf einer speziellen, auf die Antizipation der Benutzer angepasste Interaktionsmetaphorik. Dafür waren spezielle Gerätetreiber zu realisieren, um die Hardware in die Software einzubinden. Auch musste das Verhalten der Eingabegeräte spezifiziert werden. Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

##### **AP 2.1.3. Szenengraph**

Die Konzeption eines für GEIST geeigneten Szenengraphen, der die Anforderungen für Augmented Reality Anwendungen erfüllt, war Ziel dieses Arbeitspaketes. Es wurde keine neue Szenengraphstruktur entwickelt, vielmehr wurden bestehende Szenengraphen wie OpenSG und Java3D erweitert und eingesetzt. Die Erweiterungen bestanden vor allem daraus, Methoden bereitzustellen und zu implementieren, welche die Umsetzung der abstrakten

Szenenbeschreibungen der StoryEngine in die jeweiligen Szenengraphenstrukturen überführt und den Szenengraphen in Bezug zur Realität aufbauen und nutzen. In der anfänglichen Projektphase wurde mit Java3D entwickelt und getestet. Ergänzend hierzu wurde auch eine Schnittstelle der Rendering-Komponente zur OpenSG Plattform geschaffen. Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

#### **AP 2.1.4 Audio-Rendering**

Die animierten Geister wurden zunächst mit vordefinierten Audio-Bausteinen synchronisiert. Die sprachlichen Audiosignalen wurden als Sprachausgabe „text to speech“ eingegliedert, als Ergebnis des Arbeitspaketes. Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

### **AP 2.2 Umgebungsfaktoren**

#### **AP 2.2.1 Bereitstellung der Umgebungsfaktoren**

Für eine optimale Überlagerung der virtuellen Szene vor der realen Umgebung spielten eine Reihe von Umgebungsfaktoren eine Rolle. Ziel war die Bereitstellung möglichst aktueller Umgebungsfaktoren für die Story-Engine. Diese soll Umgebungsfaktoren wie Wetter, Licht und Temperatur im Verlauf der Geschichte berücksichtigen. Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

#### **AP 2.2.2 Mobiler Netzzugang**

Da die Stadt Heidelberg plant den gesamten Altstadtbereich als WLAN (Wireless LAN) Netz auszubauen, wurde der Zugriff auf aktuelle Wetterdaten aus dem WorldWideWeb (WWW) mittels einer WLAN Verbindung realisiert. Auch der Abgleich der zentralen Datenbestände ist durch den Zugriff auf das Internet umgesetzt worden. Entgegen ursprünglicher Planungen wurde während der Projektlaufzeit kein flächendeckendes Wireless-LAN (WLAN) aufgebaut. Das Arbeitsergebnis wurde somit nur an einzelnen Standorten getestet. Das Ergebnis liegt in Form einer Hard- und Software-Komponente vor.

### **AP 2.4 3D-Registrierung / Tracking**

#### **AP 2.4.1 Tracking GPS & Gyroskop**

Ergebnis dieses Arbeitspaketes war die Entwicklung eines hybriden Trackingsystems. Zunächst wurden Position und Blickrichtung des Benutzers mit Hilfe eines GPS-Gerätes ermittelt. Dies führte zu verhältnismäßig ungenauen Ergebnissen, machte aber einen ersten Testlauf unter beinahe realistischen Bedingungen möglich. Das Ergebnis liegt in Form einer Hard- und Software-Komponente vor.

#### **AP 2.4.2 Koordinatentransformation**

Das GPS-Gerät liefert zur Positionsbestimmung Daten im WGS-84-System. Standard in der deutschen Landesvermessung sind hingegen Gauss-Krüger (GK) Koordinaten. Diese werden zur Orientierung und Bestimmung der Position innerhalb des 3D-Modells benötigt. Es wurde ein Algorithmus zur Transformation der ankommenden Daten des GPS-Gerätes in die dem 3D-GIS zugrunde liegenden GK Koordinaten benötigt. Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

#### **AP 2.4.3 Referenzmodell Heidelberger Schloss (Stufe 1)**

Ein grobes Modell des Heidelberger Schlosses wurde erstellt und als Basis und Referenzmodell des Trackingsystems verwendet. Als Ergebnis liegt ein grobes Referenzmodell vor.

#### **AP 2.4.4 Hybrides Tracking (videounterstützt)**

Die relativ ungenauen Ergebnisse des GPS-Gerätes wurden in diesem Arbeitspaket mit Hilfe einer Videokamera verbessert. Das gelieferte Kamerabild wird mit einem 3D-Modell der Umgebung verglichen, um die ungenauen GPS-Signale zu verbessern und Ausreißer zu korrigieren. Entsprechende Bildbearbeitungsalgorithmen zum Vergleich der Daten wurden entwickelt.

Das Ergebnis liegt in Form einer Hard- und Software-Komponente vor.

#### **AP 2.4.5 Synchronisation der Sensoren**

Unterschiedliche Latenzzeiten der verschiedenen verwendeten Sensoren machten eine Synchronisation nötig. Hierzu wurden die Informationen der einzelnen Sensoren zusammengefügt und zu einer den Anforderungen angepassten Positions- und Blickrichtungsinformation aufbereitet.

Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente und eines Dokumentes vor.

#### **AP 2.4.6 Referenzmodell (Stufe 2)**

Für das hybride Tracking wurde ein detailliertes Referenzmodell notwendig, da das Modell für das Matching des aktuellen Videobildes verwendet wurde. Nach einer Diskussion zwischen den einzelnen Partnern wurde beschlossen eine urbanere Umgebung als Referenzmodell zu modellieren. Als Umgebung wurde der Uniplatz gewählt. Bei der Modellierung wurde darauf geachtet, dass das Modell nicht nur für das Trackingverfahren, sondern auch in der Architektur Datenbank verwendet werden kann.

