

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

VIENNA  
UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY

DIPLOMARBEIT

## **Sprachausgabe vs. Kartendarstellung in der Fußgängernavigation**

ausgeführt im Rahmen der  
Forschungsgruppe Kartographie am  
Institut für Geoinformation und Kartographie  
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von  
Prof. Mag. Dr. Georg Gartner  
und DI Verena Radoczky

durch  
Felix Ortag  
E664/0025408  
Kaunitzgasse 16/13  
1060 Wien  
[felix@ortag.at](mailto:felix@ortag.at)

Wien, im September 2005

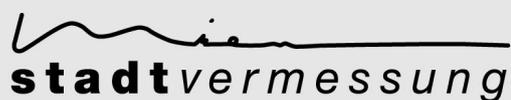
---

## **DANKSAGUNG**

Dank gebührt allen freiwilligen Testpersonen, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Die verwendeten CAD-Pläne des Institutsgebäudes wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt durch das Liegenschaftsmanagement der TU Wien.

Als Kartengrundlage für die *Outdoor*-Tests wurde vom Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 41 – Stadtvermessung die Flächenmehrzweckkarte freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

  
stadtvermessung

StadT  Wien

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Heute eingesetzte Fußgängernavigationssysteme beruhen größtenteils auf Auto-navigationssystemen. Die unterschiedlichen Bedürfnisse von Autofahrern und Fußgängern sind teilweise offensichtlich. Aus diesem Grunde scheinen Untersuchungen gerechtfertigt, deren Ergebnisse zu einer Optimierung von Fußgängernavigationssystemen beitragen könnten.

Diese Diplomarbeit untersucht zwei Arten der Kommunikation mit dem Fußgänger: Sprachanweisungen und Kartengrafik – jeweils als alleinige Methode. Was führt den Nutzer »besser« ans Ziel? Wobei fühlt er sich sicherer? Was würde er bevorzugen? Wie unterscheidet sich das mentale Bild der Umgebung? Diese Fragen werden für die Anwendung im Gebäude und im Freien behandelt.

Es werden mit 31 Personen Testbegehungen sowohl mit Kartendarstellung als auch mit Sprachführung durchgeführt. Anschließend sind die Routen aus dem Gedächtnis zu skizzieren und es findet eine Befragung statt.

## **ABSTRACT**

Today's navigation systems for pedestrians are mainly based on car navigation. Different needs of car drivers and pedestrians are in part obvious. Therefore it seems to be useful to do investigations which might help to improve pedestrian navigation systems.

This diploma thesis compares two ways of communication between the system and its user: spoken instructions and graphic maps – each as single method. Which guides the user »better« to his destination? Where does he feel safer? Which would he prefer? How does the mental map differ? These questions are investigated for indoor and outdoor use.

31 persons use a test system, both with graphic maps and spoken instructions. This is followed by drawing sketch maps of the routes and an interview.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b>	<b>8</b>
1.1. Thesen	8
1.1.1. Subjektive Sicherheit	8
1.1.2. Objektive Sicherheit	8
1.1.3. Nutzerakzeptanz	8
1.1.4. Kognitives Bild	8
1.2. Fragestellung	9
1.3. Motivation	9
1.4. Aufbau der Arbeit	12
<b>2. Fußgängernavigation</b>	<b>13</b>
2.1. Was ist Navigation?	13
2.1.1. Mobile Positionierung	14
2.1.2. Routenmodellierung	15
2.1.3. Routenpräsentation	16
2.2. Derzeitiger Stand	17
2.2.1. Mobile Positionierung	17
2.2.2. Routenmodellierung	20
2.2.3. Routenpräsentation	20
<b>3. Präsentationsformen</b>	<b>22</b>
3.1. Kommunikation in der Navigation	22
3.2. Kartendarstellung	23
3.2.1. Gestaltung hinsichtlich des Bildschirms	23
3.2.2. Gestaltung hinsichtlich der Nutzungssituation	26
3.2.3. Gestaltung hinsichtlich des Nutzers	27
3.3. Auditive Sprachanweisung	29
3.3.1. Elemente von sprachlichen Anweisungen	29
3.3.2. Gestaltung von sprachlichen Anweisungen	30

