



FAKULTÄT FÜR **INFORMATIK**

Design, Implementierung und Evaluierung von mobilen Benutzerschnittstellen für den Zugang zu räumlicher Information

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Technische Informatik

eingereicht von

Gerhard Obernberger

Matrikelnummer 9926137

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung:
Betreuer: Ao. Univ. Prof. DI Dr. Peter Purgathofer
Mitwirkung: Mag. Dr. Peter Fröhlich, Dr. rer. nat. Peter Reichl

Wien, 23.10.2008

(Unterschrift Verfasser)

(Unterschrift Betreuer)

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt all jenen Personen, die dazu beigetragen haben, dass diese Diplomarbeit zustande gekommen ist.

In erster Linie meinen Eltern, welche mir das Studium überhaupt ermöglicht haben und mich immer wieder dazu ermutigten, es auch abzuschließen.

Weiters bedanke ich mich bei ao. Univ. Prof. DI Dr. Peter Purgathofer für die Betreuung seitens der TU-Wien.

Mein ganz besonderer Dank richtet sich an das *ftw.* und die *p2d*-Projektpartner mobilkom austria und Siemens Austria, insbesondere an Mag. Dr. Peter Fröhlich seitens des *ftw.* für die gute Zusammenarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung der Benutzerstudie und bereitwillige Unterstützung und Geduld bei der Verfassung dieser Arbeit, sowie Dr. rer. nat. Peter Reichl für die Betreuung.

Ebenso möchte ich mich bei den zahlreichen Testpersonen bedanken, welche durch ihre Mitarbeit einen wichtigen Beitrag zum Gesamtwerk geleistet haben.

Kurzfassung

Diese Arbeit untersucht den Gestaltungsspielraum von mobilen räumlichen Anwendungen und Methoden für den Zugang zu Points-of-Interest (POI). Virtuelle grafische Repräsentationen der Umgebung sollen dem Benutzer helfen, auf möglichst einfache Weise die gewünschten Informationen zu erhalten.

Im Rahmen dieser Arbeit sind voll funktionsfähige Prototypen von Restaurantführern implementiert worden, welche unterschiedliche Gestaltungsmerkmale hinsichtlich Design und Interaktionskonzept aufweisen.

Mit den Prototypen wurde eine Benutzerstudie durchgeführt, um die Präferenzen der Benutzer in Bezug auf Visualisierung der Umgebung und Einfachheit des Zugangs zu POI zu eruieren. Mehrere unterschiedliche Visualisierungen und Interaktionskonzepte wurden implementiert, welche die Umgebung des Benutzers abhängig von seiner geografischen Position und der 3D-Ausrichtung im Raum darstellten. Für die Visualisierungen wurde ein Gebäudemodell herangezogen, bei dem die POI, im vorliegenden Fall die Restaurants, visuell zu den Gebäuden zugeordnet waren und vom Benutzern ausgewählt werden konnten, um detaillierte Informationen zu erhalten.

Die bedeutendste Erkenntnis war, dass alle orientierungsbewussten Visualisierungen der Umgebung gegenüber den konventionellen orientierungsunabhängigen Darstellungen bevorzugt wurden. Daraus kann geschlossen werden, dass in zukünftigen mobilen Endgeräten die Integration eines elektronischen Kompasses sinnvoll wäre.

Weitere Ergebnisse hinsichtlich des Realitätsgrades der Darstellung, der Perspektive auf die Umgebungssituation sowie des Gesichtsfeldes konnten durch die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Eigenschaften sowie spezifischer Befragung der Testpersonen erzielt werden. Aufgrund der Aussagen der Testpersonen können erste Empfehlungen für die Gestaltung von Benutzerschnittstellen für mobile räumliche Anwendungen gegeben werden. Darüber hinaus werden Vorschläge für zukünftige Forschungsrichtungen abgegeben.

Abstract

This diploma thesis investigates the domain of mobile spatial applications and methods for the access of Points-of-Interest (POI). Enriched graphical representations of the user's surroundings were implemented which help them to get the information they want in an easy way.

Fully functional prototypes of restaurant finder services have been developed during this diploma thesis, that implement different design and interaction concepts.

An outdoor field study using the developed prototypes was performed to obtain user preferences based on the visualisation of the surroundings and the ease of access to the POI. Several applications were developed which applied different design and interaction concepts in order to visualize surroundings depending on the geographical position and the spatial orientation of the mobile phone. For the visualisation a 3D model was used with POI – in our case restaurants – attached to nearby buildings. The user was able to select a building to get detailed information about existing restaurants.

The most important finding was that orientation aware visualisations using an electronic compass were highly preferred as opposed to the conventional north-oriented presentations. This discovery implies the use of electronic compasses will be a significant component in upcoming mobile phones.

Other findings related to the degree of realism of the visualisation, the perspective of the surroundings and the field of view were investigated by comparing different attributes and posing specific questions. Based on the answers of prototype users first design recommendations for mobile spatial applications could be given. Furthermore, future research directions are suggested.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Aufgabenstellung	2
1.3 Aufbau dieser Arbeit	3
2 Stand der Forschung	4
2.1 Überblick	4
2.1.1 Techniken zur Orts- & Orientierungserkennung	4
2.1.2 Benutzerorientiertes Design	9
2.1.3 Mobile räumliche Interaktionskonzepte	10
2.1.4 Anwendung “Creative Histories”	16
2.2 Point-to-Discover	17
2.2.1 Systemkomponenten von Point-to-Discover	18
2.2.2 Sensormodul	19
2.2.3 Local Visibility Model	20
2.2.4 Integration von Inhalten	22
2.2.5 Anwendung “GeoPointer”	23
2.3 Gestaltungsdimensionen für mobile räumliche Anwendungen	24
2.3.1 Perspektive	24
2.3.2 Realitätsgrad	24
2.3.3 Gesichtsfeld	24
2.3.4 Orientierungsbewusste Darstellung	25
2.3.5 Art der POI-Auswahl	25
2.3.6 Zusätzliche Metainformation	25
2.4 Zusammenfassung	26
3 Design & Implementierung der Prototypen	27

3.1	Überblick	27
3.2	Eingesetzte Technologien	27
3.2.1	Serverseitige Technologien	27
3.2.2	Technologien am mobilen Endgerät	28
3.3	Anwendungsdesign und Implementierung	30
3.3.1	Gemeinsame Funktionalitäten	30
3.3.2	Anwendung “Panorama”	31
3.3.3	Anwendung “Karussell”	33
3.3.4	Anwendung “Map 3D”	35
3.3.5	Anwendung “Map”	38
3.4	Einordnung der Anwendungen nach den Gestaltungsdimensionen	40
3.4.1	Perspektive	40
3.4.2	Realitätsgrad	41
3.4.3	Gesichtsfeld	42
3.4.4	Orientierungsbewusste Darstellung	42
3.4.5	Art der POI-Auswahl	43
3.4.6	Zusätzliche Metainformation	44
3.5	Zusammenfassung	45
4	Benutzerevaluierung	46
4.1	Überblick	46
4.2	Forschungsfragen	46
4.3	Methode	50
4.3.1	Testpersonen	50
4.3.2	Gestaltungsdimensionen	52
4.3.3	Route	52
4.3.4	Testablauf	54
4.3.5	Hardware Setup	55
4.4	Ergebnisse	56
4.4.1	Promenade	56
4.4.2	Abschlussinterview	57
4.5	Zusammenfassung	59
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	62
A	Abkürzungen	64
B	Testplan	67
	Literaturverzeichnis	100

Abbildungsverzeichnis

2.1	Standard-GPS-Empfänger, der über die Bluetooth-Schnittstelle mit dem mobilen Endgerät kommuniziert.	5
2.2	Definition der Achsen der Orientierungs- und Neigungssensoren für den Ausgleich des Orientierungsfehlers aufgrund der Neigung des Sensors. Zur Berechnung werden der seitliche Neigungswinkel (roll) und der Vertikalwinkel (pitch) des mobilen Endgeräts herangezogen. . . .	7
2.3	Zweidimensionale Strichcodes, auf zwei verschiedene Arten kodiert. Der linke ist ein QR-Code und der rechte ein Semacode. In beiden Bildern ist die Zeichenkette “Point-to-Discover” kodiert.	8
2.4	Beispiel für die grafische Repräsentation von Umgebungsdaten eines <i>Smart Compass</i> . Es werden die Entfernung und die Richtung zu interessanten Punkten angezeigt.	12
2.5	Augmented Reality: Überlagerung der Umgebung mit dem Leitungssystem, das sich unterhalb der Straße befindet, dargestellt mit dem Projekt <i>Vidente</i>	15
2.6	Ansicht der Benutzerschnittstelle des mobilen Endgeräts des Projekts <i>Creative Histories</i>	16
2.7	Anwendung von <i>Point-to-Discover</i> , bei der das mobile Endgerät als Zeigestab eingesetzt wird.	17
2.8	Die Systemkomponenten von <i>Point-to-Discover</i>	18
2.9	Links ist ein Sensormodul mit Orientierungs- und Neigungssensoren für ein Nokia N70, rechts eines, das zusätzlich einen GPS-Empfänger auf der Platine integriert hat, für ein Nokia E61.	20
2.10	Berechnung eines Billboards für die egozentrische Repräsentation von Gebäuden mittels der <i>LVis</i> -Datenstruktur.	21
2.11	Ansicht einer von der “Visibility Engine” berechneten <i>LVis</i> -Datenstruktur im Grundriss.	21
2.12	Ansicht einer von der “Visibility Engine” berechneten <i>LVis</i> -Datenstruktur, dargestellt mit <i>Google Earth</i>	22
2.13	Benutzerschnittstelle des <i>GeoPointer</i> : Liste von Points-of-Interest, Detailinformation zu einem gewählten Point-of-Interest und Kartenansicht.	23

3.1	Das linke Bild zeigt die Bezeichnungen der Tasten, in der Mitte sind die Statusanzeigen der Anwendungen und rechts die Detailansicht eines Gebäudes mit all dessen Restaurants ersichtlich.	30
3.2	Panoramaansicht einer <i>LVis</i> -Datenstruktur.	32
3.3	Schematische Darstellung der Berechnung der Panoramaansicht. Der grüne Bereich stellt den definierten Öffnungswinkel von 120° dar, der entweder als Abwicklung unverzerrt oder, auf die Normalebene projiziert, verzerrt dargestellt werden kann. Durch die Verzerrung werden Gebäude in der Mitte der Bildebene gestreckt, die seitlichen gestaucht, wodurch ein Linseneffekt erzielt wird.	33
3.4	Benutzerschnittstelle der Anwendung <i>Panorama</i>	34
3.5	Beispiele für Benutzerschnittstellen der Anwendung <i>Karussell</i> . Links aus vertikaler Perspektive, rechts die Ansicht von schräg hinten. . . .	34
3.6	Berechnung der Karussellansicht. Es wird das <i>LVis</i> im Grundriss (rote Linien) zwei mal mit unterschiedlichen Skalierungsfaktoren der Distanz berechnet und verbunden, um die grünen Trapeze zu erhalten. Der Abwicklungsdarstellung sind die Höhen der entsprechenden Gebäude zu entnehmen. Sie werden einbezogen, indem auf den Verbindungsgeraden der beiden unterschiedlich skalierten <i>LVis</i> -Datenstrukturen interpoliert wird. Daraus ergeben sich die schraffierten Flächen, welche die Trapeze darstellen, die auf der Benutzeroberfläche dargestellt werden.	35
3.7	Berechnung der Seitenflächen der Gebäude als <i>TriangleStripArray</i> : Die erste Fläche muss mit 3 Punkten angegeben werden, jede weitere ist durch einen neuen Punkt und die letzten beiden Punkte der vorigen Fläche bestimmt.	36
3.8	Beispiele für die Berechnung der Deckflächen der Gebäude durch Einteilung der Polygonflächen in Dreiecke. Da der Durchschnitt der Eckpunkte als mittlerer Stützpunkt verwendet wird, ist die Darstellung der beiden rechten Beispiele fehlerhaft (hellgrüne Flächen).	37
3.9	Benutzerschnittstelle der Anwendung <i>Map 3D</i> . Links aus der Vogelperspektive, in der Mitte die Ansicht von oben (vertikale Perspektive) und rechts aus egozentrischer Perspektive.	37
3.10	Die Points-of-Interest, welche im Zuge der Integration von Inhalten händisch registriert wurden.	39
3.11	Benutzerschnittstelle der Anwendung <i>Map</i>	40
4.1	Die 7 Testpunkte, an denen die unterschiedlichen Anwendungsdesigns getestet wurden, plus einem Übungspunkt.	53

4.2	Bewertungen der Anwendungsdesigns anhand der Einfachheit des Zugangs zu POI. Es ist jeweils der Bezug von virtuell nach real bzw. real nach virtuell getrennt dargestellt. 7=beste Bewertung, die Balken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.	56
4.3	Durchschnittliche Präferenzrangwerte der unterschiedlichen Perspektiven. 3=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.	58
4.4	Durchschnittliche Präferenzrangwerte der verschiedenen Realitätsgrade. 3=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.	58
4.5	Durchschnittliche Präferenzrangwerte des Gesichtsfelds. 2=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle. . .	59
4.6	Durchschnittliche Präferenzrangwerte ob die Darstellung genordet oder abhängig vom elektronischen Kompass sein soll. 2=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle. . .	60
B.1	Perpektive: Links vertikal, in der Mitte die Vogelperspektive und rechts aus egozentrischer Sicht.	94
B.2	Gesichtsfeld: frontale Darstellung.	95
B.3	Gesichtsfeld: Darstellung der Umgebung rundherum.	96
B.4	Realitätsgrad: Links die Fassade, in der Mitte die Blockdarstellung und rechts das texturierte Modell.	97
B.5	Visualisierung des Eingangs: Grafische Visualisierung der Eingänge mit roten Flächen vs. Karte mit Marker.	99

Tabellenverzeichnis

3.1	Perspektive der Anwendungen	41
3.2	Realitätsgrad der Anwendungen	41
3.3	Gesichtsfeld der Anwendungen	42
3.4	orientierungsbewusste Darstellung der Anwendungen	43
3.5	Art der POI-Auswahl der Anwendungen	44
3.6	Anzeige von zusätzlichen Metainformationen der Anwendungen	44
4.1	Die gewählten Anwendungsdesigns und deren Gestaltungsdimensionen.	48
4.2	Die Testpunkte TP1 bis TP7 und deren sichtbare Gebäude und Restaurants in unmittelbarer Umgebung.	54
A.1	Abkürzungsverzeichnis 1/3	64
A.2	Abkürzungsverzeichnis 2/3	65
A.3	Abkürzungsverzeichnis 3/3	66
B.1	Orientierungsbewusstheit: North fixed vs. Track up	92
B.2	Art der POI-Auswahl: GUI-Auswahl vs. Gestenauswahl.	93
B.3	Perspektive: vertikal vs. Vogelperspektive vs. egozentrisch.	95
B.4	Gesichtsfeld: Frontal vs. Surround.	97
B.5	Realitätsgrad: Fassade vs. Block vs. Textur.	98

1 Einleitung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit mobilen Anwendungen, welche abhängig von der geografischen Position des Benutzers, Informationen bzw. Dienste zur Verfügung stellen. Derartige Systeme werden mobile räumliche Dienste genannt. Der Schwerpunkt der Diplomarbeit liegt bei der Implementierung von Interaktionskonzepten sowie der Visualisierung der räumlichen Informationen auf mobilen Endgeräten.

Da diese Diplomarbeit im Rahmen des Projekts *Point-to-Discover* (*p2d*¹) des *Forschungszentrum Telekommunikation Wien* (*ftw.*²) durchgeführt wurde, wird das Projekt *p2d* in diesem Kapitel etwas genauer vorgestellt.

1.1 Motivation

Mobile Endgeräte wie Handys oder Pocket PC's sind mittlerweile aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Durch die ständige Steigerung der Leistung der mobilen Endgeräte sind jetzt schon zahlreiche Anwendungen möglich. Neben Telefonieren und Schreiben von SMS bieten Sie dem Benutzer Funktionalitäten wie Terminkalender, Kamera, Radio, MP3-Player, Senden und Empfangen von E-Mails, um nur ein paar zu nennen. Aber auch die Weiterentwicklung der Bildschirme bringt mit sich, dass aufwändige grafische Oberflächen ermöglicht werden.

Wird zusätzlich zu einem mobilen Endgerät ein GPS-Empfangsmodul verwendet, um die aktuelle geografische Position des Benutzers bestimmen zu können, so ergeben sich eine Vielzahl von neuen Anwendungen. Verschiedene Dienstleistungen und Informationen können abhängig von der geografischen Position des Benutzers ausgewählt und in Anspruch genommen werden. Ein System dieser Art wird *Location-Based-Service* genannt.

Bei der in dieser Diplomarbeit vorgestellten Benutzerstudie wird neben einem GPS-Empfänger auch ein eigens am *ftw.* entwickeltes Sensormodul verwendet, welches die genaue Orientierung und 3D-Ausrichtung des mobilen Endgeräts im Raum erfasst. Dieses Sensormodul erlaubt ganz neue Arten der Interaktion zwischen Benutzer und mobilem Endgerät bzw. seiner Umgebung und spielt eine zentrale Rolle für die in den folgenden Kapiteln vorgestellten Benutzerschnittstellen. Anwendungen, die diese räumliche Komponente miteinbeziehen werden als *mobile räumliche*

¹*Point-to-Discover* project homepage, <http://p2d.ftw.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

²*Forschungszentrum Telekommunikation Wien*, <http://www.ftw.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

Anwendungen bezeichnet. Ein Beispiel dafür ist das Abrufen von kulturellen Informationen zu einem historischen Gebäude oder den Preis einer verkäuflichen Immobilie.

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich vor allem mit der Frage, wie dem Benutzer die ortsbezogenen Informationen und Dienstleistungen am mobilen Endgerät am anschaulichsten dargestellt werden können und wie er am effizientesten die gewünschten Informationen erhält. Anhand einer voll funktionsfähigen prototypischen Implementierung wird eine Benutzerstudie durchgeführt und es werden abschließend die Präferenzen der Benutzer aufgrund der Befragungen während der Benutzerstudie vorgestellt.

1.2 Aufgabenstellung

Die Diplomarbeit setzt sich zum Ziel, den Gestaltungsraum von mobilen räumlichen Anwendungen zu untersuchen. Dabei sollen ansprechende visuelle Repräsentationen der räumlichen Umgebung für Benutzer von mobilen Endgeräten implementiert werden. Es soll einerseits der Fokus auf der übersichtlichen Darstellung, andererseits auf Interaktionskonzepte liegen, die dem Benutzer ermöglichen, mit dem System zu interagieren. Als Vorlagen sollen die von Max Egenhofer in [Em99] definierten Interaktions-Metaphern dienen.

Zu Beginn muss evaluiert werden, welche Möglichkeiten zur visuellen Umsetzung auf mobilen Endgeräten bestehen. Danach erfolgt eine Konkretisierung der Designs, es werden Anwendungen definiert, die im folgenden Schritt implementiert werden. Es sollen Beispielanwendungen implementiert werden, die dem Benutzer auf unterschiedliche Weise den Zugang zur räumlichen Information ermöglichen. Dabei ist darauf zu achten, dass die grundlegende Benutzerführung, wie z.B. Auswahl taste für den POI-Zugang oder Scrollfunktion bei der Anzeige eines POI, in allen Anwendungen ähnlich ist. Grund dafür ist, dass die Ergebnisse der abschließenden Evaluierung mit potentiellen Benutzern konsistent sein soll und keine Einflüsse, die durch nicht zu evaluierende Gestaltungsmerkmale bedingt sind, eine Verfälschung bewirken.

Bei der abschließenden Evaluierung werden die implementierten Designs bzw. Anwendungen gegenübergestellt. Dabei soll herausgefunden werden, welche visuellen Designs die Benutzer am meisten bei der Auswahl von POI unterstützen. Weiters soll überprüft werden, wie schwer oder einfach es für jeden einzelnen Benutzer ist, den Bezug von visueller Repräsentation zur wirklichen Umgebung herzustellen. Auf der einen Seite ist der Bezug visuelle Repräsentation zur wirklichen Umgebung interessant, auf der anderen Seite aber auch das Zurechtfinden des Benutzers in der visuellen Repräsentation aufgrund seiner wirklichen Umgebung.

Das Ergebnis der Evaluierung soll eine Empfehlung für verschiedene visuelle Designs zur Darstellung von räumlichen Informationen sein. Dabei müssen Aspekte wie Repräsentationsradius und Informationsdichte berücksichtigt werden.

1.3 Aufbau dieser Arbeit

Diese Diplomarbeit untergliedert sich in folgende Bereiche:

- **Stand der Forschung:**

Zu Beginn erhält der Leser grundsätzliche Informationen über die Hintergründe der Diplomarbeit. Es wird auf bereits vorhandene Forschungsergebnisse eingegangen und das Projekt *p2d* vorgestellt. Danach erfolgen Definitionen von Gestaltungsdimensionen für die Kategorisierung mobilen räumlichen Anwendungen. Zum Schluss wird die Aufgabenstellung erläutert.

- **Design & Implementierung der Prototypen:**

In diesem Kapitel werden die visuellen Designs der Benutzerschnittstellen festgelegt. Zuerst werden die Technologien diskutiert, die für die Implementierungen der Anwendungen eingesetzt werden. Danach erfolgt, neben den Designs der Benutzerschnittstellen, eine genaue Beschreibung der Implementierungen der Anwendungen. Am Schluss wird eine Kategorisierung der Anwendungen nach den definierten Gestaltungsdimensionen getroffen.

- **Benutzerevaluierung:**

Die Benutzerevaluation bildet den Abschluss der Diplomarbeit. Zu Beginn werden die User Szenarien, mit denen die Testpersonen konfrontiert werden, vorgestellt. Danach folgt die Darstellung der Gesichtspunkte, nach welchen die Anwendungen für die Evaluierung ausgewählt wurden. Weiters werden die Kriterien für die Wahl der Testpunkte erläutert. Am Schluss erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse und eine Interpretation dieser.

2 Stand der Forschung

2.1 Überblick

In den folgenden Unterkapiteln wird auf für diese Diplomarbeit relevante Forschungsergebnisse eingegangen. Es werden verschiedene Bereiche der Forschung angesprochen, die in Zusammenhang mit dieser Diplomarbeit stehen.

Die Lokalisierung des Benutzers ist bei mobilen räumlichen Diensten ein Kernthema. Neben dem Wissen über die genaue geografische Position des Benutzers ist in manchen Anwendungen die Blickrichtung bzw. die Zeigerichtung des mobilen Endgeräts von Bedeutung. Es werden mehrere Projekte vorgestellt, die unterschiedliche Ansätze in diesen Bereichen liefern.

Der Benutzer wird beim Design der Anwendungen und der Evaluierung in den Mittelpunkt gestellt. Dies wird als benutzerorientiertes Design bezeichnet, welches mithelfen soll, den Anforderungen der Benutzer bestmöglich gerecht zu werden.

Ein weiteres Thema, auf das in diesem Kapitel eingegangen wird, sind unterschiedliche Interaktionskonzepte. Sie beschreiben die Interaktionsmöglichkeiten des Benutzers mit dem mobilen Endgerät und dadurch mit dem System. Ein wichtiger Teilaspekt dabei ist die Visualisierung der räumlichen Informationen. Einschränkungen ergeben sich dabei durch die relativ kleinen Bildschirme bzw. deren schlechte Auflösungen und die geringen Leistungen der mobilen Endgeräte, verglichen mit herkömmlichen PC's.

2.1.1 Techniken zur Orts- & Orientierungserkennung

Die Grundvoraussetzung für mobile räumliche Dienste ist, dass die geografische Position des Benutzers lokalisierbar ist. Abhängig von seiner Position werden dem Benutzer vom System unterschiedliche Informationen bzw. Dienste zurückgeliefert.

Die Lokalisierungstechnik, die sehr oft zum Einsatz kommt, ist ein GPS-Empfänger. Es gibt hier unterschiedliche Ausführungen: Manche nutzen die Bluetooth-Schnittstelle als Kommunikationsträger, diese sind am universellsten einsetzbar. Andere wiederum sind nur mit mobilen Endgeräten mit USB-Schnittstelle, wie z.B. Pocket PC's, einsetzbar. Die Abbildung 2.1 zeigt einen Standard-GPS-Empfänger, der über die Bluetooth-Schnittstelle mit dem mobilen Endgerät kommuniziert.

Ein GPS-Empfänger liefert neben anderen Daten den Längen- und Breitengrad

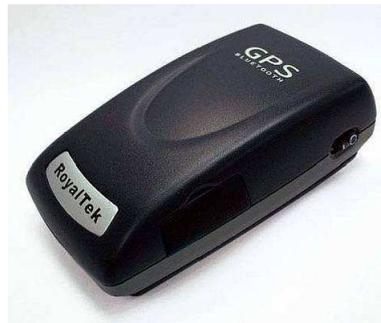


Abbildung 2.1: Standard-GPS-Empfänger, der über die Bluetooth-Schnittstelle mit dem mobilen Endgerät kommuniziert.

(longitude/latitude) der geografischen Position des Benutzers. Diese Werte bestimmen die Position auf der Erde eindeutig und werden dazu verwendet, dem Benutzer bestimmte, an seine Position angepasste Informationen zurückzuliefern.