Als Ergebnis liegt ein annotiertes detailliertes Referenzmodell vor.

### **AP 2.8 GIS**

#### **AP 2.8.1 Navigationsunterstützung**

Der Benutzer wird in einer fremden Stadt durch ein integriertes Geo-informationssystem (GIS) unterstützt. Die aktuelle Position des Benutzers, vom GPS-Gerät geliefert, wird auf einem verfügbaren elektronischen Stadtplan dargestellt. Durch die Einbindung einer kommerziellen 2D-GIS Navigationshilfe wird der Benutzer bei einem im Rahmen der Geschichte notwendigen Ortswechsel von einer Routenplanung unterstützt. Die Unterstützung wurde mit ArcPad realisiert.

Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

#### **AP 2.8.2 Sichtbarkeit historischer Gebäude**

Anhand eines 3D-Stadtmodells wurden Sichtbarkeitsanalysen über historische Objekte durchgeführt. Mit Hilfe eines Geoinformationssystems wurden Sichtbarkeitsinformationen der Gebäude an die StoryEngine geliefert.

Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

### **AP 3.1 Authoring von Medienbausteinen**

#### **AP 3.1.3 Szenenbestandteile**

Das Autorensystem dient dem Autor zur Generierung von interaktiven Szenarios auf der Grundlage historisch begründeter Rahmenbedingungen. Neben den Charakteren und historischen Gebäuden wurde auch die Modellierung historischer Requisiten benötigt. Dabei handelt es sich um Alltagsgegenstände wie Werkzeuge oder Möbel.

Als Ergebnis liegen 3D-Modelle vor.

#### **AP 3.1.5 Hintergrundobjekte**

Für die Positionierung des virtuellen Charakters ist die Lage der realen Objekte im Sichtbereich relevant. Ergebnis dieses Arbeitspaktes war die Bereitstellung der notwendigen Informationen aus der Architektur-Datenbank und der modellierten Szenenbestandteile. Die Berücksichtigung realer Objekte, die virtuelle Objekte verdecken, aber in der Szenengraph-Beschreibung der StoryEngine nicht vorgesehen sind, wurde konzipiert und realisiert, um so den Eindruck der Szene zu vervollständigen.

Das Ergebnis liegt in Form einer Software-Komponente vor.

#### **AP 5.1 Projektmanagement**

Das Fraunhofer IGD übernahm sowohl im administrativen als auch im technischen Bereich das Projektmanagement. Dies beinhaltete die Organisation regelmäßiger Projekttreffen und Absprachen bzgl. der zu entwickelnden technischen Komponenten.

Das Ergebnis liegt in Form eines Dokumentes vor.

#### **AP 5.2 Businessplan**

Der Businessplan diente der Definition von Strategien, Maßnahmen und Zielen. Er diente auch als Instrument des Ist-Soll-Vergleichs.

Das Ergebnis liegt in Form eines Dokumentes vor.

#### **AP 5.3 Transfermaßnahmen**

Um eine breite Öffentlichkeit über die Projektergebnisse zu informieren wurde Pressearbeit in Form von Flyern und Projekt-Webseiten betrieben. Weiterhin wurde das Projekt auf verschiedenen Veranstaltungen präsentiert. Eine genaue Auflistung der verschiedenen Veröffentlichungen und Veranstaltungen befindet sich unter Punkt 2.4.

Das Ergebnis liegt in Form von Dokumenten vor.

### **1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Die verschiedenen Projektbeteiligten hatten bereits sehr konkrete Kenntnisse und Projekterfahrungen in ihren jeweiligen Teilbereichen des Projekts. Zur Realisierung des Systems war die Zusammenführung der bei den Projektpartnern vorhandenen Kompetenzen und Erfahrungen erforderlich. Diese wurden in dem Projekt GEIST synergetisch verbunden.

Eine Herausforderung bei der Entwicklung von GEIST war die Aufgabe die reale mit der virtuellen Welt zu verbinden. Das Fraunhofer IGD beschäftigte sich in diesem Kontext intensiv mit Head-Mounted Displays (HMD). Diese vermitteln dem Nutzer den Eindruck, sich in einer erweiterten Welt zu befinden. Man unterscheidet zwischen videobasierten und optischen HMDs. Das videobasierte HMD ist blickdicht. Um die virtuelle Information mit dem realen Bild zu überlagern, wird das eingehende Bild der Videokamera mit generierten virtuellen Bildern überlagert. Das Gesamtbild sieht der Nutzer auf seinem Display.

Das optische HMD ist blickdurchlässig. Der Nutzer sieht die reale Welt. Auf einer Abbildungsfläche vor den Augen wird die virtuelle Information dargestellt.

In nachfolgender Tabelle sind die Vor- und Nachteile beider Systeme zusammengefasst.

<b>Videobasiertes HMD</b>	<b>Optisches HMD</b>
+ Objekte können verdeckt werden	+ uneingeschränkte Sicht auf die reale Welt
+ Abbildungsverzerrungen können rechnerisch entfernt werden	+ Sicherheit: Sicht bleibt bei Systemausfall erhalten
+ Videobilder können zum Tracking verwendet werden	+ natürlicher Blickwinkel bleibt erhalten
+ einfache Anpassung von	

Helligkeitsunterschieden	
- reale Welt nur in Kameraauflösung	- Verdeckung von Objekten nicht möglich
- verzögerte oder unscharfe Bewegungen	- Kalibrierung Auge/Display vor jedem Gebrauch notwendig

GEIST wurde mit einem optischen HMD realisiert. Das System kann aber auch mit geringem Aufwand mit einer videobasierte AR-Brillen umgesetzt werden. Alle erforderlichen Anforderungen sind vorhanden. Notwendige Ausgaben des Programms werden im jetzigen System aber unterdrückt.