<b>4. Empirischer Versuch</b>	<b>34</b>
4.1. Versuchsdesign	34
4.1.1. Allgemeine Überlegungen und Ziel des Versuchs	34
4.1.2. Testrouten	35
4.1.3. Verwendete Geräte und Technologien	36
4.1.4. Umsetzung der Präsentationsform Karte	37
4.1.5. Umsetzung der Präsentationsform Sprache	39
4.1.6. <i>Sketch Maps</i>	40
4.1.7. Fragebogengestaltung	41
4.2. Durchführung des Versuchs	43
4.2.1. Testpersonen und -zeitraum	43
4.2.2. Versuchsablauf	44
<b>5. Ergebnisse</b>	<b>47</b>
5.1. Auswertung der gesammelten Daten	47
5.2. Resultate	48
5.2.1. Begehung	48
5.2.2. <i>Sketch Maps</i>	50
5.2.3. Interview	51
5.2.4. Zusammenfassung	57
5.3. Schlussfolgerungen hinsichtlich der eingangs aufgestellten Thesen	57
5.3.1. Subjektive Sicherheit	57
5.3.2. Objektive Sicherheit	58
5.3.3. Nutzerakzeptanz	58
5.3.4. Kognitives Bild	58
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>59</b>
6.1. Zusammenfassung	59
6.2. Schlussfolgerungen und Ausblick	59
6.3. Selbstkritik	60
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>62</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>63</b>

<b>Anhänge</b>	<b>69</b>
A Auditive Anweisungen	69
B Frage- und Protokollbögen	70
<b>Lebenslauf</b>	<b>74</b>
<b>Erklärung</b>	<b>75</b>

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Thesen

Zu Beginn dieser Diplomarbeit seien die folgenden Thesen aufgestellt, die im Anschluss mittels einer Untersuchung mit Testpersonen geprüft werden. Alle Thesen bis auf 1.1.4 werden sowohl für *Indoor*- als auch *Outdoor*-Anwendungen untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind natürlich nur hinsichtlich der in der Versuchsbeschreibung (Kapitel 4.1) beschriebenen Parameter relevant (z.B. Innenstadt, Erwachsene, Österreicher, Deutsch sprechend, ohne Hör- und Sehbeeinträchtigungen) und keinesfalls auf die Kommunikationsarten Audio und Graphik zu verallgemeinern.

### 1.1.1. Subjektive Sicherheit

Der Nutzer fühlt sich mit beiden Präsentationsformen gleich sicher, auf dem richtigen Weg zu sein bzw. das richtige Ziel erreicht zu haben.

### 1.1.2. Objektive Sicherheit

Die Navigation ist hinsichtlich der objektiv messbaren Größen Geschwindigkeit und Fehleranzahl bei beiden Präsentationsformen gleich sicher.

### 1.1.3. Nutzerakzeptanz

Der Nutzer bevorzugt ein System mit auditiven Sprachanweisungen.

### 1.1.4. Kognitives Bild

Die kognitive Karte, die bei der Benutzung des Navigationssystems im Kopf des *Users* entsteht, ist hinsichtlich Topologie und Vollständigkeit besser, wenn die Karte als Präsentationsform eingesetzt wird.

Diese These soll aus Gründen des Aufwands nur hinsichtlich der *Outdoor*-Anwendung getestet werden.

## 1.2. Fragestellung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Kommunikation von Navigationsanweisungen für Fußgänger. Im Besonderen sollen dabei zwei Präsentationsformen verglichen werden, nämlich die graphische Kartendarstellung und die reine auditive Sprachanweisung.

Mit Hilfe einer empirischen Untersuchung sollen Antworten auf folgende Fragen gefunden werden: Kann die gesprochene Sprache zur Routenführung in der Fußgängernavigation die graphische Kartendarstellung vollständig ersetzen? Welche Präsentationsform bevorzugt der Nutzer subjektiv, mit welcher wird er hinsichtlich objektiver Kriterien besser ans Ziel geführt? Diese Fragen werden sowohl für *Outdoor*- als auch für *Indoor*-Anwendungen zu beantworten versucht. Weiters wird – jedoch nur im *Outdoor*-Bereich – getestet, wie sich das mentale Bild der Umgebung des Fußgängers bei den beiden Kommunikationskanälen unterscheidet.

Diese Diplomarbeit soll dazu beitragen herauszufinden, welche Maßnahmen Fußgängernavigationssystemen zu einer höheren Akzeptanz und Verbreitung verhelfen können. Insbesondere soll die Frage geklärt werden, ob die Idee eines rein durch Sprache leitenden Systems sinnvoll ist.