Die globale geografische Position des Benutzers wird durch Triangulation zwischen den Satelliten berechnet, zu denen der Empfänger eine Verbindung aufgebaut hat. Dazu ist es notwendig, dass die Distanz zu den Satelliten ermittelt wird. Dies erfolgt durch die Messung der Signallaufzeiten. Durch Triangulation aus diesen Messwerten kann auf die geografische Position rückgeschlossen werden.

Die Genauigkeit der berechneten Position des Benutzers ist abhängig vom verwendeten GPS-Empfänger. Im Rahmen der Diplomarbeit wurden verschiedene GPS-Empfänger getestet, welche unterschiedliche Genauigkeiten aufwiesen.

Folgende Parameter beeinflussen die Genauigkeit der Position, die der GPS-Empfänger liefert, verglichen mit der realen Position des Benutzers:

- **Verwendeter Chip:** Bei den verwendeten GPS-Empfängern handelte es sich um Geräte mit den Chips names SirfSTAR II und SirfSTAR III. Letzterer lieferte uns genauere Ergebnisse, weshalb GPS-Empfänger mit diesem Chip bevorzugt verwendet wurden.
- **Örtliche Gegebenheiten:** Die Genauigkeit der gelieferten Position hängt sehr stark davon ab, ob eine gute Sicht auf die Satelliten besteht. Problematisch kann es sein, wenn der Benutzer z.B. unter Bäumen steht. Da kann es sogar vorkommen, dass der GPS-Empfänger nicht zu genügend vielen Satelliten einen Kontakt herstellen kann, somit auch keine Berechnung der aktuellen Position möglich ist. Ein weiteres Problem stellen enge Gassen in Städten dar. Falls überhaupt genügend Satelliten erreicht werden können, können die Signale durch Reflexionen an den Gebäuden verfälscht werden.
- **Uhrzeit:** Die Position der Satelliten variiert mit der aktuellen Uhrzeit und sie können deshalb vom GPS-Empfänger besser oder schlechter erreicht werden.

Es sind über 20 Satelliten rund um die Erde verteilt, sodass immer mindestens 4 Satelliten gleichzeitig vom GPS-Empfänger erreicht werden können.

Alternativ zu derzeitigen GPS-Systemen wird in naher Zukunft ein neuer Satellitenstandard angeboten. Das *European Galileo System*¹ befindet sich derzeit noch in Entwicklung, sollte aber in den kommenden Jahren zur genaueren Ortung von GPS-Empfängern dienen.

Orientierungs- und Neigungssensoren

Bei der Verwendung eines mobilen Endgeräts für mobile räumliche Dienste ist neben dem Wissen über die genaue geografische Position des Benutzers auch die Orientierung und 3D-Ausrichtung ausschlaggebend für die Informationen und Dienste, die ihm vom System geliefert und am mobilen Endgerät angezeigt bzw. angeboten werden. So sind in den mobilen Endgeräten der neuesten Generation oft schon Orientierungs- bzw. Neigungssensoren vorhanden. Ein Beispiel dafür ist der bald erscheinende Nokia Navigator, der neben einem GPS-Empfänger über derartige Sensoren verfügt. Ein anderes Beispiel sind mobile Endgeräte, bei denen sich je nach Ausrichtung des Geräts die Anzeige am Bildschirm mitdreht.

Da jedoch die meisten mobilen Endgeräte über keine derartigen Sensoren verfügen, muss eine zusätzliche Hardware, die mit dem mobilen Endgerät kommuniziert, verwendet werden. Dieses Sensormodul kann über die Bluetooth-Schnittstelle mit dem mobilen Endgerät kommunizieren und die aktuelle Orientierung und 3D-Ausrichtung im Raum liefern. Dafür ist ein dreiachsiger Magnetkompass und ein zweiachsiger Neigungssensor notwendig [BaKu05]. Der Neigungssensor misst aufgrund der Erdanziehungskraft den Normalvektor auf die Horizontalebene. Dadurch ist die genaue 3D-Ausrichtung des Sensors im Raum bekannt. Dieser Vektor wird aber auch dazu verwendet, um die Kompassorientierung in die Horizontalebene umzurechnen, damit der Orientierungsfehler, der aufgrund der Neigung des elektronischen Kompasses auftritt, kompensiert werden kann.

Die Abbildung 2.2 gibt Aufschluss über die geometrische Anordnung für diese Berechnung. Der mit “roll” bezeichnete Winkel ist der seitliche Neigungs- bzw. Kippwinkel des mobilen Endgeräts, “pitch” ist der Vertikalwinkel, bestimmt also, ob nach oben bzw. unten gezeigt wird.

Die einfachste Variante für die Messung der Neigung, ist die Verwendung eines Beschleunigungssensors, da dieser den Vorteil hat, dass er sehr leicht zu miniaturisieren ist und somit ideal für den Einsatz in mobilen Endgeräten ist. In [BaKu05] sind als alternative Möglichkeiten die Verwendung eines Gyroskops oder von Sensoren, die auf Elektrolyseflüssigkeiten basieren, genannt, welche aber wegen ihrer

¹*European Galileo System* project homepage, http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/ (letzter Zugriff 03.09.2008)

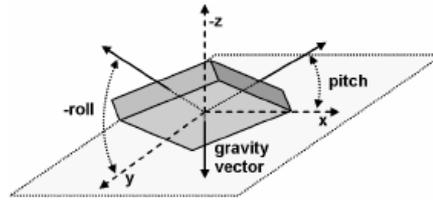


Abbildung 2.2: Definition der Achsen der Orientierungs- und Neigungssensoren für den Ausgleich des Orientierungsfehlers aufgrund der Neigung des Sensors. Zur Berechnung werden der seitliche Neigungswinkel (roll) und der Vertikalwinkel (pitch) des mobilen Endgeräts herangezogen.

komplexeren Bauweise bzw. wegen der beweglichen Teile nicht so leicht so kompakt herstellbar sind.

Ein Nachteil von Beschleunigungssensoren ist, dass durch die Verwendung eines zweiachsigen Beschleunigungssensors die Genauigkeit der Neigung bei Winkeln über 60° stark abnimmt [SiKu05]. Eine Kompensation kann durch die Verwendung von zwei zweiachsigen Beschleunigungssensoren erfolgen, die im rechten Winkel zueinander montiert werden².

Kamerabasierte Methoden

Die Verwendung eines GPS-Empfängers hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Infrastruktur notwendig ist. Eine alternative Methode ist die Verwendung von visuellen zweidimensionalen Codes, sogenannten “Quick Response” Codes (QR-Codes)³ bzw. “Semacodes”⁴. Diese Codes sind zweidimensionale Strichcodes und ersetzen mehr und mehr den herkömmlichen eindimensionalen Strichcode (auch “Barcode” genannt), der z.B. auf Verpackungen in Kaufhäusern zu finden ist. Es können beliebige Zeichenketten in diesen visuellen Codes verschlüsselt werden. Sie sind dafür optimiert, dass sie mit einer Kamera (z.B. von einem mobilen Endgerät) aufgenommen und dekodiert werden können. Je mehr Information in diesen zweidimensionalen Code verpackt wird, desto größer und feinstrukturierter wird der entstehende Code. Die Abbildung 2.3 zeigt zwei Beispiele für die Kodierung von Zeichenketten jeweils mit einem QR- bzw. einem Semacode.

Es wäre nun möglich, entweder den Breiten- und Längengrad eines Punktes, oder,

²Caruso, M., *Applications of Magnetic Sensors for Low Cost Compass Systems*. Honeywell SSEC, <http://www.magneticsensors.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

³QR Code and two dimensional bar codes, news, views and analysis, <http://2d-code.co.uk/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁴Semacode, URL barcodes, practical ubiquitous computing, <http://www.semacode.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

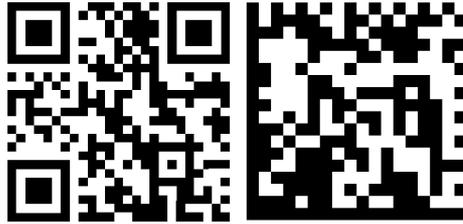


Abbildung 2.3: Zweidimensionale Strichcodes, auf zwei verschiedene Arten kodiert. Der linke ist ein QR-Code und der rechte ein Semacode. In beiden Bildern ist die Zeichenkette “Point-to-Discover” kodiert.

um die Länge der Zeichenkette zu reduzieren, eine Identifikation, der eine fixe geografische Position zugeordnet ist, in einem visuellen Code zu kodieren. Daraus resultiert, dass es notwendig ist, für jeden Platz, auf dem das System genutzt werden soll, einen derartigen Code zu generieren und an einer geeigneten, gut sichtbaren Stelle anzubringen. Aus diesem Grund ist diese Methode eher für örtlich eingeschränkte Installationen anwendbar, wie zum Beispiel für eine Ausstellung. Bei so einer Anwendung könnte der Benutzer, nach erfolgreicher Aufnahme und Dekodierung des Codes, zusätzliche multimediale Informationen zu dem Ausstellungsobjekt auf sein mobiles Endgerät erhalten.

Häufig werden diese visuellen Codes in der Automatisierungstechnik eingesetzt. So lassen sich derartige Codes oft auf elektronischen Produkten wie z.B. Prozessoren finden. Bei der automatischen Sortierung z.B. in Postsortieranlagen finden diese Codes auch häufig Anwendung.

Einen ähnlichen, aber doch ganz anderen Ansatz verfolgt eine Universität in Schweden. In [ToYe04] wird ein System beschrieben, mit dem es dem Benutzer möglich ist, ein Foto eines Gebäudes zu machen, es zu einem Server zu senden und Links zu Webseiten zu erhalten, auf denen das Gebäude ersichtlich ist. Das System namens *IDeixis* benützt dazu eine Datenbank mit einem speziellen Modul für eine bildbasierte Suche. Der offensichtliche Vorteil gegenüber den visuellen Codes ist, dass es nicht notwendig ist, eine eigene Infrastruktur aufzubauen, es entfällt also das Generieren und Platzieren der Codes. Die Verwendung von *IDeixis* ist jedoch nur für in der Datenbank vorhandene Gebäude möglich. Ausserdem ist aufgrund der bildbasierten Methode die Antwortzeit des Servers relativ hoch.

Lokalisierung mittels RFID

Neben GPS-Empfängern und den gerade vorgestellten optischen Methoden zur Lokalisierung eines Benutzers finden auch Technologien Einsatz, welche Radiowellen ausnutzen, um Gegenstände, die mit speziellen Sensoren ausgestattet sind, zu identifizieren. Diese Technologie wird *Radio Frequency Identification (RFID)* genannt.

Die Voraussetzung dafür ist, dass das mobile Endgerät mit einem entsprechenden Lesegerät ausgestattet ist. Da diese Technologie in den letzten Jahren mehr und mehr zugenommen hat, ist anzunehmen, dass in Zukunft die mobilen Endgeräte über derartige Lesegeräte verfügen werden.

Die Sensoren werden RFID-Tags genannt und sind mit dem Lesegerät lokalisierbar. Sie sind rein passiv und benötigen deshalb keinerlei Stromversorgung. Dies hat natürlich den großen Vorteil, dass es fast überall möglich ist, einen solchen Sensor anzubringen, bringt aber auch den Nachteil, dass die Reichweite dadurch ziemlich eingeschränkt wird. Dabei spielt auch die hohe Frequenz von 13,56 MHz eine Rolle. [ChYu05] beschreibt, dass der Abstand zwischen Lesegerät und passivem Sensor maximal 9 cm betragen kann. Wie bei der Methode, die visuelle Codes benützt ist hier eine Infrastruktur notwendig, nämlich das Anbringen der passiven Sensoren an bestimmten Objekten. Über die eindeutige Identifikation eines Sensors kann auf die geografische Position des Benutzers rückgeschlossen werden um ihm die räumlich bezogene Information zu übermitteln. Durch die infrastrukturellen Anforderungen dieser Methode kann sie auch nur sehr eingeschränkt verwendet werden, ähnlich der Methode mit visuellen Codes ist der Einsatz bei Ausstellungen denkbar.

Wie bereits beschrieben, haben die Methoden der visuellen Codes und RFID gewissen Gemeinsamkeiten: Bei beiden wird aufgrund eines passiven Sensors ein eindeutiges Objekt identifiziert, welchem eine eindeutige Position im geografischen Raum zugeordnet werden kann. Im Rahmen von [MaBe07] wurde ein Vergleich der beiden Methoden durchgeführt. Es wurden 50 Personen in zwei finnischen Städten befragt. Es zeichnete sich die Methode mit RFID als bevorzugt ab, was daran liegt, dass die Methode mit den visuellen Codes für den Benutzer aufwändiger anwendbar ist: Die Aufnahmen der Codes mit der Kamera müssen gewissen Kriterien entsprechen, so ist die Aufnahmegeometrie für eine fehlerlose Erkennung ausschlaggebend. Außerdem spielen hier äußere Einflüsse eine Rolle: Bei schlechten Lichtverhältnissen sinkt die Erkennungsrate rapide. Ein großer Anteil der befragten Personen kannte weder die eine, noch die andere Technologie.

Vorteil der Methode mit visuellen Codes ist jedoch, dass die Codes deutlich sichtbar, z.B. als Plakatwand, angebracht werden können und somit sehr auffällig für potentielle Benutzer sind. Hingegen sind die passiven Sensoren der RFID-Technologie ziemlich klein und bedürfen zusätzlichen Maßnahmen, um Benutzern der mobilen räumlichen Anwendung klar zu machen, dass dort ein derartiger Sensor installiert ist, welcher dem Benutzer ermöglicht, räumlich bezogene Informationen zu erhalten.

2.1.2 Benutzerorientiertes Design

Bei einer mobilen räumlichen Anwendung spielt der Benutzer selbst eine zentrale Rolle: Es wird ihm ermöglicht, das System von seiner eigenen Sicht aus zu benutzen. Deshalb wird der Benutzer in den Mittelpunkt gestellt [NoDr86]. Dies soll dazu beitragen, dass das System speziell für potentielle Benutzer entwickelt wird und

seine Anforderungen entsprechend eingehalten werden.

Das Prozessmodell, das beim benutzerorientierten Design Anwendung findet, ist das Spiralmodell. Dieses Modell ist iterativ, und jeder Iterationsschritt besteht aus den Schritten Design, Implementierung und Benutzertest. Durch die mehrmalige Anwendung der Iteration gewinnt der Prototyp mehr und mehr an Funktionalität. Je mehr Schritte durchgeführt wurden, desto ausgereifter wird der Prototyp.

Vorteilhaft daran ist, dass der Prozess an fast jedem beliebigen Punkt gestoppt werden kann und trotzdem ein Ergebnis vorhanden ist. Beim nicht-iterativen Wasserfallmodell ist dies hingegen nicht der Fall. Hier müssen alle Schritte abgearbeitet werden, bis ein konkretes Ergebnis sichtbar ist. Die Qualität des Ergebnisses ist stark abhängig von der korrekten und vollständigen Ausführung der Analyse- und Designphase die schon zu Beginn stattfinden.

Das Konzept des benutzerorientierten Designs findet auch in dieser Diplomarbeit Anwendung. Zu Beginn werden die visuellen Designs der Anwendungen grob skizziert. Dann erfolgt eine Auswahl der besten Designs die mit den vorhandenen technischen Möglichkeiten implementiert werden können. Diese Prototypen werden danach in mehreren Schritten dahingehend modifiziert, dass sie mehr und mehr den Benutzerbedürfnissen entsprechen. Dazwischen werden realitätsnahe Tests durchgeführt, um die Defizite zu erkennen. Die Anwendungen erhalten dadurch eine sukzessive Steigerung der Funktionalität. Ist der Punkt erreicht, an dem ausreichend Funktionalität implementiert wurde, um das System anderen Benutzern zur Verfügung zu stellen, kann der Entwicklungsprozess gestoppt und das System den Endtests unterzogen werden.

Dieses Konzept findet auch in [BrMa97] Anwendung. Es wird beschrieben, dass es gerade für Anwendungen im Bereich von mobilen räumlichen Anwendungen sinnvoll ist, dieses Konzept einzusetzen, da man nicht von idealen Bedingungen in Hinblick auf Systemleistung und Genauigkeit der Lokalisierung ausgehen kann. Vielmehr müssen hier die Grenzen der Technologien zuvor ausgelotet werden, bevor konkrete Anwendungsszenarien definiert werden können.

2.1.3 Mobile räumliche Interaktionskonzepte

Mobile Endgeräte, die ihre eigene Position und Ausrichtung im dreidimensionalen Raum erkennen können, eröffnen Benutzern völlig neue Interaktionsmöglichkeiten: Der Benutzer zeigt auf ein historisches Gebäude in seiner Umgebung und kann z.B. kulturelle Informationen abfragen. Es ist auch denkbar, dass dem Benutzer z.B. der Preis der Immobilie, auf die er gerade zeigt, geliefert wird. Ein weiteres Beispiel aus dem Alltag ist: Der Benutzer zeigt auf eine Busstation und erhält die Abfahrtszeiten der nächsten Busse.

Um bei der Einführung eines derartigen Systems eine hohe Akzeptanz bei zukünftigen Benutzern zu erreichen, spielt die Benutzerschnittstelle eine zentrale Rolle. Der Zugang zur räumlichen Information muss für den Benutzer einfach und

intuitiv erfolgen.

Bereits Ende der 90er Jahre wurden von Max Egenhofer in [Em99] verschiedene räumliche Interaktions–Metaphern vorgeschlagen:

- *Geo Sketch Pads*: Anwendung zur Annotation von georeferenzierten Inhalten für die Verknüpfung von Inhalten mit subjektiven Empfindungen eines Benutzers.
- *Smart Compasses*: Zeigt dem Benutzer die Richtung und Entfernung zu interessanten Punkten.
- *Smart Horizons*: Eröffnet dem Benutzer die Einsicht in eine erweiterte Umgebungsrealität.
- *Geo–Wands*: Intelligente geografische Zeigestäbe, die dem Benutzer die Auswahl von Umgebungsobjekten ermöglicht.
- *Smart Glasses*: Erweiterung der Realität durch Überlagerung mit einem virtuellen Modell zur Anzeige von zusätzlicher Informationen.

Geo Sketch Pads

Ein *Geo Sketch Pad* erlaubt einem Benutzer, an jeder beliebigen geografischen Position Annotationen zu aufgenommenen multimedialen Dateien zu erstellen. Dabei benötigt der Benutzer eine Lokalisierungstechnik wie z.B. einen GPS–Empfänger und eine Technologie zur Erkennung der Richtung, in die er das visuelle Aufnahmegerät hält. Das Aufnahmegerät kann z.B. eine Kamera zur Aufnahme von Videos oder von Bildern sein. Dem Benutzer ist nun es möglich, Annotationen zu den aufgenommenen Dateien zu erstellen. Dabei ist es einerseits möglich, mit einem Stift direkt auf die Aufnahme zu zeichnen, oder z.B. eine Audioaufnahme hinzuzufügen. Dadurch werden subjektive Empfindungen des Benutzers mit georeferenzierten visuellen Aufnahmen verknüpft.

Für eine derartige Anwendung auf einem mobilen Endgerät sind nicht allzu hohe Anforderungen notwendig. Es sind weder hohe Ansprüche an die grafischen Benutzeroberflächen, da die Darstellung nur in einfachen Listen erfolgt, noch werden hohe Rechenleistungen benötigt, da keine Berechnungen in Echtzeit im Hintergrund ablaufen müssen.

In [EsPe01] wird ein derartiges Systemkonzept beschrieben. Die Annotationen werden dabei in Kategorien eingeteilt. Diese sind einerseits für die Sichtbarkeit zuständig, die Kategorien sind privat, kommerziell oder staatlich. Andererseits sollen Sie Aufschluss über den Gültigkeitsradius geben: regional, national oder international. Diese Kategorisierung erlaubt dem Benutzer eine effizientere Suche nach bestimmten Informationen. Eine weitere Hilfe zum Finden relevanter Ergebnisse ist

durch die Bewertung der Qualität der Annotationen gegeben. Die Suchergebnisse können dadurch einer Reihung nach Qualität unterzogen werden.

Smart Compasses

Ein *Smart Compass* ist eine relativ einfache grafische Darstellung von interessanten Punkten der Umgebung. Der Benutzer benötigt genauso wie bei einem *Geo Sketch Pad* eine Lokalisierungstechnik und eine Technologie zur Erkennung der Richtung, wie z.B. einen elektronischen Kompass. Aufgrund der Position des Benutzers ist es möglich, die Entfernungen und Richtungen zu den interessanten Punkten zu berechnen. Diese werden als eine Art Kompass am Bildschirm des mobilen Endgeräts angezeigt. Die Abbildung 2.4 zeigt ein Beispiel für eine grafische Repräsentation von in der Nähe des Benutzers befindlichen interessanten Punkten.

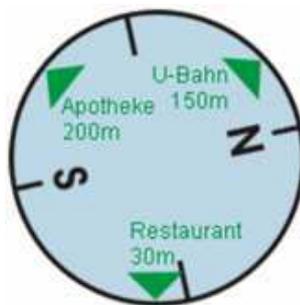


Abbildung 2.4: Beispiel für die grafische Repräsentation von Umgebungsdaten eines *Smart Compass*. Es werden die Entfernung und die Richtung zu interessanten Punkten angezeigt.

Die Verwendung eines elektronischen Kompasses erlaubt das Auslesen der Richtung, in die der Benutzer sein mobiles Endgerät hält. Da durch die Schrägstellung des mobilen Endgeräts ein Orientierungsfehler auftritt, ist hier eine Kompasskompensation notwendig (siehe Kapitel 2.1.1). Die Schrägstellung des mobilen Endgeräts wird dabei mit einem 3D-Beschleunigungssensor oder einem Gyroskop erfasst.

Aufgrund der Orientierung wird der am Bildschirm dargestellte Kompass automatisch in Richtung Norden ausgerichtet. Dreht sich der Benutzer um seine eigene Achse, rotiert auch die Anzeige entsprechend mit.

Die grafische Darstellung als *Smart Compass* ist eine sehr einfache, doch aber sehr anschauliche Darstellung von geografischen Umgebungsdaten. Die Anforderungen an die Leistung des mobilen Endgeräts sind relativ gering, obwohl hier, im Gegensatz zum *Geo Sketch Pad*, Berechnungen für die grafische Darstellung im Hintergrund in Echtzeit erfolgen müssen.

Der Nachteil dieser Darstellung ist jedoch, dass nur direkte Richtungen zu den Punkten angezeigt werden. Wird angenommen, dass ein Punkt auf der anderen Seite

eines Häuserblocks liegt, wird der Weg direkt durch den Häuserblock angezeigt. Das System kann dem Benutzer nicht mitteilen, ob der Weg über Links oder über Rechts kürzer ist. Die Verwendung eines *Smart Compass* für die Fußgängernavigation ist deshalb nur sehr eingeschränkt möglich und sollte sich deshalb auf für den Benutzer sichtbare Objekte beschränken.

Smart Horizons

Ein *Smart Horizon* ist eine Anwendung, die die Umgebung des Benutzers mit thematischer Information überlagert am mobilen Endgerät darstellt. Voraussetzung ist auch hier wieder eine entsprechende Lokalisierungstechnik und zusätzlich eine Technologie zur Erkennung der 3D-Ausrichtung des mobilen Endgeräts im Raum. Zur Visualisierung der Umgebung des Benutzers am mobilen Endgerät ist hier neben der Orientierung auch die Neigung des mobilen Endgeräts interessant.

Diese Art der Darstellung der Umgebung kann dem Benutzer helfen, bessere Entscheidungen zu treffen. Die dem Umgebungsmodell überlagerten Informationen können z.B. Wetterdaten oder topologische Daten sein, die dem Bergsteiger oder Paragleiter unterstützen, gefahrenlos weiterzugehen bzw. eine geeignete Stelle zur Landung zu finden.

Grundlegend ist dafür, neben der georeferenzierten zu überlagernden Informationen, ein 3D-Modell der Umgebung notwendig. Dieses Umgebungsmodell muss von einem Server abrufbar und entsprechend vorbereitet sein, damit bei der Darstellung am mobilen Endgerät Rechenleistung eingespart werden kann.

Die Anforderungen an ein mobiles Endgerät, das einen *Smart Horizon* grafisch darstellen soll, sind, verglichen mit der Darstellung als *Smart Compass*, schon wesentlich höher. Einerseits ist eine Online-Datenverbindung zu dem Server mit dem entsprechenden Umgebungsmodell und den zu überlagernden Informationen notwendig, auf der anderen Seite ist wesentlich mehr Rechenleistung für die komplexere grafische Darstellung der Umgebung erforderlich.