#### 1.4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Das in GEIST zu entwickelnden mobile AR-Informationssystem basiert auf folgenden Basiskomponenten, die im Rahmen des Projektes angepasst und erweitert wurden:

- Java. Es wurden verschiedene Java-Media APIs (z.B. Sound etc.) verwendet.
- Java 3D ist eine Bibliothek von Java Klassen zur Darstellung dreidimensionaler Graphik innerhalb von Java Applikationen und Applets. Die Struktur der darzustellenden Szene wird durch das Aufbauen eines entsprechenden Szenegraphen definiert.
- OpenSG ist ein portables Szenegraphsystem zur Erstellung von Echtzeit-Graphikprogrammen, unter anderen für Anwendungen der Virtuellen Realität. Es wird nach den Prinzipien der Open Source (LGPL) verbreitet und kann frei verwendet werden. Es läuft auf IRIX, Windows und Linux und basiert auf OpenGL. Es ist kein vollständiges VR-System, sondern nur die Rendering-Grundlage für ein solches.
- ESRI Arc Pad ist eine GIS- und Kartierungssoftware für den mobilen Einsatz im Gelände, z.B. hand-held PCs und andere mobile Systeme. ArcPad erlaubt die Visualisierung von Vektor- und Rasterdatensätzen sowie das Editieren von Attributdaten und darüber hinaus die Echtzeit-Datenerfassung mit Hilfe eines GPS. Zusätzlich verfügt es über Tools, um ArcView-Datensätze auf den Einsatz im Gelände mit ArcPad vorzubereiten. Die Datenübertragung erfolgt über TCP/IP, drahtlose LAN bzw. Modem oder Handy.
- NMEA-0183 Standard: Die NMEA (**N**ational **M**arine **E**lectronics **A**ssociation) hat unter anderem den Standard NMEA-1083 definiert, um einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten aus der Marineelektronik zu ermöglichen. Mit Hilfe der weitestgehend standardisierten NMEA-Daten gelingt es, die Daten eines GPS-Geräts mit einem Navigations- und Kartenprogramm auf dem PC, Laptop oder Handheld zu verwenden.

#### 1.4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Zusammengestellt ist eine Auswahl der verwendeten Fachliteratur und Informationsdienste.

- [Azum97] Azuma, R. et al. *A Survey of Augmented Reality*, Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 1997
- [Azum99] Azuma, R. et al. *A Motion-Stabilized Outdoor Augmented Reality System*, Proceedings of IEEE Virtual Reality 1999, Houston, Texas, USA, 1999
- [Benn02] Wilhelm Benning: *Statistik in Geodäsie, Geoinformation und Bauwesen*, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2002
- [Clarke72] A.C. Clarke: "Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible", Bantam, New York 1972
- [Dramatica] <http://www.dramatica.com>
- [Dülm99] Dülmen, Richard van: *Kultur und Alltag in der frühen Neuzeit*. Band 1-3. München, 1990/ 1999/1999
- [EgKu98] Egenhofer, M. and Kuhn, W. *Beyond Desktop GIS*, Proceedings of GISPlanet, Lissabon, Portugal, 1998
- [Fein97] Feiner, S. et al. *A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment*, in Proc. Int. Symp. On Wearable Computing, Cambridge, MA, 1997

- [Find98] Findeisen, Hans-Peter: *Der Dreißigjährige Krieg. Eine Epoche in Lebensbildern*. Darmstadt, 1998
- [FoOeRa03] Fornefeld, Dr. M.; Oetinger, P. und Rausch, Dr. U.: *Der Markt für Geoinformationen: Potenziale für Beschäftigung, Innovation und Wertschöpfung*, Januar 2003
- [Groeb65] Groeben, H.: *Wahrheit und Methode: Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik*, Tübingen 1965
- [Java3D] Java 3D, <http://www.java3d.org>
- [Jess72]Jessen, Hans: *Der Dreißigjährige Krieg in Augenzeugenberichten*. 2. Auflage. München, 1972
- [Katz91] Katz, Steven D.: *Shot by Shot*, Studio City / Stoneham, 1991
- [Koll97] Koller, D. et al. *Real-time Vision-Based Camera Tracking for Augmented Reality Applications*, Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997
- [Kult92] Der niedersächsische Kultusminister: *Rahmenrichtlinien für die Orientierungsstufe, Welt und Umweltkunde*, Hannover 1992, Kultusministerium
- [OpenSG] OpenSG, <http://www.opensg.org>
- [RoMo00] Rollings, A. and Morris, D.: *Game Architecture and Design*, Scottsdale, 2000
- [Schw98] Schwarting, U.: *Erzähltexte als Medium im WuK-Unterricht dargestellt am Beispiel einer Einheit zum Thema "Jugend im Nationalsozialismus und heute in einer 6. Klasse"*, Hausarbeit zur 2. Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen, Ausbildungsseminar Verden, 1998
- [You99] You S. et al: *Hybrid Inertial and Vision Tracking for Augmented Reality Registration*, Proceedings of IEEE Virtual Reality 1999, Houston, Texas, USA, 1999

## 1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

An dieser Stelle möchten wir uns herzlichst bei unseren Projektpartnern für die angenehme und erfolgreiche Zusammenarbeit bedanken. Während allen Projektphasen fand eine enge Zusammenarbeit statt, um eine erfolgreiche Zusammenführung der einzelnen Komponenten zu gewährleisten. Die Projektpartner betrieben auch eine gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit um den Bekanntheitsgrad des Projektes zu erhöhen.

Aufgrund der auf der AR/VR Statustagung geknüpften Kontakte zu Kollegen vergleichbarer Projekte des Programms, fand ein reger Austausch auf wissenschaftlicher Ebene statt. Auch auf weiteren Organisationen, Kreisen und Messen erhielten wir Feedback von Wissenschaftlern und Kollegen, welches zu Anregungen im weiteren Projektverlauf führte.