## 1.3. Motivation

Standortbezogene Dienste (*Location Based Services*, LBS) mit Fokussierung auf Navigation, abseits der Autonavigationssysteme, sind bereits heute von kommerziellen Anbietern erhältlich, insbesondere aus dem Bereich der mobilen Telekommunikation. Hierbei ist jedoch oft der Unterschied zu Autonavigationssystemen gering oder gar nicht vorhanden. So bieten in Österreich die Handynetzbetreiber *mobilkom (A1 Navi<sup>1</sup>)* und *Hutchison 3G<sup>2</sup> (3Geo)* Navigationssysteme für den hybriden Gebrauch an. Ähnlich verhält es sich bei der Software *Wayfinder<sup>3</sup>*, die auf jedem Mobiltelefon mit *Symbian*-Betriebssystem funktioniert, oder PDA-Navigationssystemen (*Personal Digital Assistent*) wie z. B.

---

<sup>1</sup> [www.a1.net/navi](http://www.a1.net/navi) (6. 7. 2005)

<sup>2</sup> [www.drei.at](http://www.drei.at) (6. 7. 2005)

<sup>3</sup> [www.wayfinder.com](http://www.wayfinder.com) (6. 7. 2005)

*TomTom*<sup>4</sup>. Diese geringe Spezialisierung auf Fußgänger lässt vermuten, dass es auf der Nutzerseite Akzeptanzprobleme gibt – Untersuchungen betreffend der Benutzung der genannten Systeme gibt es, zumindest öffentlich zugänglich, nicht.

Optimistische Prognosen liefert die *Boston Consulting Group (2000)*. Demnach sind LBS unter allen *M-Commerce*<sup>5</sup>-Anwendungen, die nicht der direkten Kommunikation dienen, jene mit dem größten Anwenderpotential; der tatsächliche Anteil der LBS-Nutzer unter den *M-Commerce*-Kunden liegt jedoch nur bei 28%.

*Kölmel & Wirsing (2002)* führten eine Online-Umfrage (n = 479) über LBS-Nutzung allgemein (also nicht nur Navigationsdienste) durch, bei der lediglich 2–3% der Befragten angaben, gelegentlich oder öfter (definiert als mindestens ein Mal pro Woche) ein LBS zu nutzen<sup>6</sup>. Die Gruppe der Navigationssystemnutzer dürfte vermutlich noch kleiner sein. Gleichzeitig lag in derselben Umfrage ein Navigationsdienst, verglichen mit anderen standortbezogenen Diensten, an der Spitze der Präferenz durch die Befragten (82% Zustimmung).

Diese noch geringe Verbreitung mag die verschiedensten Ursachen haben, deren Ergründung zum Zwecke einer Qualitätssteigerung wünschenswert wäre. Diese Diplomarbeit soll sich mit dem Detail der Navigationsanweisungen beschäftigen. Die heute eingesetzten Systeme setzen hier im Allgemeinen auf eine graphische Kartendarstellung als zentrale Präsentationsform, möglicherweise unterstützt durch den auditiven Kanal.

*Reichl (2003)* kommt zu dem Schluss, dass Text (gesprochen oder geschrieben) für Fußgängernavigation in Abhängigkeit von der Umgebungssituation (Lärm, Licht, Wetter ...) als Präsentationsform geeignet ist. Gesprochene Sprache und Graphik für Fußgängernavigation wurden schon in anderen Arbeiten verglichen. Dabei wurden entweder keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Untersuchung hinsichtlich Gehgeschwindigkeit und Fehler im *Indoor-*

---

<sup>4</sup> www.tomtom.com (6. 7. 2005)

<sup>5</sup> Kurz für *Mobile Commerce*, in der genannten Untersuchung als jede Anwendung mit mobilen Endgeräten definiert.

<sup>6</sup> Zum Vergleich: 80% der Befragten gaben an, die Kurzmitteilungstechnologie SMS in derselben Frequenz zu nutzen.

Bereich von *Thakkar, Ceaparu & Yilmaz 2001*) oder die Sprachausgabe wurde nicht allein, sondern nur zusätzlich zur Karte getestet (*Radoczky 2003*). Bei einer Untersuchung von *Chincholle et al. (2002)* waren geschriebene sprachliche Anweisungen beim Finden eines Zieles nützlicher als Karten.