In [MaPa06] wird eine mobile räumliche Anwendung vorgestellt, die als Darstellungskonzept einen *Smart Horizon* verwendet. Da das vorgestellte System als Museumsführer eingesetzt werden soll, und dadurch die Navigation innerhalb von Gebäuden stattfindet, wird als Lokalisierungstechnik die RFID-Technologie verwendet. Dabei wird das mobile Endgerät mit einem RFID-Lesegerät ausgestattet und die Ausstellungsobjekte jeweils mit RFID-Tags. Der Benutzer kann nun zu einem Ausstellungsobjekt gehen und diesen RFID-Tag einlesen. Am Bildschirm seines mobilen Endgeräts wird auf der dargestellten Karte seiner Umgebung das ausgewählte Ausstellungsobjekt markiert und er kann damit verknüpfte Informationen abrufen. Die Navigation durch die Informationen geschieht mittels spezieller Sensoren, die die Gesten des Benutzers erkennen können. Dabei handelt es sich um Beschleunigungssensoren, die Links-, Rechts-, Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen des mobilen Endgeräts erkennen und diese als Ereignisse an die Software weiterleiten. Von der

Software können diese Ereignisse z.B. für die Navigation in Menüs eingesetzt werden. Dieses Interaktionskonzept ist bei neuen Geräten immer häufiger anzutreffen und eröffnet einen vollkommen neuen Weg der Interaktion des Benutzers mit seiner virtuellen Umgebung.

Geo-Wands

Bei einem *Geo-Wand* handelt es sich um eine Anwendung, bei der das mobile Endgerät als Zeigestab eingesetzt wird. Will der Benutzer Informationen über ein Objekt in seiner Umgebung, "zeigt" er einfach darauf. Eine Möglichkeit der Anwendung wäre für Wanderer: Er zeigt auf einen Berg und erhält dessen Namen, Höhe und eventuell auch die Wettervorhersage. Aber auch in der Stadt wäre ein *Geo-Wand* ein hilfreicher Begleiter: Durch Zeigen auf ein Gebäude werden dem Benutzer Baujahr und historische Informationen darüber geliefert. Oder das Zeigen auf ein Einkaufszentrum, um dessen Geschäfte, Öffnungszeiten und gerade aktuellen Sonderangebote zu erfahren. Die Abbildung 2.7 zeigt das Prinzip der Verwendung eines *Geo-Wands* als Zeigestab.

Auch hier ist wieder eine Lokalisierungstechnik notwendig, um die genaue geografische Position des Benutzers zu wissen, und ein Sensor, der die genaue 3D-Ausrichtung im Raum des mobilen Endgeräts, das als Zeigestab fungiert, erkennt. Weiters wird ein 3D-Modell der Umgebung benötigt, um das Objekt zu ermitteln, auf das der Benutzer mit dem mobilen Endgerät zeigt. Da die Modellierung der Umgebung als 3D-Modell relativ große Datenmengen erfordert und dadurch die Auswertung der Zeigerichtung einiges an Rechenleistung benötigt, ist es vorzuziehen die Identifikation des anvisierten Objekts auf einen leistungsstarken Server zu verlegen. Es folgt daraus, dass das mobile Endgerät eine aktive Internet-Verbindung benötigt, wenn der Benutzer auf ein Objekt zeigt.

Beim Projekt Point-to-Discover wurde die Implementierung eines *Geo-Wands* durchgeführt, eine genaue Beschreibung erfolgt in einem späteren Kapitel.

Smart Glasses

Beim Interaktionskonzept *Smart Glasses* wird die reale Umgebung mit dem virtuellen Modell überlagert. Die Voraussetzung dafür ist, dass das mobile Endgerät mit einer Lokalisierungstechnik mit hoher Genauigkeit ausgestattet ist. Außerdem müssen Sensoren zur Erkennung der genauen 3D-Orientierung im Raum vorhanden sein. Zusätzlich ist eine Kamera, die direkt auf dem mobilen Endgerät angebracht ist, erforderlich. Dadurch ist es nun möglich, das Kamerabild auf dem Bildschirm des mobilen Endgeräts darzustellen und gleichzeitig Objekte bzw. Informationen des virtuellen Modells darüber zu zeichnen. Schwenkt der Benutzer das mobile Endgerät, so wird entsprechend der aktuellen 3D-Orientierung, die Anzeige aktualisiert und es wirkt, wie wenn die virtuellen Objekte im Raum schweben.

Dieses Konzept der Überlagerung von Kamerabildern mit virtuellen Informationen wird auch *Augmented Reality (AR)* genannt. Ein Beispiel ist in Abbildung 2.5 dargestellt. Dieses Bild zeigt das unterhalb der Straße befindliche Leitungssystem. Die Ansicht wurde mit der Software des Projekts *Vidente* [ScMe07] erstellt. Es soll helfen, bei Grabungsarbeiten die richtigen Leitungen zu finden, bzw. auch davor schützen, falsche Leitungen zu zerstören.

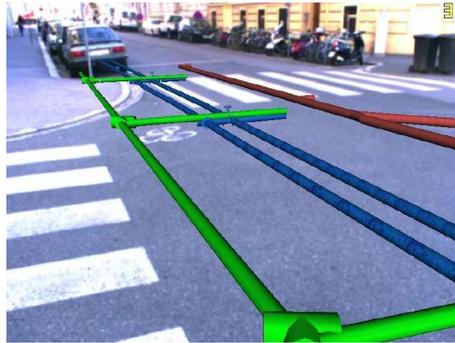


Abbildung 2.5: Augmented Reality: Überlagerung der Umgebung mit dem Leitungssystem, das sich unterhalb der Straße befindet, dargestellt mit dem Projekt *Vidente*.

Ein weiteres Beispiel für die Verwendung von Augmented Reality wird in [ScPa07] vorgestellt. Es wird ein Konzept für eine Anwendung beschrieben, die Bergsteigern und Kletterern helfen soll, den richtigen Weg zu finden. Dabei wird auf dem Bildschirm des mobilen Endgeräts die vom Benutzer gewählte Route über das aktuelle Kamerabild gelegt. Aber nicht nur zur Orientierung soll dieses System dienen, sondern auch die Sicherheit des Benutzers erhöhen. Dies geschieht auf der einen Seite dadurch, dass aktuelle Wettermeldungen, wie z.B. Sturmwarnungen, dem Benutzer sofort berichtet werden, auf der anderen Seite soll das System auch erkennen, ob der Kletterer einen Sicherheitshaken richtig verwendet hat und ein akustisches Warnsignal abgeben, falls etwas nicht in Ordnung ist. Weiteres wird ein Klettergurt mit Bildschirm vorgestellt, mit dem es möglich ist, Informationen des Kletterpartners zu erhalten bzw. mit ihm auszutauschen. So ist es dem Sichernden möglich, zu erkennen, falls der Kletterer in Sturzgefahr ist, da z.B. sein Puls ansteigt. Die Übertragung der Daten soll über ein spezielles Kletterseil erfolgen, das gleichzeitig als Datenkabel dient.

Derartige Sicherheitskonzepte sind auf der einen Seite sehr sinnvoll, da sie Unfälle verhindern können, auf der anderen Seite sollte nicht dadurch dem Benutzer das Gefühl gegeben werden, dass das System die Verantwortung übernimmt. Die Gefahr besteht nämlich dann darin, dass sich der Benutzer in jedem Fall auf das System verlässt und dadurch neue Gefahrenquellen entstehen, an die primär nicht gedacht

wurden, da normalerweise derartig gefährliche Sportarten sehr gewissenhaft ausgeführt werden.

2.1.4 Anwendung “Creative Histories”

Das Projekt *Creative Histories – The Josefsplatz Experience*⁵ wurde Mitte 2004 bis Ende 2006 am *ftw.* in Zusammenarbeit mit dem *VRVis* (Zentrum für Virtual Reality und Visualisierung⁶) durchgeführt und befasste sich mit der Darstellung von 3D Modellen des Josefsplatz in Wien auf einem mobilen Endgerät. Neben der Darstellung von aktuellen 3D Modellen wurden aufgrund von historischen Fotos und Malereien auch 3D Modelle von vergangenen Epochen rekonstruiert und visualisiert. Der Benutzer hat die Möglichkeit, eine Epoche zu wählen und erhält die entsprechende Darstellung. Die Benutzerschnittstelle ist in Abbildung 2.6 dargestellt.



Abbildung 2.6: Ansicht der Benutzerschnittstelle des mobilen Endgeräts des Projekts *Creative Histories*.

Die Anwendung arbeitet kann mit einem GPS-Empfänger arbeiten, es ist jedoch auch möglich, die Position des Benutzers über die Pfeiltasten der Tastatur des mobilen Endgeräts zu ändern. Weiters besteht die Möglichkeit der Verwendung eines speziellen Orientierungs- und Neigungssensors. Sofern der Benutzer seine Position nicht ändert, erhält er am Bildschirm den Bereich des 3D Modells dargestellt, der sich vor ihm befindet. Bei einer Drehung des Benutzers um die eigene Achse schwenkt der Bereich des 3D Modells mit. Außerdem wird Information in Form von Punkten angeboten, die ausgewählt werden können. Nach obigen Definitionen ist diese Darstellung ein *Smart Horizon*.

⁵ *Creative Histories – The Josefsplatz Experience* project homepage, <http://www.josefsplatz.info/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁶ *Virtual Reality und Visualisierung Forschungs-GmbH*, <http://www.vrvis.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

Diese Anwendung wurde für die Benutzerstudie deshalb ausgewählt, da sie ein texturiertes 3D Modell verwendet und somit den höchsten Realitätsgrad visualisiert, die Darstellung also sehr real ist. Wie später in Kapitel 2.3.2 beschrieben stellt dies eine gute Vergleichsmöglichkeit zu Benutzerschnittstellen mit niedrigerem Realitätsgrad ist.

2.2 Point-to-Discover

Das Projekt *Point-to-Discover* (*p2d*⁷) hat als Ziel, zuvor vorgestellte Interaktionskonzepte umzusetzen. Dazu muss eine technische Infrastruktur aufgebaut werden, welche die Informationen, die zur Visualisierung der Umgebung notwendig sind, aufbereitet und zur Verfügung stellt.

p2d wurde am *Forschungszentrum Telekommunikation Wien* (*ftw*.⁸) durchgeführt. Es handelt sich hierbei um eine mobile räumliche Anwendung, die dem Benutzer ermöglicht, die unmittelbare Umgebung seiner geografischen Position zu durchsuchen und gezielt Informationen zu bestimmten Objekten abzurufen. Die grundlegende Idee war, das mobile Endgerät als “Zeigestab” zu verwenden. Der Benutzer erhält also durch “Zeigen” auf ein reales Objekt die damit verknüpften digitalen Informationen. Dies ist in Abbildung 2.7 ersichtlich. Mögliche Anwendungen sind z.B. das Zeigen auf eine Busstation, um die Abfahrtszeiten der Busse zu erhalten, oder auf eine Sehenswürdigkeit um historische Informationen des Gebäudes abzufragen. Eine weitere Anwendung wäre das Zeigen auf eine Bergspitze, um dessen Name, Höhe und dgl. zu erhalten.



Abbildung 2.7: Anwendung von *Point-to-Discover*, bei der das mobile Endgerät als Zeigestab eingesetzt wird.

⁷*Point-to-Discover* project homepage, <http://p2d.ftw.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁸*Forschungszentrum Telekommunikation Wien*, <http://www.ftw.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

Die hier vorliegende Diplomarbeit setzt sich zum Ziel, verschiedene visuelle Interaktionskonzepte umzusetzen, um den Zugang zur räumlichen Information intuitiver zu gestalten. Dabei wird großer Wert auf das visuelle konzeptionelle Design gelegt. Im Gegensatz zur Zeigestab-Anwendung soll der Benutzer einen Überblick über seinen Standpunkt und die um ihn angebotenen Informationen erhalten. Der Schwerpunkt liegt dabei nicht auf der visuellen Repräsentation selbst, sondern auf dem Interaktionskonzept. Es sind z.B. folgende Fragen von Bedeutung: Welche Art der Darstellung der Umgebung hilft dem Benutzer, die gewünschte Information zu erhalten? Welche Möglichkeiten der Interaktion mit dem System unterstützt den Benutzer bei der Suche?

2.2.1 Systemkomponenten von Point-to-Discover

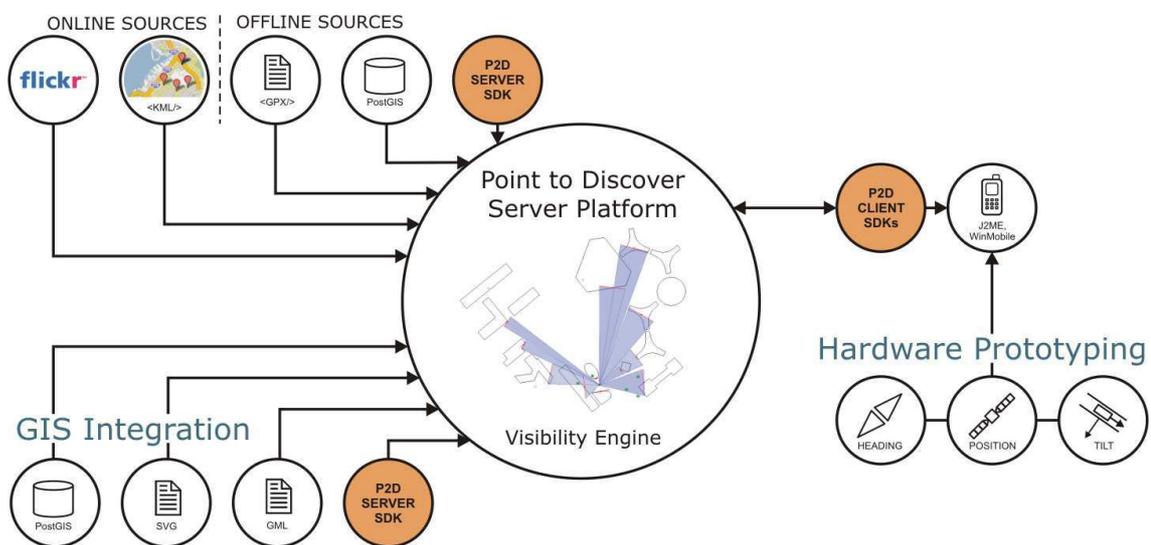


Abbildung 2.8: Die Systemkomponenten von *Point-to-Discover*.

Die Abbildung 2.8 zeigt die Systemkomponenten von *p2d*. Die zentrale Komponente der *p2d*-Plattform stellt die "Visibility Engine" dar. Sie hat einerseits Zugriff auf die Datenbank mit dem Gebäudemodell andererseits auch auf den Inhalt, der dem Benutzer als Informationen geliefert werden kann. Weiters ist sie dafür zuständig, die Anfragen von mobilen Endgeräten zu verarbeiten und die gewünschten Informationen zu liefern. Die Trennung von Modell und damit verknüpften Inhalten hat den Vorteil, dass für das gleiche Gebäudemodell mehrere verschiedene Anwendungen, die unterschiedliche Inhalte besitzen, entwickelt werden können. Eine genaue Beschreibung erfolgt im Kapitel 2.2.3.

Das Gebäudemodell ist in der Abbildung 2.8 links unten dargestellt. Beim verwendeten Modell sind die Gebäude als Grundrissepolygone definiert und haben ei-

ne bestimmte Höhe. Dies wird als 2,5D-Modell bezeichnet, welches in einer GIS-Datenbank gespeichert ist. Das 2,5D-Modell kann jedoch zu Problemen bei der Sichtbarkeit führen, wenn die Gebäude einen ebenerdigen Durchgang besitzen, da dieser nicht modelliert werden kann [SiFr07b]. Etwaige Gebäude, die für den Benutzer durch diesen Durchgang sichtbar wären, können vom System nicht als sichtbar geliefert werden, da durch das 2,5D-Modell nur Höhen vom Boden aus angegeben werden können.

Der Informationsinhalt der Plattform, der für die Benutzer zugänglich ist, (in der Abbildung 2.8 links oben dargestellt) wird unterteilt in offline bzw. online verfügbar. Offline bedeutet, dass die Daten in einer Datenbank gespeichert sind, welche für die Plattform ohne Verwendung einer Internetverbindung erreichbar sind. Im Gegensatz dazu bedeutet online, dass eine Internetverbindung notwendig ist, die Daten also von externen Servern abgerufen werden.

Der Bereich, der sich mit der Entwicklung von Anwendungen für mobile Endgeräte für *p2d* befasst, ist in Abbildung 2.8 auf der rechten Seite dargestellt. Eine Voraussetzung für die Verwendung einer *p2d*-Anwendung ist die Entwicklung eines speziellen Sensormoduls (in Abbildung 2.8 mit "Hardware Prototyping" bezeichnet). Erst durch dieses Sensormodul ist es möglich, ein konventionelles mobiles Endgerät für eine *p2d*-Anwendung zu verwenden.

Die Entwicklung von derartigen Sensoren und entsprechenden Anwendungen soll auch eine Motivation für Hersteller von mobilen Endgeräten sein, diese Sensoren in die Geräte zu integrieren. So wird z.B. von Nokia im 3. Quartal 2008 der "Nokia Navigator" erscheinen, welcher über GPS, einen elektronischen Kompass und Neigungssensoren verfügt.

2.2.2 Sensormodul

Das Sensormodul, das im Rahmen des Projekts *p2d* entwickelt worden ist, liefert die genaue geografische Position des Benutzers und die 3D-Ausrichtung im Raum an das mobile Endgerät. Dabei erfolgt die Kommunikation mit dem mobilen Endgerät über die Bluetooth-Schnittstelle. Neben dem Design der Schaltkreise wurden auch spezielle Snap-In-Gehäuse für die im Projekt verwendeten mobilen Endgeräte entwickelt.

Wie in [SiFr07c] beschrieben, wurden unterschiedliche Sensormodule entwickelt. Auf der einen Seite welche, die nur die Orientierung und 3D-Ausrichtung des Benutzers feststellen können. Bei diesen ist ein zusätzlicher externer GPS-Empfänger notwendig. Auf der anderen Seite wurden auch Sensormodule entwickelt, bei denen neben den Orientierungs- und Neigungssensoren auch ein GPS-Empfänger integriert wurde. Die Abbildung 2.9 zeigt die beiden unterschiedlichen Varianten.

Der Vorteil der Variante mit integriertem GPS-Empfänger ist, dass das mobile Endgerät nur eine einzige Bluetooth-Verbindung herstellen muss und so Probleme, die aufgrund der fehlerhaften Implementierung des Bluetooth-Stacks auftreten,



Abbildung 2.9: Links ist ein Sensormodul mit Orientierungs- und Neigungssensoren für ein Nokia N70, rechts eines, das zusätzlich einen GPS-Empfänger auf der Platine integriert hat, für ein Nokia E61.

weil mehrere Bluetooth-Verbindungen des mobilen Endgeräts zu anderen Geräten aufgebaut wurden, verringert werden können.

Zur Erhöhung des Spielraums der Neigung des mobilen Endgeräts kann der Neigungssensor rotiert eingebaut werden, unter der Annahme, dass der Benutzer nicht am Himmel und nicht am Boden interessiert ist [BaKu05]. Beim Sensormodul auf der linken Seite in Abbildung 2.9 befindet sich der Neigungssensor auf der Platine ganz oben und ist ungefähr 60° verdreht montiert.

2.2.3 Local Visibility Model

Das “Local Visibility Model” [SiFr07b] beschreibt die Sichtbarkeit von Objekten der Umgebung, ausgehend von einer geografischen Position. Die Berechnung erfolgt durch die “Visibility Engine” (siehe Abbildung 2.8), welche die zentrale Komponente von *p2d* ist. Die Objekt-Sichtbarkeitsdaten werden in ein XML-Format eingebettet und an das mobile Endgerät über die Internetverbindung gesendet. Das Datenformat wird als *LVis*-Datenstruktur bezeichnet.

Das “Local Visibility Model” unterscheidet im wesentlichen zwei verschiedene Arten von Umgebungsdaten: Auf der einen Seite dem Gebäudemodell und auf der anderen Seite den Inhalten der Anwendung [EsPe01]. Diese Trennung macht vor allem deshalb Sinn, da das Gebäudemodell statisch ist, sich also nicht ändert, hingegen der Inhalt dynamisch verändert werden kann bzw. für unterschiedliche Anwendungen verschieden ist. Die Repräsentationen der Objekte (Gebäude) des Gebäudemodells werden als “Billboards” bezeichnet. Die Abbildung 2.10 zeigt, wie die Berechnung eines Billboards nach [SiFr06] erfolgt. Die Objekte des dynamischen Inhalts werden als “Points-of-Interest” (POI) bezeichnet und repräsentieren einen geografischen Punkt, dem Informationen bzw. Dienste zugeordnet sind. Im Gegensatz dazu sind die Billboards Flächen im Raum.

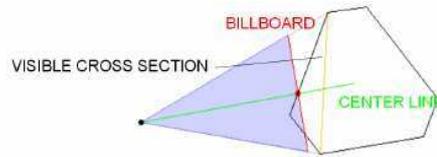


Abbildung 2.10: Berechnung eines Billboards für die egozentrische Repräsentation von Gebäuden mittels der *LVis*-Datenstruktur.

Die *LVis*-Datenstruktur ist eine egozentrische Repräsentation der Umgebung [SiFr06]. Die umliegenden Gebäude werden als Billboards, abhängig von der Sichtbarkeit, aus der Sicht des Benutzer als Polarkoordinaten wiedergegeben. Dabei besteht ein Billboard aus einem Vertikal- und einem Horizontalwinkel, die auf das Zentrum des Billboards zeigen, und aus dem vertikalen und horizontalen Öffnungswinkel, die die Höhe und Breite des Billboards angeben. Ein großer Vorteil dieser Repräsentation ist, dass dadurch die Berechnungen für die Anzeige der Umgebung am Bildschirm des mobilen Endgeräts minimiert werden [SiFr06]. Eine Ansicht einer *LVis*-Datenstruktur im Grundriss ist in Abbildung 2.11 dargestellt, in Abbildung 2.12 ist ein Beispiel des Datenformats in *Google Earth*⁹ grafisch dargestellt.

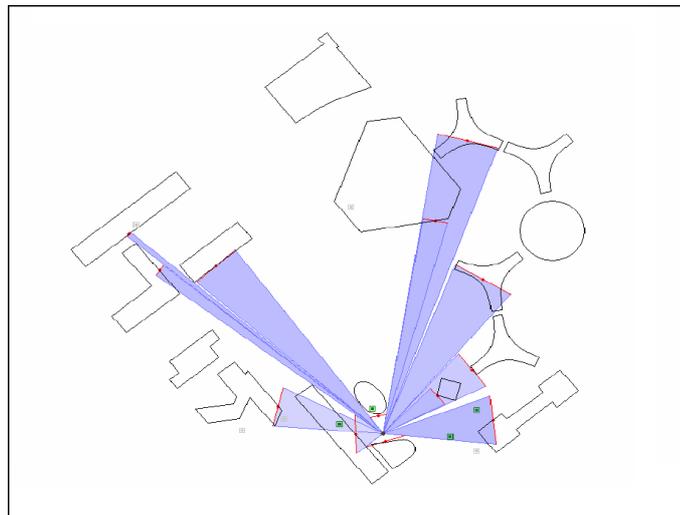


Abbildung 2.11: Ansicht einer von der “Visibility Engine” berechneten *LVis*-Datenstruktur im Grundriss.

Die Berechnung der Sichtbarkeit ist eine sehr komplexe Aufgabe und hat eine hohe Antwortzeit des Servers zur Folge. Neben der Berechnung der umliegenden Gebäude

⁹ *Google Earth* homepage, <http://earth.google.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

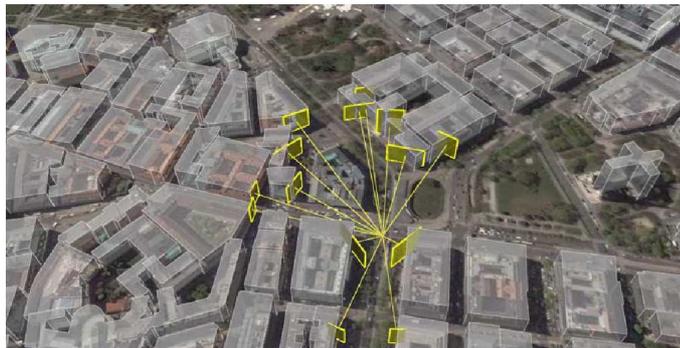


Abbildung 2.12: Ansicht einer von der “Visibility Engine” berechneten *LVis*-Datenstruktur, dargestellt mit *Google Earth*.

müssen auch Gebäude, die weiter weg sind, in die Berechnung einbezogen werden. So ist ein hohes Gebäude wie z.B. der Donauturm aus mehreren Kilometern Entfernung sichtbar. Trotzdem sollte es möglich sein, räumlich verknüpfte Informationen dazu zu erhalten. Deshalb wurde die spezielle Methode des “Guided Visibility Sampling” [MaSi07] angewandt. Für diese Methode wird aus der Datenbank, in der die Gebäude als Dreiecke gespeichert sind, eine mehrdimensionale Baumstruktur erzeugt, welche für die einzelnen Sichtbarkeitsberechnungen herangezogen wird. Das Erzeugen der Baumstruktur ist zwar ziemlich rechenaufwändig, muss jedoch nur einmal ausgeführt werden, da sie dann in einem geeigneten Format gespeichert und bei nachfolgenden Berechnungen wieder eingelesen werden kann. In [MaSi07] wird beschrieben, dass mit dieser Methode schon nach wenigen Millisekunden 90% der Dreiecke der zuvor erzeugten Baumstruktur gefunden wurden.

2.2.4 Integration von Inhalten

Die Beispielanwendungen, die die Möglichkeiten von *p2d* demonstrieren, sind Restaurantführer. Es war deshalb notwendig, entsprechende Inhalte in die *p2d*-Plattform zu integrieren. Zuerst musste ein Partner gefunden werden, der Restaurants in Wien georeferenziert gespeichert hat. Es wurde daher Kontakt mit dem *Falter*¹⁰ aufgebaut.