Bei der Evaluierung des Prototyps mit der Zielgruppe sammelten wir praxisnahe Erfahrungen, welche in die weitere Entwicklung einfließen.

Weitere Anregungen für das pädagogische Konzept sammelten wir von Pädagogen auf der Lehrerkonferenz „eq – education quality Forum – Wirkung und Wirksamkeit Neuer Medien in der Bildung“. Im Rahmen dieser Konferenz wurde GEIST präsentiert.

Bei der TU Wien möchten wir uns für die konstruktiven Gespräche und den regen Wissensaustausch bedanken.

Bedanken möchten wir uns auch bei dem Katasteramt der Stadt Heidelberg für das zur Verfügung stellen der benötigten Referenzkoordinaten.

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

#### 2.1.1 Allgemeine Ergebnisse

<i>Wirtschaftliche Ergebnisse</i>	<i>Insgesamt</i>
Zahl der angemeldeten Patente	0
Zahl der gegründeten spin-off Unternehmen	0
Zahl der entwickelten spin-off Produkte	0
Zahl der durch die Förderung neu geschaffenen Arbeitsplätze	0
<i>Wissenschaftliche Ergebnisse</i>	
Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	11
Zahl der abgeschlossenen Diplomarbeiten, Promotionen, Habilitationen	15
Zahl der Berufungen	1

Durch eine Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen und Konferenzbeiträgen wurde der Bekanntheitsgrad des Projektes erhöht. Aufgrund der komplexen Thematik sind eine Reihe von Diplomarbeiten und Promotionen entstanden.

#### 2.1.2 Weitere Ergebnisse

Im Projekt GEIST wurden eine Reihe von Kompetenzen aufgebaut, die auch in weitere Entwicklungen einfließen werden. Zukünftige Projekte werden von dem gewonnenen Wissen profitieren. Die verschiedenen Ergebnisse und Erfahrungen wurden auch in der Lehre umgesetzt.

#### **Demonstratoren**

Einen Ergebnisbereich des Projektes GEIST bilden die verschiedenen Demonstratoren. Jeder Partner hat einen Demonstrator seiner entwickelten Einzelkomponente aufgebaut und im Verlauf des Projektes verbessert. Weiterhin wurden die Einzelkomponenten zu einem lauffähigen gemeinsamen Demonstrator integriert.

#### **AR-Visualisierung**

Bei der AR-Visualisierung für den Außenbereich wurde für die Visualisierungsumgebung kein eigenes Koordinatensystem definiert, vielmehr liegt den Objekten das Landeskoordinatensystem von Deutschland zugrunde. Weiterhin wurden in die Objekte verschiedene Klassen eingefügt. Die wesentlichen Objektklassen sind:

- Gebäude, die den Rahmen einer Szene darstellen. Sie haben bekannte unveränderbare Positionen im Raum und stellen die Verbindung zur Realität dar.
- Virtuelle Charaktere (Avatare), die das Werkzeug der StoryEngine darstellen. Die Avatare übermitteln das Wissen der Wissens-Datenbank.
- Szenenbestandteile stellen Alltagsgegenstände dar, welche veränderliche Koordinaten im Raum einnehmen.

Es wurden Verfahren entwickelt, um die abstrakte Szenenbeschreibung (SceneML) in eine Szenengraphstruktur umzusetzen. Es fand die Anbindung an zwei Szenengraphstrukturen, nämlich Java3D und OpenSG, statt.

#### **Videobasiertes Trackingverfahren**

Als weiteres umfassendes Ergebnis des Projektes GEIST ist die Entwicklung eines videobasierten Trackingverfahrens anzusehen. Bei einem AR-System im Freien kann man sich nicht nur auf handelsübliche Sensoren verlassen. Die damit gewonnenen Ergebnisse reichen

nicht aus, um die Genauigkeiten zu erreichen, die beispielsweise für das Einblenden von 3D-Modellen ins Blickfeld des Benutzers notwendig sind. Die erhaltenen Ergebnisse müssen auf jeden Fall verbessert werden, um die notwendigen Genauigkeiten einhalten zu können. Zusätzlich ist dafür zu sorgen, dass kontinuierlich vertretbare Ergebnisse geliefert werden. Dies ist bei fast keinem der üblichen Sensoren möglich, die für den Einsatz in AR-Systemen denkbar sind. Die Sensoren liefern Werte, die sich abhängig von äußeren Einflüssen verschlechtern. Es kann ebenfalls vorkommen, dass Ergebnisse insgesamt ausfallen. Aus diesem Grund müssen die Resultate manchmal verbessert, sicherlich aber gestützt und Ausfälle überbrückt werden. Auf jeden Fall muss es sich um ein hybrides System handeln. Dies ist die Grundlage für alle AR-Systeme, die im Außenbereich lauffähig sein sollen. Das Vertrauen auf nur einen Sensor für ein bestimmtes Ergebnis über einen längeren Zeitraum führt zu falschen Ergebnissen, mangelnder Mobilität oder Ausfällen.

Um höhere Genauigkeiten zu erhalten, ist ein videobasiertes Verfahren notwendig. Das Verfahren soll in einer Stadt eingesetzt werden. Das bedeutet, dass die Objekte, die mit dem Verfahren detektiert werden, verhältnismäßig nah zum Benutzer stehen. Als Referenz müssen Daten zur Verfügung stehen, die einen Vergleich von Merkmalen auch innerhalb eines einzelnen Objektes erlauben.

Ergebnis des Projekts GEIST war die Entwicklung eines videobasierten Trackings, das es erlaubt auf Basis eines 3D-Modells im urbanen Umfeld die Position und Blickrichtung einer Person für AR-Anwendungen zu bestimmen. Dafür repräsentiert eine Videokamera die tatsächliche Position und Blickrichtung des Anwenders. Die Daten eines 3D-Modells werden so aufbereitet, dass sie ebenfalls eine zweidimensionale Ansicht repräsentieren. Für die Generierung der Daten werden die Näherungswerte für Position und Blickrichtung herangezogen. Durch den Vergleich von Kamerabild und den Daten des 3D-Modells werden die Korrekturparameter bestimmt, die die Näherung in die tatsächliche Lösung überführen.