Laut *Däßler (2002)* ist die Karte als Medium zwar am Besten geeignet, um komplexe Zusammenhänge oder große Datenmengen rasch zu kommunizieren. Die Frage ist jedoch, ob im Falle der Navigation eine derart große Informationsfülle überhaupt nötig ist.

Möglicherweise wäre Sprache zur Routenführung nicht nur ein ausreichender Kompromiss im Sinne einer niederrangigeren Kommunikationsart, sondern hätte sogar Vorteile. Zum Beispiel könnten die sprachlichen Anweisungen vertrauter sein, da sie die »natürlichere« Art der Wegbeschreibung sind. Genauso könnte jedoch auch die Karte vertrauter sein, da die Menschen an ihre Verwendung gewöhnt sind.

Selbst wenn ein reines Audiosystem in puncto Qualität der Navigation mit einem graphischen System nicht mithalten können sollte, so wäre es möglich, dass es trotzdem vom *User* bevorzugt wird, da es in der tagtäglichen Anwendung praktischer wäre. So hat die Kommunikation mittels Graphik stets (von *Augmented Reality* und stationären Bildschirmen (z.B. bei *Indoor-Navigation*) abgesehen) den Nachteil, dass das Medium, auf dem die Karte zu sehen ist, in der Hand gehalten werden muss. Dagegen könnten bei reiner auditiver Routenführung mittels Lautsprecher oder Kopfhörer die Hände stets frei bleiben, was in Alltagssituationen möglicherweise von Vorteil wäre (Tragetaschen, fingerfeindliche Temperaturen ...). Eine technische Umsetzung als Kombination mit Freisprecheinrichtungen von Mobiltelefonen wäre denkbar.

Ein weiterer Punkt (der allerdings in dieser Diplomarbeit nicht näher behandelt werden soll), der für ein rein mit Sprachausgabe arbeitendes System sprechen könnte, ist die möglicherweise einfachere und billigere Implementierbarkeit. Eine Anpassung der Kartendaten nach perzeptiven und kartographischen Gesichtspunkten wäre nicht notwendig, es könnte direkt mit dem Primärmodell aus einem *Geographischen Informationssystem* (GIS) gearbeitet werden. Dies wäre zumindest ein Vorteil, solange automatische Verfahren noch nicht in

der Lage sind, eine Karte zu produzieren, die den kartographischen Anforderungen genügt.

#### **1.4. Aufbau der Arbeit**

Nachdem nun die Fragestellung erläutert wurde, gibt der nächste Abschnitt einen theoretischen Überblick zum Thema Fußgängernavigation und der derzeitige Stand der Technik wird vorgestellt. Das darauf folgende Kapitel widmet sich den beiden Präsentationsformen Karte und Sprache und dient dazu, die nach derzeitigem Wissensstand jeweils beste Umsetzung zu finden und im anschließenden Versuch zu benutzen. Danach widmet sich die Diplomarbeit dem empirischen Versuch, beginnend mit einer Erläuterung des Designs und der Testdurchführung und schließt mit der Präsentation der Ergebnisse ab.

## 2. FUSSGÄNGERNAVIGATION

### 2.1. Was ist Navigation?

Das Wort *Navigation* geht auf das lateinische *navigare* (= fahren, segeln) bzw. *navigatio* (= Schifffahrt) zurück und bezeichnet<sup>7</sup> die »Gesamtheit der Maßnahmen zur Bestimmung des Standorts u. zur Einhaltung des gewählten Kurses«. Diese Maßnahmen können in folgende drei Bereiche gegliedert werden:

- Bestimmung der geographischen Position durch Ortung nach verschiedensten Methoden,
- das Berechnen des Weges zum Ziel sowie
- die Führung des Fahrzeugs zu diesem Ziel.

Sinngemäß gilt dies auch für Fußgängernavigation, *Gartner, Frank & Retscher (2004)* gliedern die Anwendung eines Fußgängernavigationssystems in drei Schritte: Mobile Positionierung, Routenmodellierung für Fußgänger und Kartographische Routenpräsentation.

Die Zugehörigkeit dieser Diplomarbeit zum letzten Punkt dürfte klar ersichtlich sein. Trotzdem soll im Folgenden ein Überblick zu allen Punkten gegeben werden, in Kapitel 2.2 wird jeweils der derzeitige Stand der Technik in den drei Gebieten präsentiert.