Neben einer kritischen Stadtzeitung für Wien betreibt der *Falter* ein Portal namens *Wien, wie es isst ...*. Hinter dieser Plattform verbirgt sich eine Datenbank mit vielen Restaurants in Wien, die auch georeferenziert sind. Es wurde uns ein Auszug aus deren Datenbank zur Verfügung gestellt. Dieser beinhaltete ungefähr 1000 Restaurants, die verteilt auf einer Fläche von etwa 3 km² sind. Es handelte sich dabei um den ersten Bezirk in Wien.

Die erhaltenen Georeferenzen der Restaurants und deren Beschreibungen konnten

¹⁰*falter.at* homepage, <http://www.falter.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

automatisiert importiert werden. Leider waren jedoch manche relativ ungenau und mussten teilweise händisch korrigiert werden. Diese Ungenauigkeiten traten deshalb auf, weil die Georeferenzen, bestehend aus Längen- und Breitengrad, mithilfe einer Anwendung ermittelt wurden, die Postadressen in Georeferenzen übersetzt und diese Umwandlung in vielen Fällen mit Ungenauigkeiten behaftet ist.

2.2.5 Anwendung “GeoPointer”

Der *GeoPointer* stellt die Implementierung eines *Geo-Wands* dar, die im Rahmen des Projekts *p2d* durchgeführt wurde, jedoch nicht Teil dieser Diplomarbeit ist. [SiFr07c] gibt eine genaue Beschreibung des *GeoPointer* wieder.



Abbildung 2.13: Benutzerschnittstelle des *GeoPointer*: Liste von Points-of-Interest, Detailinformation zu einem gewählten Point-of-Interest und Kartenansicht.

Die Benutzerschnittstelle ist relativ einfach aufgebaut und dadurch sehr übersichtlich. Die Abbildung 2.13 zeigt die Benutzerschnittstelle des *GeoPointer*. Der Benutzer zeigt mit dem mobilen Endgerät auf ein Gebäude seines Interesses und drückt auf “POINT!”. Sogleich wird die Position und Ausrichtung im dreidimensionalen Raum ausgelesen und an den Server gesendet. Dieser verarbeitet die Information und liefert eine Liste von Points-of-Interest, die sich in der Zeigerichtung befinden. Die Liste ist aufsteigend nach der Distanz zum jeweiligen Point-of-Interest sortiert.

Der Benutzer hat nun, durch Auswahl eines Listeneintrages, die Möglichkeit, nähere Informationen zum gewählten Point-of-Interest zu erhalten. Weiters kann er eine Kartenansicht öffnen, die seine eigene Position und Zeigerichtung und die Position des gewählten Points-of-Interest anzeigt. Dadurch ist es ihm relativ leicht möglich, den Weg zu diesem Point-of-Interest zu finden.

2.3 Gestaltungsdimensionen für mobile räumliche Anwendungen

Mobile räumliche Anwendungen können unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. So spielt neben der Art der Interaktion mit dem System einerseits die Darstellung der Umgebung des Benutzers am Bildschirm des mobilen Endgeräts eine Rolle, andererseits aber auch die Menge an Informationen, die dem Benutzer angezeigt werden.

2.3.1 Perspektive

Bei der Implementierung einer grafischen Benutzerschnittstelle für den Zugang zu räumlicher Information ist eine grundlegende Eigenschaft die Perspektive, aus welcher der Benutzer auf die virtuelle Repräsentation seiner Umgebung blickt. Der Blickwinkel auf eine Szene, bzw. die Perspektive, kann aus der eigenen Sicht des Benutzers erfolgen, also “egozentrisch” sein. Oder es kann dem Benutzer ein Überblick seiner Umgebung gegeben werden. Für diese erhöhte Perspektive wurden die Kategorien “vertikal” und “Vogelperspektive” festgelegt, welche eine Betrachtung der Position des Benutzers von weiter weg darstellen. Während die vertikale Perspektive eine Ansicht von oben auf die Szene gibt, wie es z.B. bei einer herkömmlichen Straßenkarte der Fall ist, ist die Vogelperspektive die Ansicht von hinten oben, der Blickwinkel auf die Szene ist ungefähr 45°.

2.3.2 Realitätsgrad

Bei der Einteilung von grafischen Benutzerschnittstellen, die die Umgebung eines Benutzers visualisieren, ist eine Eigenschaft der Realitätsgrad der dargestellten Szene. Er kann einerseits sehr niedrig sein, die Darstellung ist dann sehr abstrakt und nicht unbedingt für jeden Benutzer leicht interpretierbar. Andererseits ist bei einem hohen Grad an Realität die Visualisierung so realistisch wie möglich.

Es wurden die Kategorisierungen in “Fassade”, “Block” und “Textur” vorgenommen. Der niedrigste Realitätsgrad ist die “Fassade”, welcher eine ganz einfache Darstellung der umgebenden Gebäude als Vierecke darstellt, während “Block” die umgebenden Gebäude als Blockmodell visualisiert. Als höchster Realitätsgrad ist die “Textur” definiert, es handelt sich dabei um eine Visualisierung der Umgebung als texturiertes Blockmodell, entspricht also einer sehr realistischen Darstellung.

2.3.3 Gesichtsfeld

Der Faktor *Gesichtsfeld* gibt an, ob die gesamte Umgebung des Benutzers dargestellt wird (“rundum”), oder nur die Gebäude, die sich vor dem Benutzer befinden (“frontal”). Dieser Faktor ist stark abhängig von der Perspektive auf die Szene. So ist

z.B. bei der egozentrischen Perspektive, also der Ansicht aus der eigenen Position, gar keine Rundumdarstellung möglich. Bei der vertikalen Perspektive ist es möglich, das Gesichtsfeld als “frontal” darzustellen, also nur die Gebäude, die sich vor dem Benutzer befinden, zu visualisieren, sinnvoller ist jedoch die Rundumdarstellung. Hingegen bei der Vogelperspektive, die meistens bei herkömmlichen Navigationssystemen eingesetzt wird, macht es durchaus Sinn, die Umgebung hinter dem Benutzer auszublenden. Im speziellen bei einer Fahrzeug–Navigationsoftware wird dies angewandt, da ja das Fahrzeug immer eine gerichtete Bewegung ausführt und ein Wissen über die Umgebung hinter dem Fahrzeug nicht notwendig ist.

2.3.4 Orientierungsbewusste Darstellung

Die Definition einer *orientierungsbewussten* Darstellung ist, dass für die Darstellung der Umgebung der spezielle Orientierungs– und Neigungssensor, der in Kapitel 2.1.1 näher beschrieben wurde, verwendet wird. Bei dieser Darstellung wird im allgemeinen ein elektronischer Kompass herangezogen.

2.3.5 Art der POI–Auswahl

Bei der Verwendung einer mobilen räumlichen Anwendung ist es dem Benutzer möglich, interessante Punkte seiner Umgebung (Points–of–Interest, kurz POI) auszuwählen. Diese Auswahl basiert auf der Ausrichtung des mobilen Endgeräts, die aufgrund des Orientierungs– und Neigungssensors erhalten wird. Sie kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Auf der einen Seite kann ein POI selektiert werden, indem der aufgrund der Zeigerichtung des mobilen Endgeräts selektierte POI der grafischen Repräsentation durch entsprechende Indikation hervorgehoben wird. Man spricht von einer “GUI–Auswahl”. Auf der anderen Seite ist es möglich, Punkte durch “Zeigen” auf den realen Punkt zu wählen, ohne dem Benutzer die Umgebung grafisch zu visualisieren. Dies wird auch als “Gestenauswahl” bezeichnet.

2.3.6 Zusätzliche Metainformation

Bei einer herkömmlichen Straßenkarte ist die Menge an Informationen, die darauf zu finden sind, sehr hoch. Dies neigt jedoch zur Unübersichtlichkeit. Im Gegensatz dazu kann ein Bild der Umgebung, auf dem nur signifikante Punkte, an denen der Benutzer sich orientieren kann, und Punkte, die ihn auch wirklich interessieren, eingezeichnet sind, ihn unterstützen, schneller zur gewünschten Information zu gelangen. Ein Beispiel für zusätzliche Informationen zur Orientierung, an denen der Benutzer meistens nicht interessiert ist, sind die Straßennamen. Bei herkömmlichen Straßenkarten muss der Benutzer anhand der Straßennamen seine Position auf der Karte finden und zusätzlich seine Richtung bestimmen. Wird ihm jedoch sein Standpunkt auf der Karte markiert, gleichzeitig die Richtung, in die er gerade blickt, so

kann er eindeutig die Gebäude seiner Umgebung der Karte zuordnen, ohne dem Wissen über den Namen der Straße.

2.4 Zusammenfassung

Zu Beginn wurden die Themen der Diplomarbeit und bisherige Forschungsergebnisse erläutert und die Themenbereiche der Arbeit vorgestellt. Weiters erfolgte eine ausführliche Beschreibung des Projekts Point-to-Discover (*p2d*), das als Grundlage für diese Diplomarbeit dient.

Die Definition der Gestaltungsdimensionen stellt die Voraussetzung für eine gezielte Entwicklung von Prototypen für den Zugang zu räumlicher Information dar. Sie legen den Gestaltungsraum der Implementierungen fest.

3 Design & Implementierung der Prototypen

3.1 Überblick

Dieses Kapitel beschreibt die verschiedenen Anwendungen, die für die Benutzerstudie implementiert wurden. Zu Beginn werden die Technologien diskutiert, und es werden bestimmte Vorteile und Nachteile erläutert.

Danach wird auf die Implementierung der einzelnen Anwendungen eingegangen. Es werden die Umsetzungen der grafischer Designs zur Darstellung von ortsbezogener Informationen beschrieben. Bei den Anwendungen handelt es sich um Restaurantführer, sie dienen also dem Finden von Lokalitäten in der Umgebung des Benutzers. Der Aufbau der Anwendungen ist relativ ähnlich, sie unterscheiden sich lediglich in der Darstellung der ortsbezogenen Informationen rund um die aktuelle geografische Position des Benutzers.

Am Ende des Kapitels erfolgt eine Kategorisierung der Anwendungen nach den Gestaltungsdimensionen, die im vorigen Kapitel definiert wurden. Die Kategorisierung soll bei der Benutzerstudie helfen, geeignete Anwendungen auszuwählen, um signifikante Unterschiede hervorzuheben.

3.2 Eingesetzte Technologien

Bei der Entwicklung einer mobilen räumlichen Anwendung muss auf der einen Seite eine Infrastruktur in Form von Web-Services zur Verfügung gestellt werden, auf der anderen Seite sind Anwendungen, die am mobilen Endgerät ausgeführt werden, notwendig.

Bei der Wahl der Technologien wurde darauf Wert gelegt, dass sie frei verfügbar sind, ohne dass Lizenzgebühren anfallen. Sowohl im Bereich der Web-Services-Entwicklung, als auch bei der Entwicklung von mobilen Anwendungen werden eine Vielzahl an professionellen Open-Source-Produkten angeboten.

3.2.1 Serverseitige Technologien

Ein Web-Service ist eine Anwendung, die auf einem Server ausgeführt wird und über eine Internet-Verbindung erreichbar ist. Im Falle des Point-to-Discover Web-

Services ist neben dem Web-Service auch eine Datenbank notwendig, in der die Gebäudedaten persistent gespeichert sind. Der Zugriff auf die Datenbank muss sehr schnell erfolgen und die Suchabfragen optimiert werden, damit die Antwortzeit des Web-Services gering bleibt.

Die Technologie, die für die serverseitige Anwendung eingesetzt wird, ist Java 2 Standard Edition, kurz J2SE. Der Grund, warum J2SE ausgewählt wurde, ist, dass dadurch die Entwicklung auf das wesentliche beschränkt werden kann. So bietet J2SE umfangreiche Bibliotheken zur Erstellung von Web-Services. Diese Web-Services nennt man Servlets und sie laufen auf einer Application-Server-Software, im Falle von Point-to-Discover ist dies ein Apache-Tomcat-Servlet-Container¹.

Die Anwendungen, die auf den mobilen Endgeräten ausgeführt werden, können nun eine Anfrage (Request) im XML-Format, welche in das HTTP-Protokoll eingebettet wird, an den Application-Server senden. Der Application-Server startet das Servlet, welches den Request verarbeitet und anschließend eine entsprechende Antwort (Response) an die mobile Anwendung zurücksendet.

Die Gebäudedaten, die das Servlet zur Generierung der *LVis*-Datenstruktur benötigt, sind in einer PostGIS-Datenbank gespeichert. Dies ist eine PostgreSQL-Datenbank² mit der PostGIS-Erweiterung³, welche für GIS-Datenbanksysteme optimiert ist.

Als Entwicklungsumgebung kommt Eclipse⁴ zum Einsatz. Diese Entwicklungsumgebung stellt viele nützliche Features zur Entwicklung von Java-Anwendungen zur Verfügung. Für die Entwicklung von Tomcat-Projekten wird ein Plugin eingesetzt, womit es möglich ist, den Tomcat-Servlet-Container direkt aus Eclipse zu starten und zu stoppen. Außerdem können die entwickelten Servlets sehr einfach in den Tomcat-Servlet-Container geladen werden. Dieses Plugin namens *Sysdeo Eclipse Tomcat Launcher Plugin*⁵ ist ebenfalls ein Open-Source-Projekt.

3.2.2 Technologien am mobilen Endgerät

Für die Entwicklung von Anwendungen für mobile Endgeräte stehen mittlerweile schon einige Werkzeuge zur Verfügung. Die wichtigsten Plattformen, die eingesetzt werden sind Symbian Operating System, Windows Mobile und Java Mobile Edition.

Symbian OS⁶ ist das Betriebssystem, das bei den meisten Nokia-Handys, aber auch bei mobilen Endgeräten anderer Hersteller zu finden ist. Das Betriebssystem

¹*Apache Tomcat – Servlet Container*, <http://tomcat.apache.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

²*PostgreSQL – Open Source Database*, <http://www.postgresql.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

³*PostGIS – Spatially enabled Database*, <http://www.postgis.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁴*Eclipse – an open development platform homepage*, <http://www.eclipse.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁵*EclipseTotale – Sysdeo Eclipse Tomcate Launcher Plugin*, <http://www.eclipsetotale.com/tomcatPlugin.html> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁶*Symbian OS: the open mobile operating system*, <http://www.symbian.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

unterstützt Multitasking und mehrere Threads, was eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von eigenständigen Anwendungen ist.

Das Betriebssystem Windows Mobile⁷ wird selten auf Handys verwendet, meistens findet es bei PDA's bzw. Smartphones Anwendung. Die Oberfläche ähnelt stark der von Windows-PC-Systemen. Es sind einige Anwendungen für das Betrachten und Bearbeiten von Office-Dokumenten verfügbar.

Im Gegensatz dazu ist Java Mobile Edition (J2ME) kein Betriebssystem. Verglichen mit Java Standard Edition (J2SE) ist der Funktionsumfang etwas eingeschränkt, da die Ressourcen auf mobilen Endgeräten weit geringer sind, als auf herkömmlichen PC's. Weiters sind nicht so viele Bibliotheken vorhanden, wie bei der Standard Edition. Für die Ausführung von J2ME-Anwendungen ist es notwendig, dass auf dem Betriebssystem des mobilen Endgeräts eine Java Virtual Machine (JVM) installiert ist. Bei den meisten Systemen ist das bereits bei der Auslieferung des mobilen Endgeräts der Fall. Der Vorteil der Virtualisierung ist, dass es keine proprietäre Plattform wie Symbian OS oder Windows Mobile ist und die Anwendungen auf allen Betriebssystemen, für die es eine entsprechende JVM gibt, ausgeführt werden können. Die Standardisierung bringt jedoch mit sich, dass teilweise nicht alle Hardware-Features des mobilen Endgeräts verwendet werden können.

Für die Implementierungen der Anwendungen für mobile Endgeräte, die im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführt wurden, wurde J2ME verwendet. Zur Entwicklung von Anwendungen wird ein Wireless Toolkit benötigt. Es wurde das Java Wireless Toolkit 2.2⁸ von Sun Microsystems⁹ eingesetzt. Dies stellt eine Umgebung für PC's und Emulatoren von verschiedenen mobilen Endgeräten zur Verfügung. Als Entwicklungsumgebung wird auch hier Eclipse eingesetzt. Für die Entwicklung von Anwendungen mit dem Java Wireless Toolkit ist das Plugin EclipseME¹⁰ notwendig. Damit ist es möglich, die Anwendungen direkt aus der Entwicklungsumgebung auf den Emulatoren auszuführen.

Neben der J2ME-Kernfunktionalität wurden die Java ME Technology Optional Packages¹¹ definiert. Diese stellen Erweiterungen dar, welche abhängig von der Ausstattung des mobilen Endgeräts implementiert sind. Einige dieser Optional Packages wurden auch in dieser Diplomarbeit verwendet. Ein Beispiel ist die Bluetooth API (JSR 82), die es ermöglicht, Daten mit einem Gerät auszutauschen, das über die Bluetooth-Schnittstelle an das mobile Endgerät angebunden wird. Für die Darstellung von 3D-Grafiken wurde die Mobile 3D Graphics API (JSR 184) verwendet.

⁷ *Windows Mobile* homepage, <http://www.microsoft.com/germany/windowsmobile/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁸ *Sun Java Wireless Toolkit* homepage, <http://java.sun.com/products/sjwtoolkit/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

⁹ *Sun Microsystems* homepage, <http://www.sun.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

¹⁰ *EclipseME* homepage, <http://www.eclipseme.org/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

¹¹ *Java ME Technologie APIs & Docs*, <http://java.sun.com/javame/reference/apis.jsp> (letzter Zugriff 03.09.2008)

3.3 Anwendungsdesign und Implementierung

Um den Gestaltungsraum für mobile räumliche Anwendungen abzudecken, wurden verschiedene Anwendungen entwickelt. Es wurde dabei Wert darauf gelegt, dass die grundlegende Benutzerführung und die Möglichkeiten aller Anwendungen ähnlich sind, damit der Effekt der verschiedenen Gestaltungsdimensionen systematisch und ohne Störeinflüsse überprüft werden kann.

In diesem Kapitel werden die Implementierungen der Anwendungen beschrieben, die im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführt wurden. Es wird beschrieben, wie die Gebäudedaten und Inhalte am Bildschirm des mobilen Endgeräts dargestellt werden. Außerdem erfolgt eine Beschreibung der Möglichkeiten der Interaktion des Benutzers mit dem System.

3.3.1 Gemeinsame Funktionalitäten

Die Implementierung von gemeinsamen Grundfunktionalitäten garantieren ein konsistentes Verhalten und helfen dem Benutzer, sich schnell mit jeder Anwendung zurecht zu finden.



Abbildung 3.1: Das linke Bild zeigt die Bezeichnungen der Tasten, in der Mitte sind die Statusanzeigen der Anwendungen und rechts die Detailansicht eines Gebäudes mit all dessen Restaurants ersichtlich.

Am linken Bild der Abbildung 3.1 sind die Bezeichnungen der Tasten des mobilen Endgeräts angegeben. Diese Bezeichnungen werden in den folgenden Kapiteln verwendet.

Im Bild in der Mitte der Abbildung 3.1 sind die Statusanzeigen angegeben, die bei den Anwendungen eingesetzt werden. Das Beispiel zeigt die Benutzeroberfläche der Anwendung *Map 3D*. Bei den anderen Anwendungen sind die Statusanzeigen

die gleichen, lediglich die Visualisierung der Umgebung findet auf unterschiedliche Weise statt. Rechts oben ist die Ladeanzeige zu sehen. Sie informiert den Benutzer, wenn ein neues Modell der Umgebung vom Server heruntergeladen wird und Berechnungen für die Anzeige durchgeführt werden. Ist keine Aktivität vorhanden, so ist die Ladeanzeige statisch orange. Während dem Laden der Modelldaten bzw. dem Ausführen von Berechnung ändert sich die Farbe zu einer Mischung aus orange und weiss, um zu zeigen, dass es zu Verzögerungen der Aktualisierung der Anzeige kommen kann.

Bei der orientierungsbewussten Darstellung, wenn also der Orientierungssensor des mobilen Endgeräts für die Auswahl des angezeigten Ausschnitts verwendet wird, erfolgt die Selektion eines Gebäudes über den aktuellen Orientierungswinkel. Das Gebäude, dessen Orientierung des Zentrums des Gebäudes dem aktuellen Blickwinkel des Benutzers bzw. Orientierungswinkel des mobilen Endgerät am nächsten ist, ist das selektierte Gebäude. In der Statuszeile werden entsprechende Informationen zu diesem angezeigt. Neben der Distanz zum Gebäude erhält der Benutzer Information über die Anzahl der Restaurants des Gebäudes und den Namen des nächsten Restaurants.

Der Benutzer hat nun die Möglichkeit, mit der mittleren Navigationstaste dieses Restaurant auszuwählen und erhält die Detailansicht, in der Abbildung 3.1 rechts dargestellt ist. In dieser Detailansicht eines Gebäudes werden alle Restaurants, die sich in diesem Gebäude befinden, angezeigt. Informationen wie Entfernung, die Art der Küche, eventuell ein Bild des Restaurants und zusätzliche Informationen werden angezeigt. Mit den Hinauf-/Hinunter-Navigationstasten kann der Benutzer durch den gesamten Text durchnavigieren. Wird erneut die mittlere Navigationstaste oder die rechte Menütaste betätigt, so gelangt der Benutzer wieder zurück zur Umgebungsansicht der aktuellen Anwendung.

Die Benutzerschnittstellen sind bewusst sehr einfach und intuitiv gehalten, da die Benutzerstudie auf die Überprüfung von ganz bestimmten, in Kapitel 2.3 beschriebenen, Evaluierungsfaktoren abzielt. Durch die Einfachheit wird erreicht, dass der Benutzer nicht durch nicht relevante Funktionalitäten abgelenkt wird und dadurch die Ergebnisse beeinflusst werden.

3.3.2 Anwendung “Panorama”

Die Anwendung *Panorama* stellt die Gebäude der Umgebung des Benutzers als einfache Rechtecke am Bildschirm dar. Die dargestellten Rechtecke entsprechen der Silhouette der umliegenden Gebäude. Die vorhandene Implementierung des Servers von *p2d* liefert eine *LVis*-Datenstruktur (siehe Kapitel 2.2.3). Die Abbildung 3.2 zeigt die Repräsentation der *LVis*-Datenstruktur als Panoramaansicht.

Aufgrund der polaren Repräsentation des Gebäudemodells in der vom *p2d*-Server gelieferten *LVis*-Datenstruktur, ist es relativ einfach, eine Panoramaansicht zu implementieren: Die Panormamaansicht stellt eine Abwicklungsdarstellung der Umge-

bung dar, die gelieferten Winkel können also einfach als Strecken auf der Abwicklungsebene interpretiert werden.



Abbildung 3.2: Panoramaansicht einer *LVis*-Datenstruktur.

Es wird nicht die gesamte Abwicklung dargestellt, sondern nur ein Ausschnitt. Der Öffnungswinkel des Ausschnitts ist veränderbar und wurde mit 120° , also einem Drittel des Umkreises, festgelegt und ist um die Blickrichtung des Benutzers zentriert, wobei die Blickrichtung die aktuelle Richtung des 3D-Orientierungssensors des mobilen Endgeräts ist. Das heißt, dass bei einer Drehung des Benutzers um die eigene Achse, sich die Anzeige entsprechend dem aktuellen Blickwinkel ändert.

Wird in [Abbildung 3.3](#) die Abwicklungsdarstellung betrachtet, wo der grüne Bereich die unverzerrte Bildebene darstellt, so entspricht die Drehung des Benutzers einer Verschiebung des Bereichs nach links bzw. rechts auf der Abwicklung. Bei der unverzerrten Darstellung können die Winkel, die in der *LVis*-Datenstruktur angegeben sind, direkt als horizontale Strecken am Bildschirm interpretiert werden. Die Einbeziehung der Höhen ergibt sich durch die Verwendung der in der *LVis*-Datenstruktur angegebenen Höhen, welche ebenso als Winkel angegeben sind.

Um den Effekt einer Linse zu erzielen, wie er auch bei Kameras auftritt, wurde eine Verzerrung der Bildebene vorgenommen. Wie in [Abbildung 3.3](#) dargestellt ist diese Verzerrung die Projektion der Winkel der *LVis*-Datenstruktur auf die Normalebene der Blickrichtung. In der Abbildung ist deutlich ersichtlich, dass dadurch die Gebäude, die sich in der Mitte der Bildebene befinden, gestreckt und die Gebäude auf den beiden Außenseiten gestaucht werden. Dies hat den Vorteil, dass dadurch kleinere Gebäude leichter anvisiert werden können.

Die [Abbildung 3.4](#) zeigt die Benutzerschnittstelle der Panoramaanwendung. Das orange Gebäude ist das gerade selektierte. Das selektierte Gebäude ist immer jenes, dessen Richtung zum Zentrum des Gebäudes am nächsten der Blickrichtung des Benutzers bzw. der Orientierung des mobilen Geräts ist. In der Statuszeile wird eine Zusammenfassung der Details zum jeweils selektierten Gebäude angezeigt.