Das beschriebene Verfahren extrahiert in einem ersten Schritt Merkmale in beiden Datensätzen. Im vorliegenden Fall führt dies zur Lokalisierung von Kanten in einer zweidimensionalen Umgebung, die als Vektoren identifiziert werden. Die Kanten des Kamerabildes müssen im nachfolgenden Schritt den entsprechenden Daten des 3D-Modells zugeordnet werden. Dafür wird der Ansatz von Gros et al. eingesetzt, der die Transformation des einen Datensatzes, des Kamerabildes, in den anderen, die Ansicht des 3D-Modells, durch eine Ähnlichkeitstransformation annähert. Dieses Verfahren weist die folgenden Vorteile auf. Es ist robust gegenüber Bildrauschen und ermittelt nur wenige falsche Korrespondenzen, wenn sich die beiden Ansichten nicht zu sehr unterscheiden. Dies kann im vorliegenden Fall vorausgesetzt werden. Außerdem können die erkannten Merkmale im Bild verschoben sein, da das Verfahren keine minimalen Abstände zwischen den korrespondierenden Merkmalen benötigt. Im Gegensatz zu einem Verfahren mit normaler Hough-Transformation oder relationalen Zuordnungsverfahren benötigt es weniger Rechenaufwand. Ergebnis dieses Schrittes ist die Zuordnung von Punkten des einen Bildes zu Punkten des anderen Bildes. Diese zugeordneten Punktepaare ermöglichen die Herstellung der geometrischen Beziehungen zwischen den Zentren der Anwenderkamera und der Kamera, die Position und Ausrichtung der Näherungswerte repräsentiert, sowie der beiden Bildebenen und der Objektpunkte des 3D-Modells. Wenn diese Beziehung vollständig bestimmt worden ist, ist auch Position und Blickrichtung der Anwenderkamera bestimmt. Damit stehen die entsprechenden Daten für eine Überlagerung der Realität mit virtuellen Informationen im Blickfeld einer Person fest. Der Weg dorthin führt über die Berücksichtigung der inneren Parameter der Anwenderkamera, die über eine Kalibrierung bestimmt werden können. Anschließend wird zunächst die relative Ausrichtung der beiden Kameras bestimmt. Dies ist nur mit Hilfe der inneren Parameter und der korrespondierenden Bildpunktpaare möglich. Dies führt zur Rotation und Translation zwischen den beiden Kameras. Letztere kann allerdings nur bis auf einen Skalierungsfaktor berechnet werden. In einem letzten Schritt werden die Positionen und Ausrichtungen der beiden Kameras in Beziehung zum 3D-Modell gesetzt, das eine Referenz der Realität darstellt. Über die Berücksichtigung des Objektpunktes korrespondierender Bildpunktpaare wird der Skalierungsfaktor des Translationsvektors zwischen den beiden Kamerazentren ermittelt.

## 2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Neben den wirtschaftlichen Erfolgsaussichten des Gesamtkonzeptes GEIST bestehen nach wie vor gute Erfolgsaussichten für die Vermarktung der Einzelkomponenten. Seitens des IGD werden z. Zt. für die folgenden Komponenten besonders gute Erfolgsaussichten erwartet:

- Tracking
- Visualisierung

Die in dem Projekt erzielten Forschungsergebnisse eines videobasierten mobilen Trackingsystems lassen sich auch auf andere Anwendungsgebiete übertragen. Mit der heutigen mobilen Technologie ist bereits eine Positionsbestimmung, hohe Rechenleistung und erweiterte Kommunikation möglich. Auch Kameras sind nach heutigem Standard in jedem Mobiltelefon integriert. Zukunftsweisende Projekte lassen sich aus diesem Grund problemlos mit den neuen mobilen Technologien realisieren.

Nach der Marktstudie von *Egenhofer und Kuhn* [EgKu98] ist im Bereich mobiler geographischer Informationssysteme ein hoher Bedarf an mobiler AR-Technologie zu erwarten, der bisher mangels geeigneter Trackingsysteme nicht gedeckt ist.

Auch für den Bereich Location Based Services (LBS) lassen sich die Komponenten aus GEIST anpassen. Die von der *MICUS Management Consulting GmbH* im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit durchgeführte Studie [FoOeRa03] behandelt u.a. eine Nachfrageanalyse im Bereich LBS, welche prognostiziert, dass künftige Anforderungen an LBS auch die Integration unterschiedlicher Medien darstellen. Die Entwicklungen im Trackingbereich in die Richtung, verschiedene Trackingtechniken zusammen in einem System simultan aber auch hintereinander einzusetzen (Multisensor-Tracking) kann als Basis für verschiedene Location Based Services genutzt werden.

Mit GEIST wurde ein erster Schritt zur Schließung der Lücke im Bedarf getan. Es wird aber weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig sein, um die entwickelten Systeme marktfähig zu machen.

## 2.3 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Über Kontakte auf Konferenzen und durch regelmäßige Recherchen im Internet wurden Entwicklungen in anderen oder neuen Projekten berücksichtigt, die sich mit AR im Außenbereich beschäftigen.

Durch die Summer School on Ubiquitous and Pervasive Computing sind Kontakte zur TU Wien geknüpft worden. Im Rahmen des Studierstube-Projektes, das bis jetzt für den Innenbereich konzipiert ist, wird dort angedacht, dass auch ein AR-System für den Außenbereich entwickelt werden soll.

Auf der Konferenz „Photogrammetric Computer Vision“ wurde eine Entwicklung an der TU Graz vorgestellt, die im Moment ein ähnliches Verfahren entwickelt. Allerdings werden hier die verwendeten photorealistischen 3D-Modelle im Vorfeld bearbeitet.