Im Konzept des Navigationssystems von *Gilliéron & Merminod (2003)* erscheint noch eine weitere Maßnahme: das *Map Matching* (siehe Abbildung 1). Diese stellt ein Verfahren zur Verbesserung der Sensordaten dar und kann daher zum Punkt der Positionierung gezählt werden. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil ist die digitale Karte, die hier im Rahmen der Routenmodellierung betrachtet werden soll. Das in der Abbildung enthaltene Element »Pedestrian Navigation Module« steht für ein IMU (*Inertial Measurement Unit*, siehe Abschnitt 2.2.1).

---

<sup>7</sup> Duden Deutsches Universalwörterbuch, 3. Auflage, Mannheim 1997

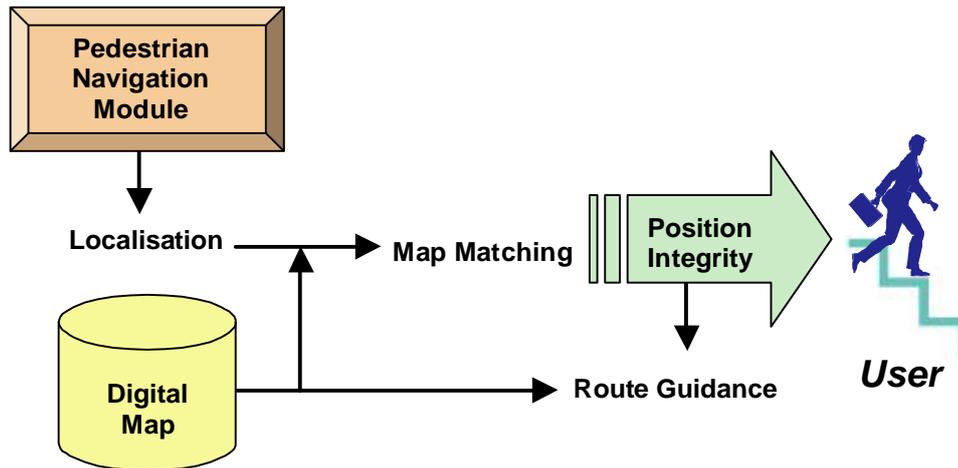


Abbildung 1: Das Konzept der Navigation eines Fußgängers  
(aus Gilliéron & Merminod 2003).

### 2.1.1. Mobile Positionierung

Eine direkte Anforderung an ein LBS (und somit auch an ein Navigationssystem) ist die Bestimmung der Position des Nutzers (Gartner 2004). Sofern diese Positionierung nicht durch den Nutzer selbst erfolgen soll, muss auf geeignete Sensorik zurückgegriffen werden.

Die für Fußgängernavigation benötigte Genauigkeit wird von Gartner (2004) mit mindestens 25 m angegeben, für Indoor-Anwendungen noch besser. Kray et al. (2003) merken an, dass nicht nur die reine Position in Form von Koordinaten (X und Y oder X, Y und Z) gebraucht werden, sondern auch die Bestimmung folgender Größen sinnvoll sein kann: Geschwindigkeit, Beschleunigung, Gehrichtung und Blickrichtung.

*Map Matching* ist ein Verfahren zur Verbesserung der von der Sensorik gelieferten Koordinaten hinsichtlich ihrer Plausibilität mit Hilfe der digitalen Kartendaten. Dies ist besonders bei Autonavigationssystemen sinnvoll, da vorausgesetzt werden kann, dass sich das Fahrzeug auf einer Straße befinden muss. Wenn die gemessene Position nicht mit einer Straße zusammenfällt (und sich das Auto somit im Wald, Feld, Gebäude, etc. befinden würde), können die momentanen Koordinaten auf die nächstgelegene Straße verbessert werden. Im Falle des Fußgängers ist dies schwieriger, da die Anzahl der Orte an denen er sich aufhalten kann viel größer ist (Park, Untergrund, Grundstücke ...) und er im Vergleich zum Auto viel wendiger ist. Gilliéron & Merminod (2003) erachten *Map Mat-*

ching jedoch auch beim Fußgänger für sinnvoll (zumindest im Gebäude bzw. in städtischen Bereichen) und stellen auch entsprechende Algorithmen vor. Diese beruhen auf Vergleichen von topologischen Elementen der gemessenen Route und der digitalen Karte.