Die Entfernungen zu den Gebäuden sind für den Benutzer über die Farben der Blöcke abschätzbar. Helle Gebäude sind in der Nähe, desto dunkler der Block dargestellt ist, desto weiter entfernt ist das Gebäude.

Ein Vorteil der Panoramaansicht ist auf alle Fälle, dass durch die wenigen Berechnungen, die durchgeführt werden müssen, um bei geändertem Orientierungswinkel

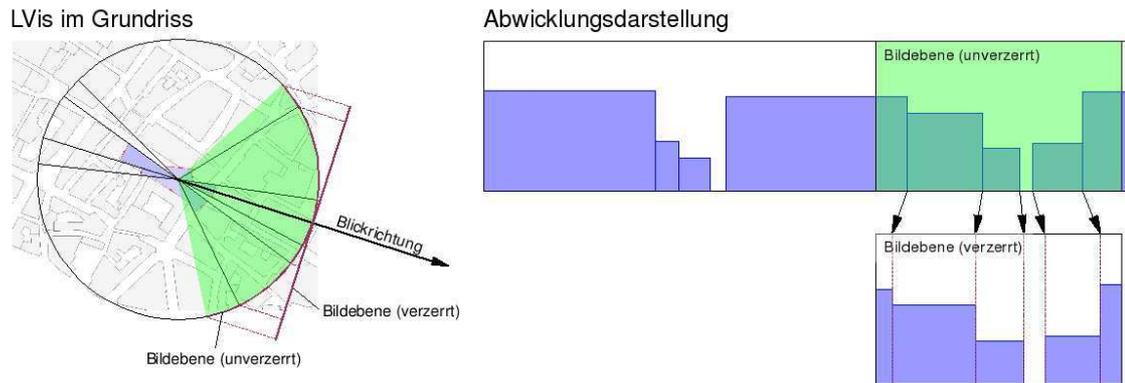


Abbildung 3.3: Schematische Darstellung der Berechnung der Panoramaansicht. Der grüne Bereich stellt den definierten Öffnungswinkel von 120° dar, der entweder als Abwicklung unverzerrt oder, auf die Normalebene projiziert, verzerrt dargestellt werden kann. Durch die Verzerrung werden Gebäude in der Mitte der Bildebene gestreckt, die seitlichen gestaucht, wodurch ein Linseneffekt erzielt wird.

die Anzeige neu zu zeichnen, die Anzeige sehr schnell ist.

3.3.3 Anwendung “Karussell”

Bei dieser Anwendung stellt, genauso wie beim *Panorama*, die *LVis*-Datenstruktur die Grundlage für die Darstellung der Umgebung des Benutzers am Bildschirm des mobilen Endgeräts dar. Die Benutzerschnittstelle ist in [Abbildung 3.5](#) zu sehen. Im Gegensatz zum *Panorama* ist die Ansicht jedoch nicht aus der Sicht des Benutzers, sondern eine Ansicht von oben.

Die in der [Abbildung 2.11](#) dargestellte Ansicht einer *LVis*-Datenstruktur unterscheidet sich jedoch insofern, dass hier das zugrundeliegende Gebäudemodell nicht dargestellt wird, sondern nur die *LVis*-Datenstruktur selbst. Weiters werden Gebäude nicht als einfache Striche visualisiert, sondern als Vierecke, die berechnet werden, indem die *LVis*-Datenstruktur zwei mal mit unterschiedlichen Skalierungsfaktoren der Distanz und unterschiedlichem Mittelpunkt berechnet wird (siehe [Abbildung 3.6](#)). Durch geeignete Wahl der Parameter können dadurch unterschiedliche Ansichten erzeugt werden. Die Berücksichtigung der Höhe wird erreicht, indem auf der Verbindungsgeraden der beiden berechneten Eckpunkte interpoliert wird.

Durch die Änderung der Parameter wie Position der Mittelpunkte und unterschiedliche Skalierungen, wird dem Benutzer seine Umgebung auf unterschiedliche Weise dargestellt. So kann die Perspektive von oben sein, wie die linke [Abbildung 3.5](#) zeigt, indem die beiden Mittelpunkte genau übereinander gelegt werden. Das rechte Bild zeigt die Ansicht von schräg hinten, welche erreicht wird, indem der



Abbildung 3.4: Benutzerschnittstelle der Anwendung *Panorama*.



Abbildung 3.5: Beispiele für Benutzerschnittstellen der Anwendung *Karussell*. Links aus vertikaler Perspektive, rechts die Ansicht von schräg hinten.

Mittelpunkt des oberen Kreises höher liegt, als der des Grundkreises, welcher den Boden darstellt.

Nach dem gleichen Schema wie beim Panorama erfolgt die Auswahl des selektierten Gebäudes durch den aktuellen Orientierungswinkel des elektronischen Kompasses. Die Darstellung ist ebenfalls in der Farbe orange. Die Statuszeile zeigt ebenfalls eine Zusammenfassung der Details des aktuell selektierten Gebäudes. Der rote Punkt in den Benutzerschnittstellen der [Abbildung 3.5](#) zeigt die Position des Benutzers an. Bei einer Drehung des Benutzers um die eigene Achse rotiert die Anzeige um den roten Punkt.

Für die Darstellung sind auch hier wieder nur wenige Berechnungen notwendig, sodass die Geschwindigkeit der Anzeige relativ hoch ist.

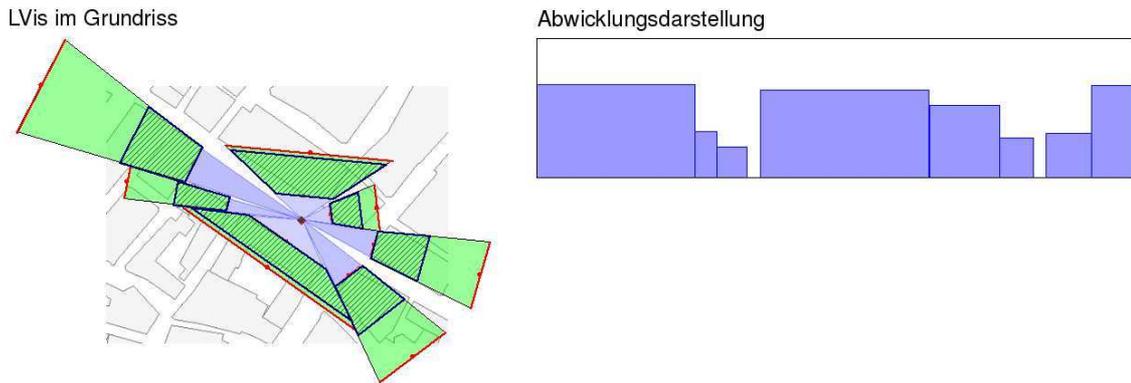


Abbildung 3.6: Berechnung der Karussellansicht. Es wird das *LVis* im Grundriss (rote Linien) zwei mal mit unterschiedlichen Skalierungsfaktoren der Distanz berechnet und verbunden, um die grünen Trapeze zu erhalten. Der Abwicklungsdarstellung sind die Höhen der entsprechenden Gebäude zu entnehmen. Sie werden einbezogen, indem auf den Verbindungsgeraden der beiden unterschiedlich skalierten *LVis*-Datenstrukturen interpoliert wird. Daraus ergeben sich die schraffierten Flächen, welche die Trapeze darstellen, die auf der Benutzeroberfläche dargestellt werden.

3.3.4 Anwendung “Map 3D”

Im Gegensatz zu den beiden zuvor vorgestellten Anwendungen, deren Basis die *LVis*-Datenstruktur darstellt, wird bei der Anwendung *Map 3D* das Umgebungsmodell als 3D Modell visualisiert. Der *p2d*-Server musste dafür entsprechend modifiziert werden, damit zusätzlich zum *LVis* auch die 2,5D Rohdaten des Modells an das mobile Endgerät gesendet werden. Zuvor war es jedoch notwendig, die Modelldaten aufzubereiten:

1. Es muss eine entsprechende Auswahl der Gebäude getroffen werden um die Datenmenge, die an das mobile Endgerät gesendet wird, zu reduzieren.
2. Es muss eine Umrechnung auf relative Koordinaten, ausgehend vom Standpunkt des Benutzers, erfolgen, um die Daten gleich direkt am mobilen Endgerät weiterverarbeiten zu können, also um keine zusätzlichen Berechnungen durchführen zu müssen.

Die am mobilen Endgerät erhaltenen Grundrisspolygone inklusive der Höhen der Gebäude der Umgebung müssen nun für die Darstellung weiterverarbeitet werden. Es wird unterschieden zwischen den Seitenflächen und den Deckflächen. Die Anzeige der Umgebungsdaten erfolgt mit der Mobile 3D Graphics API (JSR 184). Für eine

effiziente Darstellung werden die Gebäudeflächen in ein sogenanntes TriangleStripArray zerteilt.

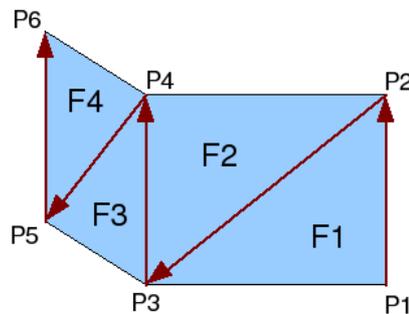


Abbildung 3.7: Berechnung der Seitenflächen der Gebäude als TriangleStripArray: Die erste Fläche muss mit 3 Punkten angegeben werden, jede weitere ist durch einen neuen Punkt und die letzten beiden Punkte der vorigen Fläche bestimmt.

Die Berechnung der Punkte des TriangleStripArray der Seitenflächen ist in Abbildung 3.7 dargestellt. Die Seitenflächen sind die Flächen, die entlang des Grundrisspolygons durch die Höhe aufgespannt werden. Zum Aufbau der Liste wird mit der Definition des ersten Dreiecks über alle 3 Eckpunkte begonnen. Jede weitere Fläche wird durch die letzten beiden Eckpunkte der vorigen Fläche und einem weiteren Punkt aufgespannt. Dadurch wird die Datenmenge erheblich reduziert, da für jedes Dreieck (außer dem ersten) nur ein Punkt definiert werden muss und nicht immer alle 3 Eckpunkte.

Bei den Deckflächen ist die Berechnung des TriangleStripArrays etwas komplizierter, da das Grundrisspolygon eine beliebige Form haben kann. Während die Seitenflächen nur aus Vierecken, bestimmt durch das Grundrisspolygon und die Höhe, bestehen und somit leicht in Dreiecke zerteilbar sind, sind die Deckflächen beliebige Polygone. Diese müssen mit einem geeigneten Algorithmus in Dreiecke zerteilt werden, um das TriangleStripArray aufbauen zu können. Eine einfache Methode, die auch hier Anwendung findet, ist, einen Stützpunkt zu verwenden. Jeweils zwei benachbarte Punkte des Polygonzuges spannen eine Dreiecksfläche zu diesem Stützpunkt auf. Der Stützpunkt wird gefunden, indem der Durchschnitt der Eckpunkte jeweils in x- und in y-Richtung berechnet wird. Dieser Algorithmus ist zwar relativ einfach, es kann jedoch zu fehlerhaften Darstellungen kommen, wie in Abbildung 3.8 ersichtlich ist.

Eine bessere Lösung bestünde darin, die Polygone der Deckflächen in Vierecke und diese dann weiter in Dreiecke zu zerteilen. Da diese Berechnung jedoch komplexer ist und mehr Leistung des mobilen Endgeräts beanspruchen würde, wurde diese Methode nicht angewandt.

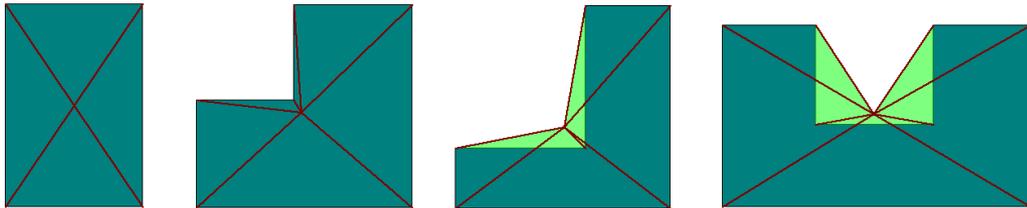


Abbildung 3.8: Beispiele für die Berechnung der Deckflächen der Gebäude durch Einteilung der Polygonflächen in Dreiecke. Da der Durchschnitt der Eckpunkte als mittlerer Stützpunkt verwendet wird, ist die Darstellung der beiden rechten Beispiele fehlerhaft (hellgrüne Flächen).



Abbildung 3.9: Benutzerschnittstelle der Anwendung *Map 3D*. Links aus der Vogelperspektive, in der Mitte die Ansicht von oben (vertikale Perspektive) und rechts aus egozentrischer Perspektive.

Die Mobile 3D Graphics API erlaubt die Ansicht der modellierten 3D-Szene aus verschiedenen Perspektiven. Dies geschieht durch geeignete Wahl der “Kameraposition”. Die Kameraposition entspricht der Position, aus der die Szene betrachtet wird. In Abbildung 3.9 sind drei Beispiele dargestellt: Die Vogelperspektive ist links abgebildet, diese Betrachtung ist von schräg oben. Die vertikale Perspektive (Abbildung mitte) ist eine Betrachtung von oben und die egozentrische Perspektive (Abbildung rechts) aus der Sicht des Benutzers. Bei den ersten beiden Beispielen ist die Position des Benutzers durch einen roten Block in der Bildmitte markiert, bei der egozentrischen Perspektive ist die eigene Position nicht sichtbar.

Bei einer Drehung des mobilen Endgeräts um die eigene Position des Benutzers, rotiert die gesamte Szene mit. Außerdem wurde ein Zoomen ermöglicht durch eine Kippbewegung des mobilen Endgeräts nach vorne bzw. hinten.

Anpassung der Georeferenzen

Ein Problem bei der Darstellung der Points-of-Interest war, dass nicht klar war, wo am Gebäudeblock das Restaurant platziert ist. Um sie dem Benutzer darstellen zu können, mussten die Seitenflächen der Gebäude zu den Restaurant zugeordnet werden. Es wurde dabei folgendermaßen vorgegangen:

1. Erstellen einer Liste von Points-of-Interest, welche für die Integration in die *p2d*-Plattform herangezogen wurden.
2. Eintragen der Points-of-Interest in eine Karte, um sie dann vor Ort zu finden und genau registrieren zu können.
3. Suchen der Points-of-Interest und Eintragung in eine neue Karte. Es wurde nicht nur die Position, sondern auch der Eingang der Restaurants genau eingezeichnet. Die auf diese Weise erstellte Karte ist in der Abbildung 3.10 dargestellt.
4. Integrieren der Daten in die Plattform. Dafür mussten zuerst die Koordinaten aller Eckpunkte ermittelt werden, danach wurden sie in einem speziellen Format abgespeichert, damit Sie von der Plattform verarbeitet und an die Anwendung gesendet werden können.

Dieses Vorgehen war zwar relativ aufwändig, der Vorteil lag aber darin, dass dadurch genaue Georeferenzen zur Verfügung standen und somit kaum Verfälschungen der Ergebnisse durch Ungenauigkeiten oder Unklarheiten auftreten konnten.

3.3.5 Anwendung “Map”

Bei der Anwendung *Map* wird eine Kartenansicht dargestellt. Es musste dafür ein Webservice gefunden werden, das zu einer gegebenen Position, also der geografischen Position des Benutzers, eine Bilddatei liefert, die dann am Bildschirm des mobilen Endgeräts gezeichnet wird.

Auf diese Kartenansicht werden die vom *p2d*-Server gelieferten Points-of-Interest dargestellt (siehe Abbildung 3.11). Die Anwendung verwendet nur die Points-of-Interest der *LVis*-Datenstruktur. Die in Polarkoordinaten gelieferten Gebäudegeometrien werden für die Darstellung nicht herangezogen.

Durch die Verwendung des speziellen Sensors kann das Kartenbild immer in Richtung Norden ausgerichtet werden. Verglichen mit einer herkömmlichen Karte stellt die automatische Nordung einen großen potentiellen Nutzen dar. Es entfällt das “händische” Einrichten der Karte bzw. des mobilen Endgeräts durch Drehung in Richtung Norden. Für Benutzer mit geringem räumlichen Vorstellungsvermögen kann dies ein sehr schwieriger Prozess sein.

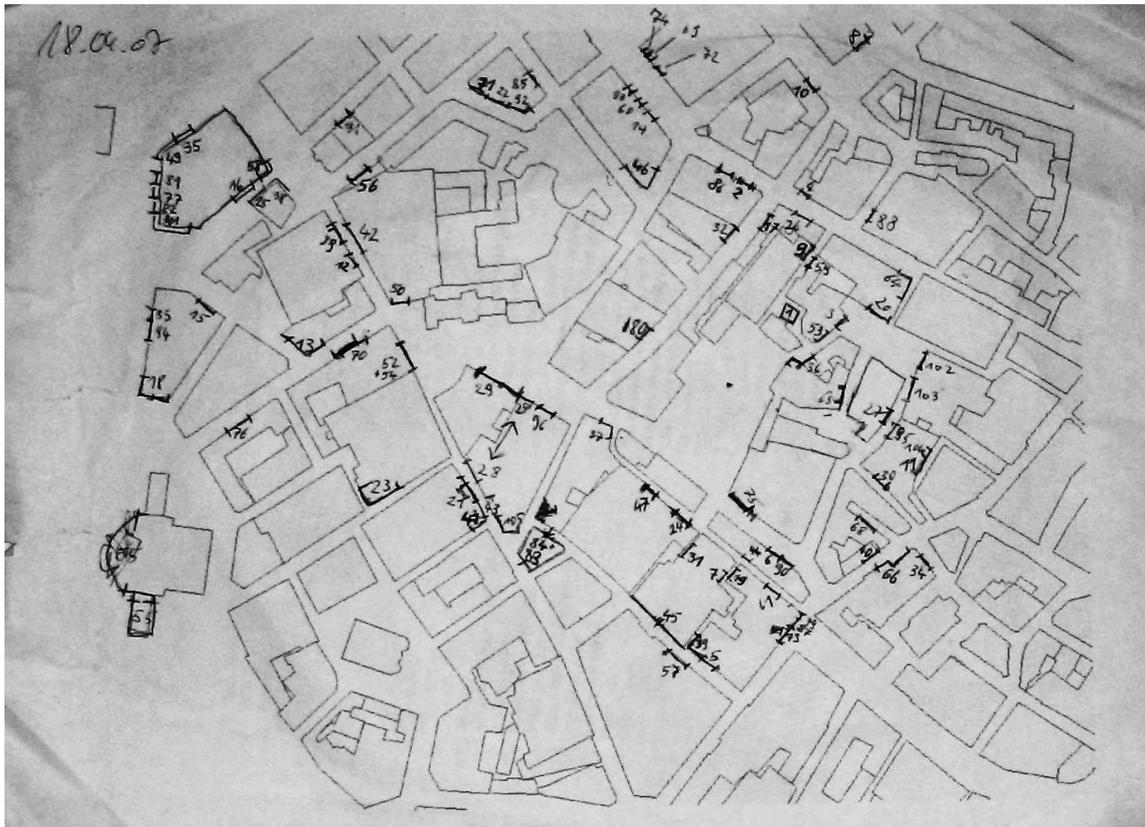


Abbildung 3.10: Die Points-of-Interest, welche im Zuge der Integration von Inhalten händisch registriert wurden.

Die Karte, die am Bildschirm des mobilen Endgeräts dargestellt wird, wird von einem Webservice von *Yahoo! Maps*¹² bezogen. Es wird ein eigenes Service namens *Map Image API*¹³ angeboten, womit Karten als Bilddateien erhalten werden. Um eine Bilddatei der Umgebung des Benutzers zu erhalten muss der Längen- und Breitengrad an das Webservice gesendet werden. Weiters sind Parameter wie Zoomfaktor, Höhe und Breite der zu erzeugenden Bilddatei erforderlich. Alternativ wird von *Yahoo! Maps* eine Methode angeboten, bei der durch Angabe der Adresse die entsprechende Bilddatei erhalten wird. Diese wurde jedoch nicht verwendet.

Die vom Webservice erzeugte Bilddatei wird lokal am Server generiert und der Link zu dieser Datei zurück übertragen. Die Anwendung kann dann mithilfe des Links die Bilddatei zur weiteren Verarbeitung herunterladen.

Um aufgrund der aktuellen Orientierung des elektronischen Kompasses die Karte

¹² *Yahoo! Maps* homepage, <http://maps.yahoo.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

¹³ *Yahoo! Maps Web Services – Map Image API*, <http://developer.yahoo.com/maps/rest/V1/mapImage.html> (letzter Zugriff 03.09.2008)



Abbildung 3.11: Benutzerschnittstelle der Anwendung *Map*.

immer in Richtung Norden auszurichten, ist es notwendig, die Bilddatei zu drehen. Diese Drehung kann mit der Mobile 3D Graphics API bewerkstelligt werden. Dafür muss eine Fläche erzeugt werden, über die das Bild als Textur gelegt wird. Voraussetzung dafür ist, dass die Länge und Breite des Bildes die gleiche Pixelanzahl aufweisen. Außerdem müssen die Werte ein Vielfaches von zwei sein.

Die Benutzerschnittstelle der Anwendung *Map* ist in Abbildung 3.11 abgebildet. Die eigene Position des Benutzers ist in der Mitte des Bildschirms als roter Stern gekennzeichnet. Bei einer Rotation wird um diesen Punkt rotiert. Die Points-of-Interest sind als grüne bzw. rosa Kreise mit einer Referenznummer dargestellt. Wird vom Benutzer eine der Referenznummern eingegeben, so erhält er die entsprechenden Details zum gewählten Point-of-Interest (siehe Kapitel 3.3.1).

3.4 Einordnung der Anwendungen nach den Gestaltungsdimensionen

Um gezielte Fragen zu den unterschiedlichen grafischen Designs stellen zu können wurden im Kapitel 2.3 verschiedene Gestaltungsdimensionen definiert, die signifikante Merkmale der unterschiedlichen Benutzerschnittstellen hervorheben. Im Folgenden wird eine Kategorisierung der Anwendungen nach deren Eigenschaften in die definierten Gestaltungsdimensionen getroffen.

3.4.1 Perspektive

In Tabelle 3.1 sind die zuvor vorgestellten Anwendungen nach ihren Eigenschaften kategorisiert.

Die Perspektive der Panoramaansicht ist eindeutig egozentrisch, da diese Ansicht genau aus der Sicht des Benutzers ist. Während manche Anwendungen, wie das

Anwendung	Perspektive		
	vertikal	Vogelperspektive	egozentrisch
Panorama			✓
Karussell	✓	✓	
Map 3D	✓	✓	✓
Map	✓		
GeoPointer			
Creative Histories			✓

Tabelle 3.1: Perspektive der Anwendungen

Panorama, ganz klar kategorisierbar sind, können andere mehreren Kategorien zugeteilt werden, da die Perspektive änderbar ist. So kann z.B. das *Karussell* einerseits vertikal, durch entsprechende Änderung der Parameter aber auch aus der Vogelperspektive betrachtet werden. Ebenso kann bei der *Map 3D* die Kameraposition auf die Szene gewechselt werden. Dadurch ist die Darstellung in allen Perspektiven möglich. Die *Map*, die eine herkömmliche Straßenkarte visualisiert, ist ganz klar als vertikale Perspektive kategorisierbar. Die Anwendung des *GeoPointers* ist in dieser Kategorisierung nicht eingliederbar, da diese Anwendung für die Auswahl eines POI als einzige keine grafische Darstellung der Umgebung des Benutzers bietet. Die Anwendung des Projekts *Creative Histories* stellt eine klare Kategorisierung in die egozentrische Perspektive dar.

3.4.2 Realitätsgrad

Die Kategorisierung der verschiedenen Anwendungen nach dem Realitätsgrad ist in Tabelle 3.2 dargestellt.

Anwendung	Realitätsgrad		
	Fassade	Block	Textur
Panorama	✓		
Karussell	✓		
Map 3D		✓	
Map			
GeoPointer			
Creative Histories			✓

Tabelle 3.2: Realitätsgrad der Anwendungen

Die Anwendungen *Panorama* und *Karussell* sind sehr abstrakte Darstellungen

der Umgebung, deshalb wurden sie in den niedrigsten Grad an Realität kategorisiert, der “Fassade”. Bei der Anwendung *Map 3D* wird ein 2,5D Blockmodell der Umgebung dreidimensional auf dem Bildschirm des mobilen Endgeräts dargestellt, weshalb sie in die Kategorie “Block” eingetragen wurde. Während die beiden Anwendungen *Map* und *GeoPointer* keiner der drei Kategorien zugeordnet werden können, da keine Visualisierung der umliegenden Gebäude stattfindet, ist die Anwendung *Creative Histories* durch die relativ realistische Darstellung der Kategorie “Textur” zugeordnet.