Das Projekt AR-PDA versucht über Bildverarbeitungsalgorithmen Küchengeräte zu identifizieren. Der gewählte Ansatz ist dem in GEIST eingesetzten sehr ähnlich. Dies zeigt, dass diese Art der Technik nicht nur für 3D-Stadtmodelle und damit für den Einsatz in einer Stadt einsetzbar ist.

Aufgrund von Internetrecherchen und Konferenzen hat sich gezeigt, dass im Forschungsbereich AR die Abdeckung verschiedener Orte durch eine Integration verschiedener Trackingsensoren und die Verwendung dieser hinter- und nebeneinander immer wichtiger wird. Durch die Trackingabdeckung nur basierend auf Sensoren wie sie im umgesetzten Prototyp realisiert wurde, ist es mit der AR-Komponente in GEIST möglich, einen gesamten Innenstadtbereich abzudecken, soweit GPS-Signale empfangen werden. Bei einer Änderung der Anforderungen,

wie es durch das Betreten einer Bühne realisiert wird, ändert sich im System GEIST automatisch die Trackingtechnik. In diesem Fall wird dies durch den Abgleich der Anwenderposition mit einem GIS verwirklicht. Diese Anwendung, in der nicht nur verschiedene Sensoren sondern auch Techniken integriert werden können, entspricht damit den derzeitigen Entwicklungen im Bereich AR.

Bei verschiedenen wissenschaftlichen Kongressen und Messen entstand die Diskussion mit der OpenSG Forschungsgruppe. Es wurde eine Schnittstelle zwischen der Rendering-Komponente des GEIST-Systems und der OpenSG Plattform realisiert. Vorteile ergaben sich hierbei vor allem für avatarlastigen Anwendungen.

Um den Nachteil der fehlenden Unterstützung von Strukturen für die Benutzung von 3D Objekten von OpenGL gegenüber anderen Bibliotheken auszugleichen, wurde OpenSG entwickelt. OpenSG bietet die Möglichkeit, wie beispielsweise bei Java3D einen Szenegraphen aufzubauen, der dann mit OpenGL gerendert werden kann. Auch gibt es die Möglichkeit, Szenen bequem mit einem Editor zu erstellen, als VRML2.0 zu speichern und dann von einer OpenSG Applikation einlesen zu lassen, um den Szenegraphen aufzubauen.

## 2.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Das Fraunhofer IGD hat folgende wissenschaftlichen Arbeiten im Rahmen des Projektes erstellt:

- Holweg, D.; Schneider, O.; Göbel, S.: GEIST – Geschichte vor Ort erleben. 11. *Berliner Konferenz der internationalen EVA-Serie, Berlin, Germany, 2004*
- Holweg, D.; Schneider, O.: GEIST - Mobile Outdoor AR-Informationssystem for Historical Education with Digital Storytelling. *International Status Conference Virtual and Augmented Reality, Leipzig, Germany, 2004*
- Kretschmer, U.; Schulz, T.: Adaptive mobile Ortsbestimmung. *Mensch & Computer 2003, Stuttgart, Germany, 2003*
- Holweg, D.; Kretschmer, U.: GEIST – Outdoor Augmented Reality in urban Environment, *Proceedings of TIDSE 2003 - International Conference on Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment, Darmstadt, Germany, 2003*
- Kretschmer, U.: Measuring position of a user in altering settings. *IMC Workshop 2003. Proceedings of the 4th International Workshop of Mobile Computing, Rostock, Germany, 2003*
- Blechschmied, H.; Holweg, D.; Schilling, A.; Jasnoch, U: Mobile Tourism – New GIS-based Applications at the CeBIT Fair. *Computer Graphik TOPICS 1/2003*
- Holweg, D.; Kretschmer, U.; Holz, T.; Krenzler, R.: Using Learning Games to Raise Cultural Awareness. *Research Workshop on Augmented Virtual Reality (AVIR), Genf, Swiss, 2003*
- Holweg, D.; Jasnoch, U. und Kretschmer, U.: GEIST – Outdoor Augmented Reality in an Urban Environment. *Computer Graphik TOPICS 6/2002*
- Kretschmer, U.; Holweg, D.: GEIST – Ein mobiles AR-Informationssystem zum Erleben historischer Zusammenhänge im urbanen Umfeld mit Digital Storytelling. *Internationale Statustagung Virtuelle und Erweiterte Realität (VR/AR), Leipzig, Germany, 2002*
- Kretschmer, U.: Using Mobile Systems to Transmit Location Based Information. *Proceedings of Photogrammetric Computer Vision (PCV), Graz, Austria, 2002*
- Kretschmer, U.; Coors, V.; Spierling, U.; Grasbon, D.; Schneider, K.; Rojas, I.; Malaka R.: Meeting the Spirit of History. *Proceedings of VAST 2001 – Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage. Glyfada, Greece. 2001*

Liste der abgeschlossenen Diplomarbeiten, Promotionen und Habilitationen:

- 3D-Geoinformationssystem – Entwicklung eines Informationssystems basierend auf 3D-Geometriedaten von Darmstadt, P. Gentzcke, Studienarbeit
- Aufbereitung von Informationen eines 3D-Stadtmodells zur Bestimmung von Position und Blickrichtung, J. Faas, Diplomarbeit
- Bestimmung von Position und Orientierung einer Videokamera für eine Outdoor Augmented Reality Anwendung, A. Werner, Diplomarbeit