### **2.1.2. Routenmodellierung**

Bevor eine Route automatisch berechnet werden kann, müssen die Informationen über die Verkehrswege in einer geeigneten Form vorliegen, nämlich als digitale Karte. Es kommen dabei die Prinzipien von GIS zum Einsatz, die stark mit der Graphentheorie zusammenhängen. Hierbei wird die Vektorkarte nach dem Prinzip von Kanten und Knoten repräsentiert. In einer solchen Geodatenbank werden Geometrie und Semantik gespeichert, wobei die Geometrie in Metrik und Topologie gespalten werden kann. Erstere ist durch Koordinaten von Objekten oder Zahlenwerte wie z. B. Abstände realisiert, letztere beschreibt die Eigenschaften der Objekte (z. B. »zusammenhängend«, »Teil von« ...). Die Semantik hingegen beschreibt thematische Inhalte, welche sich auf Knoten (z. B. Ampel), Kanten (z. B. Straßenarten) oder Relationen zwischen Kanten (z. B. Abbiegeverbot) beziehen können (Hofmann-Wellenhof, Legat & Wieser 2003).

Ein Standarddatenformat für Fußgängernavigationsanwendungen besteht noch nicht, für Autonavigation gibt es hingegen einen Standard: GDF<sup>8</sup> (*Geographic Data Files*) ist ein europäischer Standard zur Beschreibung und zum Austausch von Straßennetzwerken und straßenbezogenen Daten. Es sind dabei nicht nur Datenbankstandards sondern auch Richtlinien zur Datenerfassung enthalten. GDF ist von Konzept her nicht auf Straßenkarten beschränkt. Zwar ist es nicht optimal, diesen Standard für die Fußgängernavigation heranzuziehen (zumindest nicht mit den derzeitig vorhandenen Daten), Corona & Winter (2001) zeigen jedoch auf, dass es einen relativ großen Überlappungsbereich zwischen Autonavigationsdaten und für Fußgänger notwendigen Daten gibt, weshalb im Folgenden kurz der Inhalt von GDF gezeigt werden soll. Zu beachten gilt es dabei weiters, dass derzeit verwendete GDF-Daten für Autonavigationssysteme mit einem Maßstab behaftet sind, der an die Geschwindigkeit von Autos angepasst ist; bei Fußgängern könnte hier ein größerer Maßstab sinnvoll sein. GDF

---

<sup>8</sup> siehe [http://www.ertico.com/en/links/links/gdf\\_-\\_geographic\\_data\\_files/](http://www.ertico.com/en/links/links/gdf_-_geographic_data_files/) (21. 7. 2005)

ist in drei Ebenen gegliedert: *Ebene 0* beschreibt die reine Geometrie inklusive Topologie, *Ebene 1* enthält die Semantik einfacherer Objekte (z. B. Straßensegmente) und *Ebene 2* umfasst die komplexere Semantik (z. B. Straßen, die aus mehreren Straßensegmenten bestehen). Die in GDF eingebetteten Inhalte sind (nach Hofmann-Wellenhof, Legat & Wieser 2003):

- *Feature catalogue*: enthält die Objekte der realen Welt
- *Attribute catalogue*: Charakteristika der Objekte
- *Relational catalogue*: Beziehungen zwischen Objekten
- *Quality description specifications*: Datenqualität und Qualitätskontrolle
- *Global data catalogue*: Selbstbeschreibung der Daten (Meta-Daten)
- *GDF logical data structure*: Dateninhaltsspezifizierungen
- *Media record specifications*: Datenformatspezifikationen

Wenn nun die aktuelle Position des zu navigierenden Fußgängers und das gewünschte Ziel in der digitalen Karte lokalisiert sind, muss eine Route gefunden werden. Aus Sicht der Graphentheorie gibt es einige eindeutige, optimale Wege, z. B. »kürzeste«, »schnellste« oder »kostengünstigste«. Für verschiedene Nutzer sind jedoch verschiedene Lösungen »optimal«, wobei die relevanten Parameter jedoch nicht so eindeutig zu bestimmen sind, z. B. die »entspannendste«, »schönste« Route oder jene mit den meisten Sehenswürdigkeiten (Corona & Winter 2001). Eine weitere Herausforderung bei der Routenmodellierung sind Fragen wie »Welche ist die beste Reihenfolge, mehrere Ziele zu verbinden?« (ähnlich dem »Problem des Handlungsreisenden«) oder »Wo befindet sich das nächste Buchgeschäft?« (Hierbei ist das Ziel nicht bekannt sondern muss im Rahmen des Routenalgorithmus gefunden werden.) (Hofmann-Wellenhof, Legat & Wieser 2003).