3.4.3 Gesichtsfeld

Anwendung	Gesichtsfeld	
	frontal	rundum
Panorama	✓	
Karussell		✓
Map 3D	✓	✓
Map		✓
GeoPointer		
Creative Histories	✓	

Tabelle 3.3: Gesichtsfeld der Anwendungen

Die Tabelle 3.3 gibt Überblick über die Möglichkeiten der Variation des Gesichtsfeldes an. Das *Panorama* ist prinzipiell eine frontale Darstellung, es wäre jedoch auch möglich, dass eine 360° Panoramaansicht angezeigt wird. Die Sinnhaftigkeit sei jedoch in Frage gestellt, da die dargestellten Rechtecke aufgrund des niedrigen Realitätsgrades nur sehr schwierig den umgebenden Gebäuden zugeordnet werden können.

Die Anwendung *Karussell* ist eine Rundumdarstellung, denn es werden immer alle Gebäude rund um die Position des Benutzers dargestellt. Bei der Anwendung *Map 3D* kann je nach Perspektive die Darstellung des Gesichtsfeldes entweder “frontal” oder “rundum” sein, während die Anwendung *Map* eine eindeutige Rundumdarstellung ist. Für den *GeoPointer* kann hier wieder keine Kategorisierung durchgeführt werden, da keine Visualisierung der Umgebung stattfindet, die Anwendung des Projekts *Creative Histories* ist wieder eine frontale Darstellung, da die Szene aus der Sicht des Benutzers visualisiert wird.

3.4.4 Orientierungsbewusste Darstellung

Alle Anwendungen sind prinzipiell dafür konzipiert worden, dass der elektronische Kompass verwendet wird. Betrachtet man jedoch z.B. die Anwendung *Map*, die ei-

Anwendung	orientierungsbewusste Darstellung	
	ohne Kompass	mit Kompass
Panorama		✓
Karussell		✓
Map 3D	✓	✓
Map	✓	✓
GeoPointer		✓
Creative Histories		✓

Tabelle 3.4: orientierungsbewusste Darstellung der Anwendungen

ner herkömmlichen Kartenansicht entspricht, so ist es nicht unbedingt notwendig, den Kompass zu verwenden. Der Benutzer kann auch das mobile Endgerät “norden”, d.h. in Richtung Norden ausrichten. Genauso wie die Eigenschaft “frontal” des Faktors *Gesichtsfeld* macht bei einer egozentrischen Perspektive die Darstellung ohne Kompass keinen Sinn.

Wie in Tabelle 3.4 ersichtlich, werden Implementierungen ohne Kompass nur für die Anwendungen *Map 3D* und *Map* vorgenommen. Bei den Anwendungen *Panorama* und *Karussell* wäre es zwar möglich, die Darstellung immer genordet anzuzeigen, sodass der Benutzer das mobile Endgerät händisch in Richtung Norden ausrichten muss, es wird hier jedoch keine spezielle Implementierung vorgenommen, da es bei beiden, aufgrund des niedrigen Realitätsgrades, für den Benutzer nur sehr schwierig wäre, diese Ausrichtung dann wirklich vorzunehmen.

3.4.5 Art der POI–Auswahl

Die Auswahl der Points–of–Interest kann auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen: Zum einen wird eine grafische Repräsentation der Umgebung angezeigt und die Selektion erfolgt durch grafische Indiktion des anvisierten Objekts. Im Gegensatz dazu muss bei der “Gestenauswahl” auf ein Objekt “gezeigt” werden und es werden vor dem Ausführen der Zeigegeste keine Informationen der Umgebung angezeigt.

In Tabelle 3.5 sind die Anwendungen noch den Möglichkeiten der Art der Auswahl der POI’s eingeteilt. Sowohl beim *Panorama* und dem *Karussell* als auch bei der *Map 3D* und *Map* besteht nur die Möglichkeit der “GUI–Auswahl”.

Der *GeoPointer* ist eine Anwendung, bei der das Prinzip auf “Gestenauswahl” beruht. Diese kann nicht als “GUI–Auswahl” ausgeführt werden, da keine Visualisierung der Umgebung stattfindet.

Die Anwendung *Creative Histories* verwendet eine Nummernauswahl für das Wählen der POI’s. Durch die Eingabe der entsprechenden Nummer werden die Details zu einem POI angezeigt. Deshalb ist diese Anwendung in diese Tabelle nicht

Anwendung	Art der POI-Auswahl	
	GUI-Auswahl	Gestenauswahl
Panorama	✓	
Karussell	✓	
Map 3D	✓	
Map	✓	
GeoPointer		✓
Creative Histories		

Tabelle 3.5: Art der POI-Auswahl der Anwendungen

eingliederbar.

3.4.6 Zusätzliche Metainformation

Für die Anzeige zusätzlicher Metainformation können keine klaren Kategorien definiert werden, um die Anwendungen einzuteilen. Es kann nur eine vage Einteilung gemacht werden, ob zusätzliche Informationen wie z.B. Straßennamen angezeigt werden, oder nicht.

Anwendung	Anzeige zusätzlicher Metainformation	
	keine zus. Information	zus. Information
Panorama	✓	
Karussell	✓	
Map 3D	✓	
Map		✓
GeoPointer	✓	
Creative Histories	✓	

Tabelle 3.6: Anzeige von zusätzlichen Metainformationen der Anwendungen

In Tabelle 3.6 ist zu sehen, dass nur die Anwendung *Map* zusätzliche Metainformationen anzeigen kann. Dies liegt einerseits daran, dass bei den anderen Anwendungen die Namen der Straßen nicht ohne spezielles Service eruiert sind, andererseits ist es bei der *Map* nicht möglich, keine zusätzlichen Informationen anzuzeigen, da das Bild, auf dem die Informationen dargestellt sind, von einem externen Service kommen und dieses keine derartigen Optionen zulässt.

3.5 Zusammenfassung

Zu Beginn dieses Kapitels erfolgte eine Darstellung der möglichen und eingesetzten Technologien im Bereich von mobilen räumlichen Anwendungen. Vor- und Nachteile wurden diskutiert und die gewählten Technologien genauer erläutert.

Danach wurden die Konzepte für die Designs der Anwendungen, die für die Benutzerstudie verwendet werden, festgelegt. Auf der einen Seite wurden einfache Designs implementiert, welche relativ abstrakt sind, auf der anderen Seite kamen aufwändige grafische Designs zum Einsatz, die sehr realistische Visualisierungen aufweisen. Es erfolgte eine detaillierte Beschreibung der grafischen Benutzerschnittstellen sowie der mathematische Hintergrund der Darstellung.

Die Designs haben markante Eigenschaften, welche in Gestaltungsdimensionen gegliedert wurden, die in der späteren Benutzerstudie untersucht werden. Diese Evaluierungsfaktoren sind *Perspektive*, *Realitätsgrad*, *Gesichtsfeld*, die *Art der POI's Auswahl*, wieviel *zusätzliche Metainformation* dargestellt werden soll und ob die Visualisierung *orientierungsbewusst* ist.

4 Benutzerevaluierung

4.1 Überblick

Dieses Kapitel beschreibt die Durchführung der Benutzerstudie bei der der Gestaltungsraum von *Smart Horizons* untersucht wurde. Es handelt sich dabei um mobile räumliche Anwendungen, welche dem Benutzer mithilfe einer virtuellen Repräsentation einen Überblick über seine reale Umgebung geben (siehe auch [FrOb08]).

Bei der Benutzerstudie wurden potentielle Benutzer mit Prototypen eines Restaurantführers konfrontiert, mit denen sie auf POI zugreifen konnten, welche Gebäuden zugeordnet waren.

Die wichtigste Erkenntnis war, dass orientierungsbewußte Visualisierungen der näheren Umgebung ganz klar den orientierungsagnostischen Darstellungen bevorzugt wurden. Anhand der komparativen Bewertungen der Testpersonen nach der Verwendung der Prototypen können erste Empfehlungen für die Gestaltungsdimensionen von *Perspektive*, *Realitätsgrad*, *Gesichtsfeld* und *Orientierungsbewusstheit* gegeben werden. Weiters werden Richtungen vorgeschlagen, welche zukünftige Forschungen einschlagen könnten.

4.2 Forschungsfragen

Eine der größten Herausforderungen im Forschungsfeld der MSI ist es, die geeignete Darstellung der umgebenden digitalen Inhalte zu finden. Im vorigen Kapitel wurde hierfür eine ganze Reihe von Prototypen vom 2D Panorama und Karusselldarstellungen bis hin zu interaktiven 3D-Umgebungskarten entwickelt. Wie beschrieben gibt es hier einen sehr großen Gestaltungsraum, der sich vornehmlich anhand der Dimensionen *Perspektive*, *Realitätsgrad*, *Gesichtsfeld* und *Orientierungsbewusstheit* beschreiben läßt.

Das Ziel der in diesem Kapitel beschriebenen Benutzerstudie ist es herauszufinden, welchen Einfluss diese verschiedenen Gestaltungsdimensionen auf die Benutzungsqualität von räumlich bewußten Systemen haben. Das Hauptaugenmerk ist hier, entgegen den wenigen bisherigen Arbeiten zum Thema MSI, nicht auf der Navigation, sondern auf dem Zugang zu den POI. Dennoch stellen Interaktionsmetaphern von Fahrzeug-Navigationssystemen (wie z.B. der "Flight-mode" Visualisierung) aufgrund ihrer weiten Verbreitung und Ausgereiftheit einen de-facto Standard

dar, den man auch bei einer gesonderten Betrachtung des Zugangs zu räumlicher Information nicht aus dem Auge verlieren sollte.

Die Vogelperspektive aus 45° erleichtert die effiziente Suche nach digitaler Information, da die Situation des Benutzers aus der Perspektive des Fahrers dargestellt wird. Dabei werden Informationen, die sich hinter ihm befinden, ausgeblendet, da sie nicht für den Benutzer relevant sind. Nahe Objekte werden größer dargestellt als entfernte.

Für das Design von Systemen, die einem Smart-Horizon entsprechen und für Fußgänger zum Zugang zu POI bestimmt sind, ist es notwendig, zu wissen, ob Grundprinzipien von Fahrzeug-Navigationssystemen wiederverwendet werden können, oder ob diese angepasst werden müssen. Dies wirft Fragen in Bezug auf *Perspektive*, *Realitätsgrad* und zum *Gesichtsfeld* der Visualisierung auf, welche im Folgenden vorgestellt werden.

Perspektive

Die Umgebung des Benutzers inkl. der digitalen Informationen, dargestellt als POI, kann konzeptionell aus verschiedenen Ansichten erfolgen. Ein Smart-Horizon hat per se eine egozentrische Perspektive, die Visualisierung erfolgt also aus der Sicht des Benutzers (siehe Tabelle 4.1, Design 5, 6 und 7). Andererseits kann eine erhöhte Perspektive einen besseren Überblick über die Situation des Benutzers geben. Dieser Überblick kann dem Benutzer entweder mit der Vogelperspektive (Design 3 und 4) oder mit der vertikalen Perspektive (Design 1 und 2) visualisiert werden, wie es etwa bei herkömmlichen Straßenkarten der Fall ist.

Vorhergehende Studien zur ortsagnostischen 3D-Visualisierung für die Fußgängernavigation legen nahe, dass die erhöhte Perspektive dem Benutzer hilft, sich in seiner Umgebung orientieren zu können [La02]. Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist, solche Ergebnisse für räumlich bewusste Systeme zu validieren.

Gesichtsfeld

Bei der Vogelperspektive bei marktüblichen Fahrzeug-Navigationssystemen wird in der Regel nur der Teil der Umgebung des Benutzers dargestellt, welcher sich vor dem Benutzer befindet, die Darstellung ist also "frontal". Für diese Art der Navigation ist diese Darstellung sinnvoll und ausreichend. Dies gilt aber nicht notwendigerweise für Anwendungen für Fußgänger.

Will der Benutzer seine Umgebung erforschen, so würde diese Darstellung zu einer ständig wechselnden Änderung der Anzeige führen, wenn der Benutzer eine Drehung um die eigene Achse durchführt. Gebäude würden einerseits verschwinden, andererseits auf einmal wieder auftreten. Dieses Verhalten könnte den Benutzer verwirren und führt zur Frage, ob eine frontale Ansicht (siehe Designs 4–7) oder

eine Rundumansicht (Designs 1–3) der Umgebung geeigneter für den Zugang zu umgebenden POI ist.

Realitätsgrad

Im Gegensatz zu Fahrzeug–Navigationssystemen, in denen die Straßen die interessanten Objekte der Umgebung sind, stehen bei einem Fußgänger–Navigationssystem die Gebäude, in denen sich die POI befinden bzw. Sehenswürdigkeiten oder Berge im Interesse des Benutzers. Es stellt sich nun die Frage, wie diese Informationen am Bildschirm des mobilen Endgeräts übersichtlich dargestellt werden können.

Einerseits ist es möglich, sehr realistische Abbildungen der Umgebung darzustellen. Dadurch fällt es dem Benutzer leichter, sich orientieren zu können. Andererseits kann die Bedienbarkeit gesteigert werden durch Abstraktion der Umgebung und Hervorheben von markanten Details, da die Darstellungen aufgrund der geringen Bildschirmgrößen und –auflösungen der mobilen Endgeräte eingeschränkt ist. Weiters erwirkt die Simplifizierung der Repräsentation eine schnellere Antwortzeit des Systems, da die Datenmengen reduziert werden, was wiederum zu einer erhöhten Akkulaufzeit des mobilen Endgeräts führt.

Die konkreten Visualisierungskonzepte, die zur Gegenüberstellung verschiedener Realitätsgrade entwickelt wurden sind: eine untexturierte 2D–Panoramaansicht, welche die Silhouette der Gebäude der Umgebung zweidimensional aus der Sicht des Benutzers darstellt (siehe Design 6), ein untexturiertes 2,5D–Blockmodell (Grundflächen mit Höhen, Designs 1–5) und ein detailliertes 3D–Modell mit texturierten Fassaden (siehe Design 7).

Orientierungsbewusste Darstellung

Bei einem Smart–Horizon ist die Darstellung per Definition abhängig von der Orientierung des mobilen Endgeräts. Sowohl psychologische Experimente [LeJa82] als auch Benutzerstudien über Navigationssysteme [HeBi03] und VR–Navigation [DaCe99] haben gezeigt, dass Umgebungsdarstellungen, welche sich je nach Orientierung des Benutzers automatisch ausrichten (“track–up”), den Benutzer besser unterstützen als statische genordnete Darstellungen (“north fixed”).

Rantanen et al. [RaOu04] untersuchten einen räumlichen und orientierungsbewussten mobilen Nachrichtendienst in Hinblick auf die Möglichkeiten der sozialen Interaktion. In dieser Benutzerstudie soll der Vorteil der orientierungsbewussten Darstellung zum Zugang zu räumlicher Information überprüft werden. Zu diesem Zweck werden zwei visuell idente Darstellungen aus der vertikalen Perspektive verwendet. Der einzige Unterschied zwischen ihnen bestand darin, dass die Darstellung einmal aufgrund der Kompassrichtung ausgerichtet wird (Design 2), beim anderen die Ausrichtung der Darstellung immer in Richtung Norden erfolgt (Design 1).

4.3 Methode

Die Benutzerstudie soll nun die zuvor aufgeworfenen Fragen beantworten. Dazu wurden mehrere Testpersonen mit den unterschiedlichen Anwendungsdesigns auf einer Route durch den ersten Bezirk in Wien geführt um bestimmte Aufgaben zu lösen. Danach wurden gezielte Fragen gestellt, damit die Erfahrungswerte mit der voll funktionsfähigen mobilen Anwendung analysiert werden konnten.

4.3.1 Testpersonen

An der Benutzerstudie waren insgesamt 14 Testperson beteiligt. Die Testpersonen wurden einerseits über ein öffentlich ausgeschriebenes Inserat, andererseits mithilfe der Testpersonen-Datenbank des *ftw.* gefunden. Es handelte sich um 7 weibliche und 7 männliche Testpersonen. Das Alter der Testpersonen lag zwischen 20 und 48 Jahren (Durchschnitt 29.9, Median 29.5).

Ausbildung: Die höchste abgeschlossene Schulbildung war bei 8 Personen eine AHS-Matura, bei einer Person eine BHS-Matura. 4 Personen hatten einen fertigen Universitätsabschluss und eine Person hatte keine Matura, jedoch eine weiterführende Ausbildung ohne Matura absolviert. Als Beruf gaben 6 Personen an, dass sie noch studieren, 4 Personen waren Angestellte in einem Betrieb, eine Person Geschäftsführer und eine Person Hausfrau.

Internetnutzung: Alle Testpersonen hatten einen Computer mit Zugang zum Internet, welcher von allen Personen sowohl privat, als auch beruflich genutzt wurde. Die Frage nach der quantitativen Nutzung des Internet pro Woche wurde mit Angaben zwischen 6 und 100 Stunden beantwortet. Der Durchschnitt lag bei etwa 23 Stunden, der Median bei 15 Stunden.

Vertrautheit mit der Testumgebung: Der Wohnort der Testpersonen lag nur bei 2 Personen außerhalb von Wien, wo die Benutzerstudie durchgeführt wurde. Nach dem Testdurchlauf gaben die Testpersonen auf die Frage, wieviele der angezeigten Restaurants sie bereits kannten, an, etwa ein Viertel davon bereits gekannt zu haben.

Handynutzung

Alle Testpersonen waren in Besitz eine Handys. Um herauszufinden, wie die Testpersonen das Handy in ihrem Alltag einsetzen, wurden gezielte Fragen zum Verhalten im Bezug auf Telefonie, Schreiben von SMS und Nutzung des Internets gestellt.

Telefonie: Die Frage nach der durchschnittlichen Gesprächsdauer pro Tag wurde mit Angaben zwischen 10 und 90 Minuten beantwortet. Die durchschnittliche Gesprächsdauer lag bei etwa 36 Minuten pro Tag.

SMS: Das Versenden von Textnachrichten wurde von 8 Personen (57.1%) mit durchschnittlich einer SMS pro Tag beziffert, 4 Personen (28.6%) gaben an, durch-

schnittlich 2 SMS pro Tag zu versenden, eine Person (7.1%) 5 SMS und eine Person 10 SMS pro Tag. Der Durchschnitt lag bei 1.87 SMS pro Tag.

Internet: Bei der Nutzung des Internet mit dem Handy gaben 8 Personen (57.1%) an, es überhaupt genutzt zu haben, nur zwei (14.3%) davon verwendeten dieses Angebot zu diesem Zeitpunkt regelmäßig. Der Grund, warum das Internet am Handy nur wenig genutzt wurde, wurde von einer Person damit beantwortet, dass ohnehin meistens ein Computer mit Internetzugang verfügbar wäre, 3 Personen (21.4%) ist das Display am Handy zu klein, und insgesamt 8 Personen gaben weiters an, dass die Kosten für die Internetnutzung zu hoch waren.

Nutzung ortsbezogener Dienste im Internet

Das Angebot an Diensten, welche abhängig von der Position des Benutzers gezielte Informationen liefern, nimmt ständig zu. Da die Idee des Projekts *p2d* ist, derartige Dienste am mobilen Endgerät verfügbar zu machen, ist es in dieser Benutzerstudie von Interesse, in welcher Form bzw. wieviel solche Dienste von den Testpersonen in Anspruch genommen wurden.

Suche von Diensten: Die Intensität der Nutzung des Internet für das Suchen von Diensten in einem geografisch beschränkten Gebiet, z.B. mit *herold.at* (Ärzte, Friseur, ...) oder *falter.at* (Restaurants), wurde von 6 Personen (42.9%) mit täglich beantwortet. 5 Personen (35.7%) gaben an, dass sie derartige Dienste mindestens einmal in der Woche nutzen und 3 Personen (21.4%) mindestens einmal im Monat.

Suche nach statischer ortsbezogener Information: Die Suche nach Informationen zu bestimmten Orten (z.B. kulturelle Information, Öffnungszeiten, ...) wurde von 7 Personen (50%) täglich verwendet. Eine Person (7.1%) nutzte diese Art von Dienst gar nicht und 6 Personen (42.9%) einmal pro Woche.

(Ungerichtetes) Durchsuchen von Gegenden: Das Angebot zum Erforschen von Gegenden bzw. Objekten mit z.B. *Google Earth*¹ wurde von 3 (21.4%) Testpersonen weniger als einmal im Monat in Anspruch genommen, 3 Personen nutzen es mindestens einmal im Monat. Im Schnitt mindestens einmal in der Woche nutzten 5 Personen (35.7%) derartige Dienste und täglich wurden sie von 3 Personen (21.4%) verwendet.

Suche nach dynamischer ortsbezogener Information: Fahrpläne öffentlicher Verkehrsmittel, Wetterinformationen und dgl. wurden von 5 Testpersonen (35.7%) mindestens einmal täglich beansprucht, von 7 Personen (50%) mindestens einmal in der Woche. Lediglich 2 Personen (14.7%) nutzten so einen Informationsdienst im Schnitt mindestens einmal im Monat.

Teilnahme an werbungsbezogenen Aktionen: Bei werbungsbezogenen Aktionen und Kampagnen wie z.B. Preisausschreiben oder Verlosungen nahmen 7 Personen (50%) überhaupt nicht teil. 5 Personen (35.7%) sagten aus, mindestens einmal

¹ *Google Earth* homepage, <http://earth.google.com/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

im Monat bei solchen Aktionen mitzumachen, 2 Personen (14.7%) nahmen derartige Angebote mindestens einmal in der Woche in Anspruch.

Verteilte Spiele: Spiele, die mit anderen Personen über das Internet gespielt werden können, wie z.B. Age-of-Empire wurden von 10 Personen (71.4%) gar nicht gespielt. Eine Person spielt im Schnitt weniger als einmal im Monat, eine Person mindestens einmal im Monat solche Spiele. Im Schnitt mindestens einmal in der Woche wurden diese Spiele von 2 Personen (14.7%) beansprucht.

Informationsaustausch: Auf die Frage nach der Intensität der Nutzung des Internet zur Verbreitung von Meinungen, Erlebnissen, Ideen und dgl. in Foren, Blogs, usw. gaben 4 Personen (28.6%) an, derartige Angebote täglich zu nutzen. Eine Person (7.1%) gab an, mindestens einmal in der Woche auf solchen Plattformen aktiv zu sein, 3 Personen (21.4%) nutzten diese Services im Schnitt mindestens einmal im Monat, weitere 3 Personen weniger als einmal im Monat und 3 Personen nutzten diese Angebote zur Verbreitung subjektiver Eindrücke überhaupt nicht.

4.3.2 Gestaltungsdimensionen

Insgesamt wurden 4 Faktoren definiert, welche die aufgeworfenen Designfragen behandeln:

- *Perspektive:* 3 Möglichkeiten
- *Realitätsgrad:* 3 Möglichkeiten
- *Gesichtsfeld:* 2 Möglichkeiten
- *Orientierungsbewusste Darstellung:* 2 Möglichkeiten

Durch die Kombination der Möglichkeiten der Gestaltungsdimensionen ergeben sich theoretisch 36 unterschiedliche Designs, von denen 7 letztendlich ausgewählt wurden (siehe Tabelle 4.1).

Abgesehen von der Unmöglichkeit, alle Testpersonen im Zuge des Testdurchlaufs mit allen Kombinationen zu konfrontieren, ergeben sich Kombinationen, welche unpraktikabel sind. So ist z.B. bei der Orientierungsunabhängigkeit nur die vertikale Perspektive sinnvoll, nicht aber die Vogelperspektive oder die egozentrische Perspektive, da bei beiden die Orientierung der Testperson eine Rolle spielt. Ein weiteres Beispiel einer wenig sinnhaften Kombination ist die vertikale Perspektive mit dem frontalen Gesichtsfeld. Aufgrund des hohen Aufwands der Implementierung von texturierten Designs wurde nur eines für die egozentrische Perspektive umgesetzt.

4.3.3 Route

Bei der Durchführung der Benutzerstudie wurden die Testpersonen auf einer festgelegten Route durch Wien geführt. Insgesamt wurden 7 Testpunkte festgelegt, bei



Abbildung 4.1: Die 7 Testpunkte, an denen die unterschiedlichen Anwendungsdesigns getestet wurden, plus einem Übungspunkt.

denen die Testpersonen vorgegebene Aufgaben zu lösen bekamen. [Abbildung 4.1](#) zeigt die 7 Testpunkte. Die Länge der Route betrug ungefähr 2 km.

In [SiFr07a] wurde eine Definition von Umgebungstypen für Fußgänger-Navigationssysteme getroffen. Von den gewählten Testpunkten sind 5 der Kategorie “urban environment” zuzuordnen, die restlichen 3 der Kategorie “low-density urban terrain”.

Da die Anwendungen Restaurantführer sind und eine Zuordnung von Restaurants zu Gebäuden stattgefunden hat, sind die Testpunkte auf Gegenden beschränkt, in denen sich eine gewissen Mindestanzahl an Gebäuden mit Restaurants befanden. An jedem gewählten Testpunkt wurden ungefähr zwischen fünf und zehn Gebäude angezeigt, in denen sich insgesamt ungefähr zwischen zehn und zwanzig Restaurants befanden (siehe [Tabelle 4.2](#)). Der Testpunkt TP8 spielte eine gesonderte Rolle, da dort die Anwendung des Projekts *Creative Histories* vorgeführt wurde, welche kein

	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8
Anz. Gebäude	7	6	7	6	8	9	7	–
Anz. Restaurants	19	18	15	8	11	7	16	–

Tabelle 4.2: Die Testpunkte TP1 bis TP7 und deren sichtbare Gebäude und Restaurants in unmittelbarer Umgebung.

Restaurantführer ist.