- Connection between Panoramic Views and 2D-GIS, S. Phatthanachuanchom, Bachelor Arbeit
- Einlesen eines Videostroms für die Bestimmung von Position und Blickrichtung zur positionsgenauen Informationsvermittlung, A. Preuss, Diplomarbeit
- Endgerätabhängige Visualisierung von dreidimensionalen Geodaten in einem Katastrophenmanagementsystem, M. Etz, Diplomarbeit
- Entwicklung einer Applikation zur Kalibrierung einer Standard Videokamera, D. Winkler, Diplomarbeit
- Graphical Abstraction and progressive transmission in internetbased 3-D-Geoinformationssystemen, V. Coors, Promotionsarbeit
- Interaktionskomponente im Augmented Reality Projekt „GEIST“, D. Herzog, Bachelor Arbeit
- Konzeption und Implementierung einer Kalman-Filter-Architektur zur Lokalisierung in einem mobilen AR-System, T. Holz, Diplomarbeit
- Kopplung einer Panorama-Ansicht mit einem Web-GIS, O. Meiser, Diplomarbeit
- Repräsentation realer Objekte in Outdoor Augmented Reality Systemen, R. Krenzel, Diplomarbeit
- Serverside Rendering of 3D-maps for Location Based Service, Y Chen, Master Thesis
- Tracking einer Person im urbanen Umfeld mit Positions- und Blickrichtungsbestimmung auf Basis eines 3D-Stadtmodells, U. Kretschmer, Promotionsarbeit
- Videobasiertes mobiles Trackingsystem in einer urbanen Umgebung unter Nutzung eines 3D-Stadtmodells, T. Huch, Diplomarbeit

Liste der Veröffentlichungen in der allgemeinen Presse und Fachpresse:

- Sieht ja alles aus wie früher! - Wenn man etwas sieht, was es gar nicht gibt, heißt das "Wahnsinn". Oder "erweiterte Realität". Um sie zu erzeugen, investieren Industrie und Forschung viel Geld.  
erschieden in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, Seite: 65, 09.05.2004
- Die Zukunft der Virtual und Augmented Reality  
erschieden in: Presseinformation 07/2004 des Fraunhofer IGD, 17.02.2004
- Mobile Tourism – New GIS-based Applications at the CeBIT Fair  
erschieden in: COMPUTER GRAPHIK topics, Issue 1, Vol.15, Seite: 17-19, 2003
- Virtuelle Welten erobern Kultur und Medizin  
erschieden in: Presseinformation 34/2002 des Fraunhofer IGD, 24.10.2002
- GEIST - Outdoor Augmented Reality in an Urban Environment  
erschieden in: COMPUTER GRAPHIK topics, Issue 6, Vol.14, Seite: 5-6, 2002
- Auf Zeitreise mit virtuellen Fremdenführern  
erschieden in: Presseinformation 26/2001 des Fraunhofer IGD, 26.06.2001
- Die Geister, die ich rief - Egal ob maßgeschneiderte Kleider, visuelles Schweißen oder geistreiche Stadtführungen: Die Techniken der virtuellen und erweiterten Realität nähern sich der Anwendungsreife.  
erschieden in: Spiegel Online (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,141988,00.html>), 27.06.2001
- Die Zukunft der Virtuellen und Erweiterten Realität  
erschieden in: Presseinformation 25/2001 des Fraunhofer IGD, 26.06.2001
- Mit Geist und Zauberstab auf Zeitreise in die Geschichte  
erschieden in: Darmstädter Echo, Seite: 10, 25.07.2001

Zusätzlich zu den oben erwähnten Veröffentlichungen wurde GEIST bei folgenden Veranstaltungen präsentiert:

- Bei der **Statutstagung „Virtuelle und Erweiterte Realität“** am 5.und 6. November 2002 wurde das Projekt von allen Partnern gemeinsam präsentiert
- Das Fraunhofer-IGD und ZGDV stellten GEIST gemeinsam im Rahmens des „**eq – education quality Forum – Wirkung und Wirksamkeit Neuer Medien in der Bildung**“ im November 2002 vor.
- Vorstellung der Ergebnisse des Projektes GEIST im Rahmen einer Demo-Session auf der **TIDSE-Konferenz 2003**

- Präsentation des Projektes GEIST im Rahmen des Exponats Mobiler Tourismus auf dem Stand der Fraunhofer-Gesellschaft auf der **CeBIT 2003**
- Präsentation des Projektes GEIST am **Graduiertenkolleg Dessau**
- Vortrag an der **FH-Stuttgart** im Rahmen der Vorlesung „Ubiquitous Computing“ im Masterstudiengang Photogrammetry and Geoinformatics
- **Evaluierung** des Prototypen mit Lehrern
- **Evaluierung** des Prototypen mit Schülern
- Präsentation des Projektes GEIST als Teil des Fraunhofer Exponats auf dem Stand der ESRI Geoinformatik GmbH auf der **INTERGEO 2003**
- Präsentation des Projektes auf dem Messestand des BMBF auf der **CeBIT 2004**
- Präsentation des Verbundprojektes auf der **VR/AR Statustagung** 2004 in Leipzig. Jeder Partner stellte seine Komponente in einem Demonstrator vor, weiterhin verband ein gemeinsamer Demonstrator die einzelnen Komponenten



Anlage 1**Liste der bisherigen und vorgesehenen Veröffentlichungen zum Projekt GEIST.**

Die Veröffentlichungen sind absteigend nach der Jahreszahl geordnet. Die Diplomarbeiten sind alphabetisch aufgelistet.