Um zu verhindern, dass bei den Testpersonen ein Lerneffekt auftritt bzw. sich die unterschiedlichen Umgebungstypen auf die Testergebnisse auswirken, wurde die Zuordnung der Designs zu den Testpunkten, sowie die Reihenfolge der Testpunkte systematisch variiert.

4.3.4 Testablauf

Jeder Testdurchlauf bestand aus drei Phasen und dauerte etwa zwei Stunden inklusive Pausen durch Gehstrecken zwischen den Routenpunkten. Zuerst erhielten die Testpersonen eine *Einführung*, um die Hintergründe der Benutzerstudie zu erfahren. Danach, während der *Promenade*, wurden alle Testpunkte durchlaufen, bei denen jeweils 4 Aufgaben zu lösen waren. Zum Schluss wurde noch ein umfangreiches *Abschlussinterview* durchgeführt, bei dem die Präferenzen hinsichtlich der verschiedenen Designs hinterfragt wurden.

Bei der *Einführung* zu Beginn musste die Testperson zuerst eine Videoerlaubnis unterzeichnen, um sicherzustellen, dass die Video-Aufzeichnungen wissenschaftlich weiterverwendet werden dürfen. Danach wurden die demographischen Fragen gestellt. Um die Antworten bei der Auswertung spezifisch bewerten zu können, musste auch festgestellt werden, ob die Testperson ein a-priori-Wissen über die Umgebung des aktuellen Testpunktes hatte. Der Testplan inklusive Videoerlaubnis und den demographischen Fragen ist in Anhang B zu finden.

Während der *Promenade* erhielt jede Testperson bei jedem Testpunkt jeweils ein anderes Anwendungsdesign. Bei jedem Wechsel zu einem anderen Anwendungsdesign wurde zuvor eine kurze Lernphase abgehalten, welche sich nicht am entsprechenden Testpunkt befand, sondern noch beim jeweils vorigen. Grund dafür war einerseits, dass die Testperson noch kein Wissen über den kommenden Testpunkt haben sollte und andererseits sie mit dem Design dieser Anwendung vertraut gemacht wurde.

An jedem Testpunkt wurden den Testperson vier Aufgaben erteilt. Zwei davon beinhalteten die Instruktion, reale Objekte der Umgebung zu identifizieren, basierend auf der virtuellen Repräsentation des Smart Horizon (also Richtung virtuell nach real). Die beiden anderen Aufgaben erforderten von den Testpersonen die Identifizierung virtueller Objekte am mobilen Endgerät, ausgehend von realen Objekten

der Umgebung.

Aufgabe 1&2: Virtuell nach Real: Mit dieser Aufgabe soll überprüft werden, wie schwer es der Testperson fällt, die Entsprechung eines virtuellen Punkts in der realen Umgebung zu finden. Dazu muss die Testperson ein beliebiges, mit der Anwendung gefundenes Restaurant, in seiner echten Umgebung suchen.

Ein Beispiel für eine Frage an die Testperson wäre hier: *Suchen Sie ein asiatisches Restaurant mit Hilfe der vorliegenden Anwendung des mobilen Geräts und zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das von Ihnen gewählte Restaurant befindet.*

Aufgabe 3&4: Real nach Virtuell: Diese Aufgabe stellt die Umkehr des vorigen Szenarios dar: Es wird der Testperson ein reales Gebäude in seiner unmittelbaren Umgebung gezeigt, und sie soll die grafische Repräsentation am Bildschirm des mobilen Endgeräts finden und alle Restaurants des Gebäudes aufzählen.

Für diesen Fall könnte z.B. folgende Frage gestellt werden: *Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Der Testleiter zeigt auf ein Gebäude) und etwaige sich darin befindliche Restaurants. Bitte finden Sie mittels p2d heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!*

Nachdem die Aufgaben gelöst waren, stellte der Testleiter der Testperson weitere Fragen, die sich mit dem Umgang mit der Anwendung befassten, um Aussagen über die Handhabung dieses Anwendungsdesigns zu erhalten.

Beim *Abschlussinterview* wurden die Testpersonen direkt mit den Gestaltungsdimensionen konfrontiert. Sie wurden aufgefordert, zu bewerten, welches Anwendungsdesign für eine bestimmte Aufgabe am geeignetsten ist, um den gewünschten POI am einfachsten zu finden.

An einem Testdurchlauf waren insgesamt zwei Forscher beteiligt: Der Testleiter, der der Testperson die Aufgaben und Interviewfragen stellte und der Beobachter, der dafür zuständig war, dass das notwendige Beobachtungs-Equipment bereit lag und bei jedem Testpunkt das richtige Anwendungsdesign einsatzbereit war. Außerdem erstellte der Beobachter die Video-Aufzeichnungen während der Bearbeitung der Aufgaben.

Der gesamte Testbogen ist in Anhang B zu finden.

4.3.5 Hardware Setup

Zur Durchführung der Benutzertest wurde als mobiles Endgerät ein **Nokia N70** verwendet. Für dieses mobile Endgerät war ein spezielles Gehäuse für den 3D-Orientierungssensor vorhanden (siehe Kapitel 2.2.2).

Als GPS-Empfänger wurde ein Gerät mit einem SirfSTAR III Chip verwendet, welcher die besten Genauigkeitsergebnisse von den uns zur Verfügung stehenden GPS-Empfängern lieferte. Die Kommunikation mit dem mobilen Endgerät ist wie bei dem 3D-Orientierungssensor über die Bluetooth-Schnittstelle.

Während eines gesamten Testdurchganges mit einer Person wurden Video- und Audioaufnahmen getätigt. Für die Videoaufnahmen kam eine DV-Videokamera zum Einsatz, die Audioaufnahmen wurden mit einem MP3-Player gemacht. Dieser wurde der Testperson um den Hals gehängt, damit ihre Antworten und Aussagen ständig akkustisch gut erfasst werden konnten. Die Video- und Audioaufnahmen dienen der nachträglichen Analyse des Testdurchganges.

4.4 Ergebnisse

Die folgenden Unterkapitel enthalten die Auswertungen der Aussagen der 14 Testpersonen während der einzelnen Testdurchläufe inklusive deren Abschlussinterviews. Zur statistischen Analyse der Standardabweichungen wurden Wilcoxon-Tests berechnet.

Aufgrund von gelegentlich aufgetretenen Fehlern bei manchen Testpunkten durch Ungenauigkeiten des GPS-Empfängers bzw. Systemfehlern, konnten nicht alle Daten in die Analyse einbezogen werden. Die Stichprobengröße ist jeweils mit dem Wert N angegeben.

4.4.1 Promenade

Während des Testdurchganges wurden laufend Fragen zur Einfachheit des Zugangs zu POI gestellt. Diese mussten mit Angaben von 1 (=sehr schwer) bis 7 (=sehr einfach) bewertet werden. In Abbildung 4.2 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt.

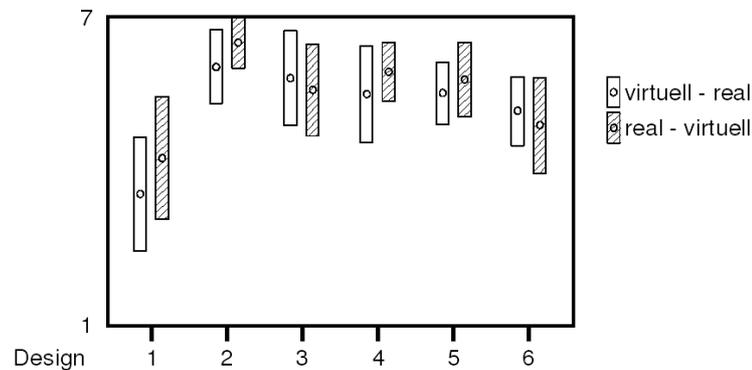


Abbildung 4.2: Bewertungen der Anwendungsdesigns anhand der Einfachheit des Zugangs zu POI. Es ist jeweils der Bezug von virtuell nach real bzw. real nach virtuell getrennt dargestellt. 7=beste Bewertung, die Balken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

Die Anwendung des Projekts *Creative Histories* (Design 7) konnte für die Auswertung der Promenade nicht herangezogen werden, da es damit nicht möglich war, Restaurantinformationen zu erhalten.

Ein klares Ergebnis wurde jedoch beim Vergleich der Designs erzielt, bei denen der einzige Unterschied die Orientierungsbewusstheit darstellt. Dies sind die Designs 1 und 2 (jeweils vertikale Perspektive, Blockdarstellung mit Rundumansicht). Das Design 2 wurde eindeutig als komfortabler eingestuft, da keine manuelle Nordung der angezeigten Umgebung notwendig ist. Einige Testpersonen hatten ersichtliche Probleme bei der Ausrichtung der Darstellung, was sie meistens auch in ihren Aussagen bestätigten.

Sowohl bei Aufgabe virtuell nach real ($Z=-3.2$, $N=13$, $p<0.001$) als auch bei real nach virtuell ($Z=-2.842$, $N=12$, $p<0.004$) fiel das Ergebnis signifikant aus.

Zwischen den restlichen Designs konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

4.4.2 Abschlussinterview

Beim Abschlussinterview wurden gezielte Fragen zu den definierten Gestaltungsdimensionen gestellt, die Testpersonen mussten eine Reihung der angegebenen Alternativen aufstellen (siehe Anhang B).

Perspektive

Es war ein klarer Trend zu einer Bevorzugung von erhöhten Perspektiven erkennbar. Der Unterschied der Vogelperspektive zur egozentrischen Perspektive ist signifikant ($Z=-2.11$, $N=13$, $p<0.05$), nicht aber zur vertikalen Perspektive ($Z=-1.7$, $N=13$, $p=0.09$). In Abbildung 4.3 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt.

Bei der egozentrischen Perspektive wird laut Aussagen von Testpersonen dem Benutzer kein guter Überblick über seine aktuelle Position gegeben. Weiters wurden die Testpersonen etwas verwirrt, wenn sie nahe an Gebäuden standen, denn diese bedeckten dann die gesamte Anzeige des Mobiltelefons. Die Vogelperspektive zeichnete sich laut Aussagen der Testpersonen dadurch aus, dass sie durch die erhöhte Perspektive und zusätzlich der Richtungsabhängigkeit der Anzeige, dem Benutzer eine gute Übersicht über seine Gesamtsituation gibt.

Realitätsgrad

Die abstrakte Darstellung der untexturierten 2D-Fassaden als Panorama wurde eindeutig am schlechtesten bewertet. Sie wurde signifikant niedriger als die Blockdarstellung ($Z=-2.89$, $N=12$, $p<0.01$) und die texturierte, relativ realistischste wirkende Darstellung ($Z=-2.54$, $N=12$, $p<0.05$) bewertet. Zwischen der Blockdarstellung

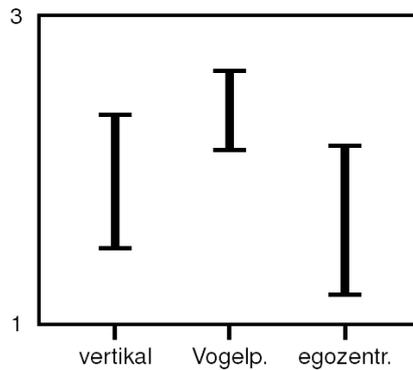


Abbildung 4.3: Durchschnittliche Präferenzrangwerte der unterschiedlichen Perspektiven. 3=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

und der texturierten Darstellung gab es keinen signifikanten Unterschied ($Z=-1.97$, $N=12$, $p<0.197$). Abbildung 4.4 zeigt die grafische Interpretation der Ergebnisse.

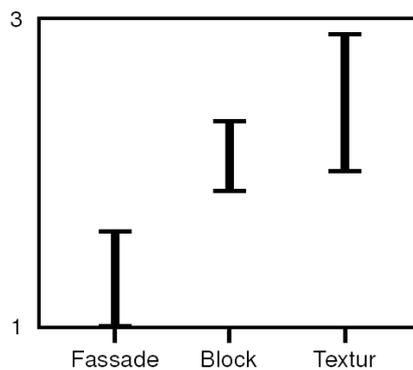


Abbildung 4.4: Durchschnittliche Präferenzrangwerte der verschiedenen Realitätsgrade. 3=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

Beim Realitätsgrad der Darstellung war es nicht unbedingt ausschlaggebend, ob die Darstellung absolut realistisch ist. Die Testpersonen profitierten oft schon von 3D-Modellen, die die Umgebung schematisch wiedergeben. Aus den Interviews ging auch hervor, dass die Aktualisierungsgeschwindigkeit der Anzeige, welche durch zu detailgetreue Darstellung negativ beeinflusst wird, eine wichtige Rolle spielt. Dies war ein Grund, weshalb die 2,5D-Blockdarstellung gegenüber der texturierten Variante teilweise sogar bevorzugt wurde.

Gesichtsfeld

Beim Gesichtsfeld kristallisierte sich das eindeutige Ergebnis heraus, dass die Rundumdarstellung bevorzugt wurde gegenüber der frontalen Variante, bei der nur die vor dem Benutzer befindlichen Gebäude dargestellt werden ($Z=-30.5$, $N=13$, $p<0.01$). In der Abbildung 4.5 ist das Ergebnis grafisch aufbereitet.

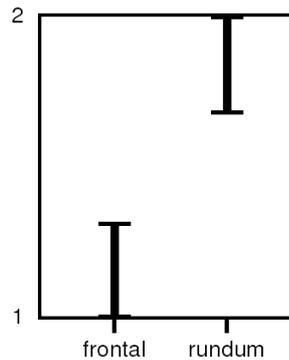


Abbildung 4.5: Durchschnittliche Präferenzrangwerte des Gesichtsfelds. 2=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

Orientierungsbewusste Darstellung

Die automatische Drehung der Anzeige bei Änderung der Orientierung wurde signifikant besser bewertet als die Variante, bei der die Karte mit Norden nach oben ausgerichtet ist ($Z=-3.204$, $N=13$, $p<0.001$). Eine grafische Darstellung des Ergebnisses ist der Abbildung 4.6 zu entnehmen.

Durch die orientierungsbewusste Darstellung wird dem Benutzer das Orientieren der Karte abgenommen, was durchwegs als positiv empfunden wurde, auch von Personen mit gutem Orientierungssinn.

4.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die implementierten Prototypen in einer Benutzerevaluierung eingesetzt. Die Testpersonen hatten Aufgaben zu lösen um die Möglichkeiten und den Umgang mit den verschiedenen Designs zu erfahren.

Durch die Befragung der Testpersonen konnten zum Teil signifikante Unterschiede bei den Gestaltungsdimensionen beobachtet werden. Eine Erkenntnis war, dass die *Orientierungsbewusstheit* der Anzeige am Bildschirm des mobilen Endgeräts eine wichtige Eigenschaft ist. Die Testpersonen bevorzugten sie eindeutig gegenüber

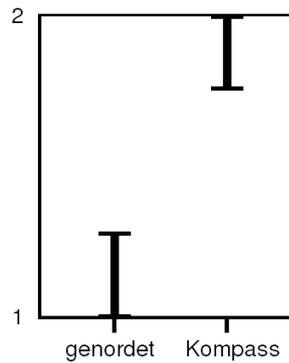


Abbildung 4.6: Durchschnittliche Präferenzrangwerte ob die Darstellung genordet oder abhängig vom elektronischen Kompass sein soll. 2=beste Bewertung, die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.

Anzeigen, die nach Norden ausgerichtet sind und wo das Finden der richtigen Orientierung dem Benutzer überlassen ist. Dies spricht eindeutig für die Integration eines elektronischen Kompasses in zukünftigen mobilen Endgeräten. Dieses Ergebnis wurde ebenso in anderen Forschungsgebieten erzielt, speziell der experimentellen Psychologie [LeJa82] und der Forschung über mobiler bzw. “stationärer” VR-Navigation [DaCe99], [HeBi03].

Bei den orientierungsbewussten Anzeigen wurden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Einfachheit des Zugangs zur Information festgestellt. Die Antworten zu den Gestaltungsdimensionen *Perspektive*, *Realitätsgrad* und *Gesichtsfeld* erzielten keine genauen Ergebnisse. Gründe dafür sind die geringe Anzahl an Testpersonen und die wenigen Kombinationen der Gestaltungsdimensionen. Es wurden jedoch Tendenzen festgestellt, woraus Empfehlungen abgeleitet werden können.

Ein wichtiger Punkt für Benutzer von mobilen räumlichen Anwendungen ist, dass die virtuelle Repräsentation ihrer Umgebung aus erhöhter *Perspektive* betrachtet werden kann. Dies gibt ihnen einen besseren Überblick über die Situation als eine egozentrische Perspektive.

Bei der Gestaltungsdimension *Gesichtsfeld* wird im allgemeinen bevorzugt, dass alle POI rund um den Benutzer dargestellt werden, nicht nur welche, die sich in seiner Blickrichtung befinden. Ein Grund dafür ist, dass das Verschwinden und Auftauchen von POI bei einer Drehung für den Benutzer verwirrend sein kann, bzw. ihn wenig bei der Suche nach einer bestimmten Information unterstützt.

In Bezug auf den *Realitätsgrad* der Darstellung wird eindeutig eine 3D-Darstellung gegenüber einer Repräsentation der Umgebung in einer eher abstrakten 2D-Fassadendarstellung als Panorama bevorzugt. Zu bemerken wäre jedoch, dass eine 2,5D-Blockdarstellung den Anforderungen für den Zugang zu geografisch nahege-

legenen Informationen meist genügt. Eine möglichst realistische Darstellung wird im allgemeinen auch nur dann bevorzugt, wenn die Latenzzeiten der Darstellung gering sind. Eine hohe Aktualisierungsgeschwindigkeit der Anzeige bei einer Bewegung spielt für die Benutzer also eindeutig eine größere Rolle als eine realistische Darstellung.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Diplomarbeit *Design, Implementierung und Evaluierung von mobilen Benutzerschnittstellen für den Zugang zu räumlicher Information* hat zum Ziel, Empfehlungen für Benutzerschnittstellen von mobilen räumlichen Anwendungen zu geben.

Zu Beginn wurde das Projekt *Point-to-Discover* genauer vorgestellt, welches die Basis für diese Diplomarbeit darstellt. Im Zuge des Projekts *p2d* ist ein Sensormodul entwickelt worden, das die geografische Position und Orientierung im Raum eruiert und dem mobilen Endgerät übermittelt. Das Wissen über die Position und Ausrichtung im Raum stellt die Voraussetzung für eine mobile räumliche Anwendung dar.

Der Gestaltungsspielraum bei der Entwicklung der Prototypen wurde durch die Definition der Gestaltungsdimensionen *Perspektive*, *Realitätsgrad*, *Gesichtsfeld*, *Orientierungsbewusstheit*, *Art der POI-Auswahl* und *Zusätzliche Metainformation* festgelegt.

Bei den voll funktionsfähigen Prototypen handelte es sich um Restaurantführer der Wiener Innenstadt, mithilfe derer Restaurants gefunden und Informationen darüber erhalten werden konnten. Die Informationen über die Restaurants wurden uns freundlicherweise vom *Falter*¹ zur Verfügung gestellt.

Bei der Implementierung wurde Wert darauf gelegt, dass der Zugang zur georeferenzierten Information auf eine sehr einfache Weise stattfindet, wobei verschiedene Designs in Hinblick auf Ausprägungen der Gestaltungsdimensionen *Perspektive*, *Realitätsgrad*, *Gesichtsfeld*, *Orientierungsbewusstheit* und dgl. implementiert wurden.

Eine Eigenschaft, welche für die Testpersonen von großer Bedeutung war, ist die *Orientierungsbewusstheit* der Darstellung. Diese stellt eine große Erleichterung für den Benutzer bei der Zuordnung von seiner realen Umgebung mit der dargestellten virtuellen Repräsentation dar.

Die Gestaltungsdimension *Gesichtsfeld* erzielte ebenfalls ein eindeutiges Ergebnis. Es wird die Rundumansicht gegenüber der frontalen Ansicht, bei der Gebäude hinter dem Benutzer ausgeblendet werden, bevorzugt. Dies zeigt die unterschiedlichen Anforderungen von Fussgänger-Navigationssystemen und Fahrzeug-Navigationssystemen. Bei letzteren wird im allgemeinen eine frontale Ansicht eingesetzt.

Bei der *Perspektive* war das Ergebnis nicht so klar. Es ist aber eine Tendenz zu

¹*falter.at* homepage, <http://www.falter.at/> (letzter Zugriff 03.09.2008)

erhöhten Perspektiven festzustellen. Laut Aussagen der Testpersonen bietet ihnen die egozentrische Perspektive keinen Überblick über ihre Situation, was aber durchaus erwünscht wäre bei dieser Art von Anwendung, um das ungerichtete Suchen nach Informationen zu erleichtern.

Die Fragen zur Gestaltungsdimension *Realitätsgrad* der Darstellung brachte aufgrund der Aussagen der Testpersonen eine interessante Erkenntnis: Eine hohe Aktualisierungsgeschwindigkeit bei einer Drehung um die eigene Achse war den Testpersonen wichtiger, als eine möglichst realistische Darstellung. Dies trifft aber nur auf die Block- und die texturierte Darstellung zu, jedoch nicht auf die 2D-Panoramadarstellung, da diese den meisten Benutzern zu abstrakt war. Bei dieser war es für sie eindeutig schwieriger, den Bezug zwischen Realität und Darstellung herzustellen.

Die vorgestellte Benutzerstudie beschäftigte sich in erster Linie mit verschiedenen Methoden der Visualisierung der räumlichen Information um Empfehlungen ableiten zu können. Den Testpersonen wurden voll funktionsfähige Prototypen mit unterschiedlichen Darstellungen wie einfache, ebene Panoramaansichten bis hin zu texturierten 3D-Visualisierungen zur Verfügung gestellt, mit denen sie anhand von kleinen Aufgaben die Handhabung in Erfahrung bringen konnten.

Neben der Art der Visualisierung spielt für die Akzeptanz einer Anwendung auch die gezielte Auswahl an Informationen, die dem Benutzer angezeigt werden, eine Rolle. Weitere Benutzerstudien könnten sich näher mit diesem Thema auseinandersetzen, wobei beachtet werden muss, dass das spontane, ungerichtete Suchen nach Informationen nicht beeinträchtigt wird.

Außerdem ist weitere Forschungsarbeit in Richtung Visualisierung notwendig, um die Möglichkeiten und Grenzen der Darstellung von voll texturierten 3D-Modellen auszuloten. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, herauszufinden, um welche Details ein 2,5D-Modell erweitert werden soll, um dem Benutzer beim Zugang zu POI zu unterstützen. In diesen Bereich sollten einerseits Erfahrungen aus dem traditionellen Design von Straßenkarten, andererseits auch bisherige Forschungsergebnisse über das Design von mobilen 2D- und 3D-Karten für mobile Endgeräte einfließen [La02], [BuCh04].

Neben der virtuellen Repräsentation der Umgebung sollte die Forschung ebenso auf das Design und Bedienbarkeit von Augmented Reality auf mobilen Endgeräten abzielen. Hierbei wird das Kamerabild eines herkömmlichen mobilen Endgerät mit virtueller Information überlagert.

Es wäre durchaus auch sinnvoll, die Anwendungen bezüglich ihres Kontextes zu evaluieren. Es stellt sich die Frage, welche Art der Visualisierung für welchen Anwendungsbereich am geeignetsten ist, wobei das Einsatzgebiet einer mobilen räumlichen Anwendung sehr weit gefächert ist. So sind Anwendungen wie Touristeninformationssysteme oder Fussgängernavigationssysteme sehr naheliegend, ebenso aber auch der Einsatz bei Wartungsarbeiten, für die Visualisierung der unterirdischen Infrastruktur [ScMe07], denkbar.

A Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung	Erklärung
API	Application Programming Interface	Schnittstelle, über die eine Software Methoden und Dienste zur Verfügung stellt
AR	Augmented Reality	Kombination der echten Welt mit virtuell überlagerter, meist computergenerierter Information
BT	Bluetooth	Übertragungsprotokoll, das speziell für die Übertragung von Daten über kurze Distanzen entwickelt wurde
ftw.	Forschungszentrum Telekommunikation Wien	Forschungszentrum, das sich mit Projekten rund um das Thema Telekommunikation beschäftigt und von der österreichischen Regierung gefördert wird
GIS	Geographic Information System	System zur Aufnahme, Speicherung, Analyse und Darstellung von geografisch referenzierter Information
GPS	Global Positioning System	System, bei dem die geografische Position über die Verbindung zu mehreren Satelliten berechnet wird
IDE	Integrated Development Environment	Entwicklungsumgebung für Software-Entwickler welche aus einem Editor für den Quellcode und einem Compiler oder Interpreter besteht; meist sind weitere Werkzeuge wie z.B. ein Debugger zum schrittweisen Abarbeiten des Quellcodes vorhanden
J2ME	Java 2 Micro Edition	Version von Java für den Einsatz auf mobilen Endgeräten wie Mobiltelefone und PDAs

Tabelle A.1: Abkürzungsverzeichnis 1/3

Abkürzung	Bedeutung	Erklärung
J2SE	Java 2 Standard Edition	Java Standardausgabe Version 1.2 bis 1.5 von Sun Microsystems für die Entwicklung von plattformunabhängiger Software
JVM	Java Virtual Machine	Laufzeitumgebung für Java-Anwendungen zur Ausführung des Java-Bytecodes
LAN	Local Area Network	Netzwerk von Rechnern mit einer geringen geografischen Ausdehnung
LBS	Location Based Service	System, welches abhängig von der Position des Benutzers, Dienste zur Verfügung stellt
LVis	Local Visibility Model	Datenstruktur im XML-Format, welche ausgehend von einer Position die Umgebung in Polarkoordinaten spezifiziert
p2d	Point-to-Discover	Projekt am <i>ftw.</i> , welches sich mit Methoden zum Zugriff zu geografisch referenzierter Information beschäftigt
PC	Personal Computer	stationärer Einzelplatzrechner, welcher im allgemeinen von einer einzelnen Person bedient wird
PDA	Personal Digital Assistant	kompakter, mobiler Rechner mit einem geringeren Funktionsumfang, wie bei einem PC, jedoch mit Programmen zur Kalender-, Adress-, Aufgabenverwaltung und meist auch zum Bearbeiten von Office-Dateien
PNG	Portable Network Graphic	freies Grafikformat für Rastergrafiken mit verlustfreier Bildkompression
POI	Point-of-Interest	geografischer Punkt, der für den Benutzer eines Navigationssystem von Interesse sein könnte und meist zusätzliche Information beinhaltet
QR Code	Quick Response Code	zweidimensionaler Barcode, welcher sehr fehlertolerant ist, da die Informationen redundant kodiert werden
RFID	Radio Frequency Identification	Verfahren zur automatischen Identifikation von Gegenständen mithilfe von elektromagnetischen Wellen

Tabelle A.2: Abkürzungsverzeichnis 2/3

Abkürzung	Bedeutung	Erklärung
VR	Virtual Reality	computergenerierte virtuelle Umgebung, mit der der Benutzer interagieren kann
VRVis	Zentrum für Virtual Reality und Visualisierung	Forschungszentrum, das sich mit Projekten rund um die Themen VR und Visualisierung beschäftigt und von der österreichischen Regierung gefördert wird
WLAN	Wireless Local Area Network	kabellose lokale Netzwerkumgebung, als Übertragungsmedium werden elektromagnetische Wellen verwendet
WTK	Java Wireless Toolkit	Entwicklungs Umgebung von Sun Microsystems für die Entwicklung von Anwendungen für mobile Endgeräte
XML	Extensible Markup Language	einfaches, flexibles Format für die strukturierte Speicherung von Daten, offizielle Homepage: http://www.w3.org/XML/

Tabelle A.3: Abkürzungsverzeichnis 3/3

B Testplan

Videoerlaubnis



Vielen Dank für die Teilnahme an der *p2d* Benutzer-Studie. Wir beabsichtigen, für Forschungszwecke eine Audioaufnahme von diesem Test zu machen. Diese erleichtert uns die Datenanalyse und ermöglicht es uns, Ausschnitte der Tests Projektpartnern oder anderen Projektmitarbeitern zu zeigen. Bitte lesen Sie sich die untenstehende Erklärung durch und unterschreiben Sie bitte an der dafür vorgesehenen Stelle.

68

Erklärung:

Ich bin mir bewusst, dass während des Benutzer-Tests Video- und Audioaufnahmen gemacht werden und bin damit einverstanden, dass diese Aufnahmen für Forschungszwecke bzw. zur Vorführung bei Projektpartnern oder Projektmitarbeitern verwendet werden.

Name in Blockschrift:

Unterschrift:

Datum:

Demographische Fragen

1. Alter
2. Beruf
 - Geschäftsinhaber
 - Selbständig / Freiberuflich
 - Angestellter mit leitender Funktion
 - Beamter mit leitender Funktion
 - Angestellter ohne leitende Funktion
 - Beamter ohne leitende Funktion
 - Arbeiter
 - Landwirt
 - Arbeitslos
 - Hausfrau / -mann
 - Student, Schüler
 - Pensionist
 - Sonstiges:
3. Höchste abgeschlossene Schulbildung
 - Volksschule
 - Hauptschule
 - Abgeschlossene Lehre
 - Abgeschlossene weiterführende Schulbildung ohne Matura
 - AHS – Matura
 - BHS – Matura
 - Universitätsabschluss
 - Sonstiges:
4. Computer- und Internetzugang: ja / nein
5. Internet-Nutzung: beruflich / privat / beides
6. Internet-Nutzung pro Woche (Angabe in Stunden)
7. Nutzung Handys
 - Wie viele SMS ca. pro Tag?
 - Wie lange telefonieren ca. pro Tag?
 - Haben Sie schon einmal mit dem Handy im Internet gesurft?

- Wenn ja: wann war das erste Mal?
- Wenn ja: verwenden Sie es immer noch?
- Wenn ja, für was haben Sie es verwendet?
- Wenn ja, auf welche Art: WAP, HTML Seiten?
- Warum verwenden Sie (verwenden Sie nicht) Handys für Dienste im Internet?

8. Fragen zur Verwendung ortsbezogener Dienste im Internet

- Wie intensiv verwenden Sie das Internet, um gewisse raumbezogene Dienste zu suchen, bspw. herold.at (Friseur in bestimmter Gegend) oder *falter.at* (bestes Restaurant in der Gegend)?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht
- Wie intensiv verwenden Sie das Internet, um gezielt mehr Informationen zu bestimmten Orten (bspw. kulturelle Informationen, Öffnungszeiten, etc.) zu bekommen?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht
- Wie intensiv verwenden Sie das Internet, um (mehr oder weniger unge-richtet) bestimmte Gegenden oder Objekte zu erforschen (bspw. Google Earth)?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht
- Wie intensiv verwenden Sie das Internet für raumbezogene Informationsdienste (wie Öffi-Fahrpläne, Wetterinfos, etc.)?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht

- Wie intensiv verwenden Sie das Internet für die Teilnahme an werbungsbezogenen Aktionen und Kampagnen, wie z.B. Preisausschreiben, Verlosungen, etc.?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht
- Wie intensiv verwenden Sie das Internet für Spiele mit anderen Personen, die sich an anderen Orten befinden (age of empire, etc.)?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht
- Wie intensiv verwenden Sie das Internet für Anwendungen, bei denen man andere teilhaben lassen kann an Ihren Meinungen, Erlebnissen, Ideen, etc. (z.B. Fotosharing Programme wie Flickr, Foren, Blogs, etc.)?
 - im Schnitt mind. einmal täglich
 - im Schnitt mind. einmal in der Woche
 - im Schnitt mind. einmal im Monat
 - weniger als einmal im Monat
 - gar nicht

Testbogen

- **Standpunkt 0**

Probedurchgang für erstes ausgewähltes Design

- **Standpunkt 1**

Aufgabe 1

Sie haben Lust auf eine Tasse Tee. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Demmers Teehaus

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wure nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Sie möchten am Abend eine Freundin treffen und möchten daher eine Weinstube als Treffpunkt ausmachen. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Wein und Co

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude in dem der Melker Stiftskeller ist) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude in dem sich das Karl Haag befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

• Standpunkt 2

Aufgabe 1

Sie haben irrsinnig Lust auf Pizza. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Cafe Ristorante Pizzeria Verdi

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Sie suchen ein gutes französisches Restaurant. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Restaurant Bel Etage im De France

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Universität Wien, Hauptgebäude) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude wo das Cafe Glaser, Aida und Bagel Station drin sind.) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr

ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

- **Standpunkt 3**

Aufgabe 1

Jetzt haben Sie erst recht Appetit bekommen und möchten in ein arabisches Restaurant. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Al Fayrooz

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wure nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Ihre Freunde möchten aber wieder mal lieber zum Asiaten. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Mr. Lee

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (links am Ende der Schleyvogelgasse, in dem das Molly Darcy ist) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (in dem sich das Restaurant Leupold befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

• Standpunkt 4

Aufgabe 1

Sie wollen jetzt auch einmal gesund essen. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Restaurant Lebenbauer

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Für alle Fälle möchten Sie aber auch wissen, wo das nächste asiatische Restaurant ist! Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Asia Vienna

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude in dem sich der Wiener Wald befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude

befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude, in dem sich das Restaurant Lebenbauer befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

- **Standpunkt 5**

- Aufgabe 1**

- Sie suchen nach einem günstigen Backhuhn. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

- Lösung: Wienerwald**

- Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
 - Kommentare:
 - Mimik?
 - GPS-Genauigkeit
 - Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

- Frage:* Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

- Aufgabe 2**

- Sie suchen nach einem italienischen Restaurant. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

- Lösung: Trattoria Martinelli**

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (Gebäude in dem sich das Restaurant Fino befindet, erster Palais) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (in dem sich das Kunstforum bzw. das Weinplateau Südafrika befindet) und etwaige sich darin befindlichen

Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

• Standpunkt 6

Aufgabe 1

Sie haben Lust auf guten Cafe. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Starbucks

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Sie suchen für den Abend etwas zu Essen, am besten spanisch. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Bodega Manchega

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (in dem sich das Cafe Aida befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (in dem sich das Cafe Eduscho befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen

realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

- **Standpunkt 7**

Aufgabe 1

Zur Abwechslung möchten Sie nun Eis essen. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Nordsee

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 2

Sie suchen ein günstiges Stehcafe. Bitte finden Sie heraus, wie das diesbezügliche Angebot hier in der Gegend ist. Zeigen Sie auf das entsprechende Gebäude, in dem sich das Restaurant befindet, das sie ausgesucht haben.

Lösung: Cafe Aida

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wure nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder wie schwer Sie die in *p2d* angezeigten Restaurants in der realen Umgebung finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Aufgabe 3

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (in dem sich das Cafe Meinl befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wure nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Aufgabe 4

Sie interessieren sich für dieses Gebäude (das Gebäude in dem sich die Erste Bank befindet) und etwaige sich darin befindlichen Restaurants. Bitte finden Sie mittels *p2d* heraus, ob und wieviele Restaurants sich in diesem Gebäude befinden!

Beurteilung (Korrektheit, Fehler):

- Dauer der Durchführung der Aufgabe (von Anfang der Beschäftigung bis zum Zeigen des Gebäudes):
- Kommentare:
- Mimik?
- GPS-Genauigkeit
- Probleme mit dem Test-Setup (z.B. POI wurde nicht aufgeführt)

Frage: Haben Sie dieses Restaurant gekannt?

Frage: Bitte geben Sie an, wie einfach oder schwer Sie ausgehend von in der realen Umgebung gesehenen Restaurants in *p2d* weitere Informationen finden konnten! (1 = sehr schwer, 7 = sehr einfach)

Frage: Als wie akkurat bewerten Sie die Übereinstimmung zwischen realer Welt und der virtuellen Repräsentation mittels *p2d*? (1 = sehr real, 7 = sehr abstrakt)

Frage: Hat das GPS genau erkannt, wo Sie sich befinden? (1 = sehr ungenau, 7 = sehr genau)

Probedurchgang von Konzeptdesign von nächstem Standpunkt!

- **Standpunkt 8 (Josefsplatz)**

Erklärung des Systems:

Allgemeines Ziel dieses Demonstrators ist es, Ihnen die technischen Möglichkeiten einer realen Darstellung zu demonstrieren.

Frage: Wie gefällt Ihnen diese Darstellung der Umgebung?

Abschlussinterview

Allgemeine Fragen

- Wie gut kannten Sie die Gegend und insbesondere die Restaurants der Gegend?
- Zu wieviel Prozent haben Sie die Restaurants in diesem Test schon gekannt?
- Was sind Ihre allgemeinen Kommentare zu *p2d*?
- Würden Sie *p2d* verwenden, wenn es auf Ihrem Handy funktionieren würde und wenn eine umfassende Anzahl an Diensten und Informationen verfügbar wäre?
- Für welche Info außer Restaurants würden Sie *p2d* verwenden? Nennen Sie 3 Beispiele!

Experimentalspezifische Fragen

Sie haben nun einige verschiedene Möglichkeiten des Zugangs zu Restaurantinformationen kennengelernt. Es folgen nun einige Fragen.

1. Orientierungsbewusste Darstellung

Darstellung der Umgebung unter Verwendung des elektronischen Kompasses oder nicht:

- North fixed: Ausrichtung der Darstellung in Richtung Norden.
- Track up: Ausrichtung der Darstellung je nach Orientierung des Handys.
- *Frage Ranking (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von einem realen Gebäude zusätzliche Informationen in *p2d* finden sollen?
Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)

- *Frage Ranking (Restaurants durch p2d finden):*
 Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von p2d ein Restaurant suchen sollen?
 Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Restaurants durch p2d finden):*
 Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage GPS-Genauigkeit:*
 Bei welcher der beiden Methoden ist es ihnen leichter gefallen, die Aufgaben zu lösen, wenn das Gerät Ihren Ort nicht genau bestimmen konnte?

	real → virtuell	virtuell → real	real → virtuell	virtuell → real
North fixed				
Track up				
	GPS-Genauigkeit			
North fixed				
Track up				

Tabelle B.1: Orientierungsbewusstheit: North fixed vs. Track up

2. Art der POI-Auswahl

Zeigegeste vs. Auswahl von Objekten auf dem Handydisplay durch Handytaste.

- *Frage Ranking (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
 Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von einem realen Gebäude zusätzliche Informationen in p2d finden sollen?
 Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
 Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)

- *Frage Ranking (Restaurants durch p2d finden):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von p2d ein Restaurant suchen sollen? Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Restaurants durch p2d finden):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Exploration:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Exploration (wenn man nur man so schauen möchte, was es denn überhaupt in der Gegend gibt)? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage Effizienz:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Situationen, in denen man schnell “von A nach B” will, bzw wo man sich schnell zurechtfinden muß? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage GPS-Genauigkeit:*
Bei welcher der beiden Methoden ist es ihnen leichter gefallen, die Aufgaben zu lösen, wenn das Gerät Ihren Ort nicht genau bestimmen konnte?

	real → virtuell	virtuell → real	real → virtuell	virtuell → real
GUI-Auswahl				
Gestenauswahl				
	Exploration	Effizienz	GPS-Genauigkeit	
GUI-Auswahl				
Gestenauswahl				

Tabelle B.2: Art der POI-Auswahl: GUI-Auswahl vs. Gestenauswahl.

3. Perspektive

Sie sind in diesem Test mit drei verschiedenen Arten der Perspektive konfrontiert worden: Die Lotrechte, die aus Vogelperspektive, oder die egozentrische (siehe Abbildung B.1)

- *Frage Ranking (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von einem realen Gebäude zusätzliche Informationen in p2d finden sollen?



Abbildung B.1: Perspektive: Links vertikal, in der Mitte die Vogelperspektive und rechts aus egozentrischer Sicht.

Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?

- *Frage Comparative Rating (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Ranking (Restaurants durch p2d finden):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von p2d ein Restaurant suchen sollen? Bspw. Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Restaurants durch p2d finden):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Exploration:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Exploration (wenn man nur man so schauen möchte, was es denn überhaupt in der Gegend gibt)? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage Effizienz:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Situationen, in denen man schnell "von A nach B" will, bzw wo man sich schnell zurechtfinden muß? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage GPS-Genauigkeit:*
Bei welcher der beiden Methoden ist es ihnen leichter gefallen, die Aufgaben zu lösen, wenn das Gerät Ihren Ort nicht genau bestimmen konnte?

	real → virtuell	virtuell → real	real → virtuell	virtuell → real
vertikal				
Vogelperspektive				
egozentrisch				
	Exploration	Effizienz	GPS-Genauigkeit	
vertikal				
Vogelperspektive				
egozentrisch				

Tabelle B.3: Perspektive: vertikal vs. Vogelperspektive vs. egozentrisch.

4. Gesichtsfeld

Sie sind in diesem Test mit drei verschiedenen Arten der Umgebungs-
darstellung konfrontiert worden:

- Frontal (Abbildung B.2): d.h. nur die Gebäude, die Sie vor sich haben, können Sie auf dem Display sehen.
- Surround (Abbildung B.3): d.h. Sie können alle Gebäude um sich sehen, wobei Ihr Standpunkt in der Mitte dargestellt wird



Abbildung B.2: Gesichtsfeld: frontale Darstellung.

- *Frage Ranking (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von einem realen Gebäude zusätzliche Informationen in *p2d* finden sollen?
Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?



Abbildung B.3: Gesichtsfeld: Darstellung der Umgebung rundherum.

- *Frage Comparative Rating (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Ranking (Restaurants durch p2d finden):* Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von p2d ein Restaurant suchen sollen?
Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Restaurants durch p2d finden):* Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Exploration:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Exploration (wenn man nur man so schauen möchte, was es denn überhaupt in der Gegend gibt)? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage Effizienz:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Situationen, in denen man schnell “von A nach B” will, bzw wo man sich schnell zurechtfinden muß? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage GPS-Genauigkeit:*
Bei welcher der beiden Methoden ist es ihnen leichter gefallen, die Aufgaben zu lösen, wenn das Gerät Ihren Ort nicht genau bestimmen konnte?

5. Realitätsgrad

	real → virtuell	virtuell → real	real → virtuell	virtuell → real
Frontal				
Surround				
	Exploration	Effizienz	GPS-Genauigkeit	
Frontal				
Surround				

Tabelle B.4: Gesichtsfeld: Frontal vs. Surround.

Sie sind in diesem Test mit verschiedenen Arten der Gebäudedarstellung konfrontiert worden (siehe Abbildung B.4):

- Fassade: Einer ganz einfachen, 2D-Silhouттendarstellung
- Block: Verschiedenen Arten der Blockdarstellung (2,5D-Darstellung)
- Textur: Ganz zuletzt: einer relativ realistischen 3D-Darstellung, die auch die Texturen darstellt.



Abbildung B.4: Realitätsgrad: Links die Fassade, in der Mitte die Blockdarstellung und rechts das texturierte Modell.

- *Frage Ranking (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von einem realen Gebäude zusätzliche Informationen in *p2d* finden sollen?
Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Zusatzinformationen zu einem bestimmten Gebäude):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie

gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)

- *Frage Ranking (Restaurants durch p2d finden):*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein vor, wenn Sie ausgehend von p2d ein Restaurant suchen sollen? Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?
- *Frage Comparative Rating (Restaurants durch p2d finden):*
Bitte geben Sie nun rückblickend für diese genannten Methoden an, wie gut Sie Zusatzinformationen zu einem bestimmten Restaurant/Gebäude finden konnten! (1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)
- *Frage Exploration:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Exploration (wenn man nur man so schauen möchte, was es denn überhaupt in der Gegend gibt)? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage Effizienz:*
Welche der Methoden eignet sich am besten für Situationen, in denen man schnell, “von A nach B” will, bzw. wo man sich schnell zurechtfinden muß? Bitte erstellen Sie eine Rangreihe!
- *Frage GPS-Genauigkeit:*
Bei welcher der beiden Methoden ist es ihnen leichter gefallen, die Aufgaben zu lösen, wenn das Gerät Ihren Ort nicht genau bestimmen konnte?

	real → virtuell	virtuell → real	real → virtuell	virtuell → real
Fassade				
Block				
Textur				
	Exploration	Effizienz	GPS-Genauigkeit	
Fassade				
Block				
Textur				

Tabelle B.5: Realitätsgrad: Fassade vs. Block vs. Textur.

6. Visualisierung des Eingangs

Sie sind in diesem Test mit zwei verschiedenen Methoden konfrontiert worden, die die Art der Visualisierung des Restaurants im Gebäude betreffen.

- *Frage:*
Welche der in diesem Test vorgestellten Varianten ziehen Sie allgemein



Abbildung B.5: Visualisierung des Eingangs: Grafische Visualisierung der Eingänge mit roten Flächen vs. Karte mit Marker.

vor?

Erstellen Sie eine Rangreihe! Was ist die beste, was die zweitbeste, was die drittbeste Variante?

Literaturverzeichnis

- [NoDr86] Norman D.A., Draper, S.W.: *User Centered System design: New perspectives on Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [BrMa97] Broadbent, J., Marti, P.: *Location aware mobile interactive guides: usability issues*. Selected Paper of the 4th International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums (ICHIM97), Paris, France, 1997.
- [Em99] Egenhofer, M.J.: *Spatial Information Appliances: A Next Generation of Geographic Information Systems*. 1st Brazilian Workshop on GeoInformatics, Campinas, Brazil, 1999.
- [EsPe01] Espinoza, F., Persson, P., Sandin, A., Nyström, H., Cacciatore, E., Bylund, M.: *GeoNotes: Social and Navigational Aspects of Location-Based Information Systems*. Proceedings of the 3rd International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2001), Atlanta, Georgia, USA, September 30–October 2, 2001.
- [ToYe04] Tollmar, K., Yeh, T., Darrell, T.: *IDeixis – Searching the Web with Mobile Images for Location-Based Information*. Proceedings of MobileHCI 2004, Glasgow, UK, September 13–16, 2004. Springer Lecture Notes in Computer Science, pp. 288–299.
- [BaKu05] Baillie, L., Kunczier, H., Anegg, H.: *Rolling, Rotating and Imagining in a Virtual Mobile World*. Proceedings of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI 2005), Salzburg, Austria, September 19–22, 2005.
- [ChYu05] Cheng, Y.M., Yu, W., Chou, T.C.: *Life is Sharable: Blogging Life Experiences with RFID Embedded Mobile Phones*. Proceedings of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI 2005), Salzburg, Austria, September 19–22, 2005.
- [MaPa06] Mantyjarvi, J., Paternò, F., Salvador, Z., Santoro, C.: *Scan and Tilt: Towards natural Interaction for mobile Museum Guides*. Proceedings of the 8th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI 2006), Helsinki, Finland, September 12–15, 2006.

- [FrOb08] Fröhlich, P., Obernberger, G., Simon, R., Reichl, P.: *Exploring the Design Space of Smart Horizons*. Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI 2008), Amsterdam, Netherlands, September 2–5, 2008.
- [MaBe07] Mäkelä, K., Belt, S., Greenblatt, D., Häkkinen, J.: *Mobile Interaction with Visual and RFID Tags – A Field Study on User Perceptions*. In Workshop on Mobile Spatial Interaction, CHI 2007, San Jose, Californien, USA, April 28–May 3, 2007.
- [ScPa07] Schöning, J., Panov, I., Keßler, C.: *No vertical limit – Conceptual LBS design for climbers* In Workshop on Mobile Spatial Interaction, CHI 2007, San Jose, Californien, USA, April 28–May 3, 2007.
- [SiKu05] Simon, R., Kunczler, H., Anegg, H.: *Towards Orientation-Aware Location Based Mobile Services*. 3rd Symposium on LBS and TeleCartography, Vienna, Austria, November 28–30, 2005.
- [SiFr06] Simon, R., Fröhlich, P., Anegg, H.: *Beyond Location Based – The Spatially Aware Mobile Phone*. In Proceedings of the 6th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2006), Hong Kong, China, December 4–5, 2006. Springer Lecture Notes in Computer Science.
- [SiFr07a] Simon, R. und Fröhlich, P.: *GeoPointing: Evaluating the Performance of an Orientation Aware Location Based Service under Real-World Conditions*. Accepted for publication at the 4th International Symposium on LBS & TeleCartography (LBS2007), Hong Kong, China, November 8–10, 2007
- [SiFr07b] Simon, R. und Fröhlich, P.: *A Mobile Application Framework for the Geospatial Web*. In Proceedings of the 16th International World Wide Web Conference (WWW 2007), Banff, Alberta, Canada, May 8–12, 2007. Proc.: pp. 381–390. ACM Press
- [SiFr07c] Simon, R., Fröhlich, P., Obernberger, G., Wittowetz, E.: *The Point-to-Discover GeoWand*. Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2007), Innsbruck, Austria, September 16–19, 2007.
- [ScMe07] Schall, G., Mendez, E., Junghanns, S., Schmalstieg, D.: *Urban 3D Models: What’s underneath? Handheld Augmented Reality for Subsurface Infrastructure Visualization*. Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2007), Innsbruck, Austria, September 16–19, 2007.
- [MaSi07] Maierhofer, S., Simon, R., Tobler, R.F.: *Simplified Guided Visibility Sampling for Location Based Services*. REAL CORP – GeoMultimedia 2007, Vienna, Austria, May 20–23, 2007.

- [La02] Laakso, K.: *Evaluating the use of navigable three-dimensional maps in mobile devices*. Master Thesis at the University of Helsinki, Finland, 2002.
- [BuCh04] Burigat, S., Chittaro, L.: *Location-aware visualization of a 3D world to select tourist information on a mobile device*. Proceedings of the 6th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services (MobileHCI 2004), Glasgow, Scotland, September 13–16, 2004.
- [LeJa82] Levine, M., Jankovic, I.N., Palij, M.: *Principles of spatial problem solving*. Journal of Experimental Psychology General, 111, pp. 157–175.
- [DaCe99] Darken, R.P., Cevik, H.: *Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues*. IEEE Virtual Reality Conference 1999 (VR'99).
- [HeBi03] Hermann, F., Bieber, G., Duesterhoeft, A.: *Egocentric maps on mobile devices*. Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Computing (IMC 2003), Rostock, Germany, June 17–18, 2003.
- [RaOu04] Rantanen, M., Oulasvirta, A., Blom, J., Tiitta, S., Mäntylä, M.: *InfoRadar: group and public messaging in the mobile context*. Proceedings of the 3rd Nordic Conference on Computer Human Interaction (NordiCHI 2004), Tampere, Finland, October 23–27, 2004.