**Wissenschaftliche Arbeiten:**

- Holweg, D.; Schneider, O.; Göbel, S.: GEIST – Geschichte vor Ort erleben. 11. *Berliner Konferenz der internationalen EVA-Serie, Berlin, Germany, 2004*
- Holweg, D.; Schneider, O.: GEIST - Mobile Outdoor AR-Informationssystem for Historical Education with Digital Storytelling. *International Status Conference Virtual and Augmented Reality, Leipzig, Germany, 2004*
- Kretschmer, U.; Schulz, T.: Adaptive mobile Ortsbestimmung. *Mensch & Computer 2003, Stuttgart, Germany, 2003*
- Holweg, D.; Kretschmer, U.: GEIST – Outdoor Augmented Reality in urban Environment, *Proceedings of TIDSE 2003 - International Conference on Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment, Darmstadt, Germany, 2003*
- Kretschmer, U.: Measuring position of a user in altering settings. *IMC Workshop 2003. Proceedings of the 4th International Workshop of Mobile Computing, Rostock, Germany, 2003*
- Blechschmied, H.; Holweg, D.; Schilling, A.; Jasnoch, U: Mobile Tourism – New GIS-based Applications at the CeBIT Fair. *Computer Graphik TOPICS 1/2003*
- Holweg, D.; Kretschmer, U.; Holz, T.; Krenzler, R.: Using Learning Games to Raise Cultural Awareness. *Research Workshop on Augmented Virtual Reality (AVIR), Genf, Swiss, 2003*
- Holweg, D.; Jasnoch, U. und Kretschmer, U.: GEIST – Outdoor Augmented Reality in an Urban Environment. *Computer Graphik TOPICS 6/2002*
- Kretschmer, U.; Holweg, D.: GEIST – Ein mobiles AR-Informationssystem zum Erleben historischer Zusammenhänge im urbanen Umfeld mit Digital Storytelling. *Internationale Statustagung Virtuelle und Erweiterte Realität (VR/AR), Leipzig, Germany, 2002*
- Kretschmer, U.: Using Mobile Systems to Transmit Location Based Information. *Proceedings of Photogrammetric Computer Vision (PCV), Graz, Austria, 2002*
- Kretschmer, U.; Coors, V.; Spierling, U.; Grasbon, D.; Schneider, K.; Rojas, I.; Malaka R.: Meeting the Spirit of History. *Proceedings of VAST 2001 – Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage. Glyfada, Greece. 2001*

**Diplomarbeiten, Promotionen und Habilitationen:**

- 3D-Geoinformationssystem – Entwicklung eines Informationssystems basierend auf 3D-Geometriedaten von Darmstadt, P. Gentzcke, Studienarbeit
- Aufbereitung von Informationen eines 3D-Stadtmodells zur Bestimmung von Position und Blickrichtung, J. Faas, Diplomarbeit
- Bestimmung von Position und Orientierung einer Videokamera für eine Outdoor Augmented Reality Anwendung, A. Werner, Diplomarbeit
- Connection between Panoramic Views and 2D-GIS, S. Phatthanachuanchom, Bachelor Arbeit
- Einlesen eines Videostroms für die Bestimmung von Position und Blickrichtung zur positionsgenauen Informationsvermittlung, A. Preuss, Diplomarbeit
- Endgerätabhängige Visualisierung von dreidimensionalen Geodaten in einem Katastrophenmanagementsystem, M. Etz, Diplomarbeit
- Entwicklung einer Applikation zur Kalibrierung einer Standard Videokamera, D. Winkler, Diplomarbeit
- Graphical Abstraction and progressive transmission in internetbased 3-D-Geoinformationssystemen, V. Coors, Promotionsarbeit
- Interaktionskomponente im Augmented Reality Projekt „GEIST“, D. Herzog, Bachelor Arbeit
- Konzeption und Implementierung einer Kalman-Filter-Architektur zur Lokalisierung in einem mobilen AR-System, T. Holz, Diplomarbeit
- Kopplung einer Panorama-Ansicht mit einem Web-GIS, O. Meiser, Diplomarbeit

- Repräsentation realer Objekte in Outdoor Augmented Reality Systemen, R. Krenzel, Diplomarbeit
- Serverside Rendering of 3D-maps for Location Based Service, Y Chen, Master Thesis
- Tracking einer Person im urbanen Umfeld mit Positions- und Blickrichtungsbestimmung auf Basis eines 3D-Stadtmodells, U. Kretschmer, Promotionsarbeit
- Videobasiertes mobiles Trackingsystem in einer urbanen Umgebung unter Nutzung eines 3D-Stadtmodells, T. Huch, Diplomarbeit

**Presse und Fachpresse:**

- Sieht ja alles aus wie früher! - Wenn man etwas sieht, was es gar nicht gibt, heißt das "Wahnsinn". Oder "erweiterte Realität". Um sie zu erzeugen, investieren Industrie und Forschung viel Geld.  
erschieden in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, Seite: 65, 09.05.2004
- Die Zukunft der Virtual und Augmented Reality  
erschieden in: Presseinformation 07/2004 des Fraunhofer IGD, 17.02.2004
- Mobile Tourism – New GIS-based Applications at the CeBIT Fair  
erschieden in: COMPUTER GRAPHIK topics, Issue 1, Vol.15, Seite: 17-19, 2003
- Virtuelle Welten erobern Kultur und Medizin  
erschieden in: Presseinformation 34/2002 des Fraunhofer IGD, 24.10.2002
- GEIST - Outdoor Augmented Reality in an Urban Environment  
erschieden in: COMPUTER GRAPHIK topics, Issue 6, Vol.14, Seite: 5-6, 2002
- Auf Zeitreise mit virtuellen Fremdenführern  
erschieden in: Presseinformation 26/2001 des Fraunhofer IGD, 26.06.2001
- Die Geister, die ich rief - Egal ob maßgeschneiderte Kleider, visuelles Schweißen oder geistreiche Stadtführungen: Die Techniken der virtuellen und erweiterten Realität nähern sich der Anwendungsreife.  
erschieden in: Spiegel Online (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,141988,00.html>), 27.06.2001
- Die Zukunft der Virtuellen und Erweiterten Realität  
erschieden in: Presseinformation 25/2001 des Fraunhofer IGD, 26.06.2001
- Mit Geist und Zauberstab auf Zeitreise in die Geschichte  
erschieden in: Darmstädter Echo, Seite: 10, 25.07.2001