### **2.1.3. Routenpräsentation**

Es ist nun die Route berechnet und muss dem Nutzer mitgeteilt werden. Dadurch kann dieser laut Corona & Winter (2001) folgende Aktionen setzen:

- Orientieren: der Nutzer wird richtig »ausgerichtet«
- Starten

- **Bewegen:** dies ist die größte Kategorie, sie enthält alle möglichen Bewegungsarten
- **Ankommen**

Die dabei nötigen Parameter sind: Richtungen, Namen, Orte, Landmarks<sup>9</sup>, Entfernungen und Zeiten (*Corona & Winter 2001*).

Laut *Heidmann & Hermann (2003)* müssen bei der Präsentation raumbezogener Inhalte einige Punkte erfüllt sein. Demnach kann eine hohe Akzeptanz und weite Verbreitung nur erzielt werden, »wenn

- die Usability der Benutzungsschnittstelle eine intuitive Nutzung zulässt,
- die Benutzerschnittstelle flexibel auf spezifische Kontextbedingungen reagiert,
- ein echter Mehrwert für den potentiellen Nutzer in seiner jeweiligen Problemsituation wahrnehmbar ist und
- die angebotenen Informationen angepasst an die Aufgaben und Interessen der Benutzer selektiert und präsentiert werden.«

Den ersten Punkt spricht auch *Winter (2004)* an und meint, dass bei komplizierten Nutzer-Interfaces die kognitiven Fähigkeiten auf die Lösung des Problems des Mensch-Computer-Interfaces verschwendet werden, anstatt auf das Problem des Wegfindens. Daraus wird geschlossen, dass solche Systeme kein wirtschaftlicher Erfolg sein können.

Da sich diese Arbeit in der Hauptsache mit der Routenpräsentation beschäftigt, wird dieser Punkt in Kapitel 3 weiter vertieft. Dort wird auch auf die Anpassung an den Nutzer und die Nutzungssituation eingegangen, da diese Punkte laut *Gartner (2004)* bei der Routenpräsentation essentiell sind.

## **2.2. Derzeitiger Stand**

### **2.2.1. Mobile Positionierung**

Heute wird in Navigationssystemen vorwiegend die satellitengestützte Positionsbestimmung mittels GPS (*Global Positioning System*) angewandt. Ihre Genauig-

---

<sup>9</sup> Zu Deutsch wörtlich *Landmarken* bzw. *Merk-* oder *Wahrzeichen* (z.B. bei *Lynch 1960*).

keit beträgt wenige Meter bis zehn Meter. Bei Nutzung eines differentiellen Messverfahrens kann eine Verbesserung der Genauigkeit auf Sub-Meter-Niveau erzielt werden (*Gartner, Frank & Retscher 2004*). Bei den satellitengestützten Verfahren wird in Zukunft das europäische System *Galileo* hinzukommen. Im städtischen Bereich kann die Genauigkeit infolge Abschattung abnehmen. In manchen Fällen kann die Satellitenanzahl für die Positionsbestimmung zu gering werden.

Eine andere Möglichkeit bieten Positionsbestimmungen über Mobilfunknetze wie GSM (*Global System for Mobile Communications*) und UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Bei der einfachsten Art (Bestimmung der Funkzelle, in der sich der Nutzer befindet) ist die Genauigkeit, in Abhängigkeit der Zellengröße, sehr gering und liegt im urbanen Bereich bei bis zu 380 m. Komplexere Messmethoden erzielen jedoch Standardabweichungen von 50 m, in Zukunft dürften noch höhere Genauigkeiten möglich sein (*Retscher & Mok 2003*).

Eine Form der Positionsbestimmung, die ohne Infrastruktur auskommt, ist jene mittels Sensoren zur Koppelnavigation. In der Koppelnavigation (englisch *dead reckoning*) wird die momentane Position aus einer absoluten früheren Position und relativen Messgrößen, wie Bewegungsrichtung und Beschleunigung, berechnet. Die üblichen Sensoren sind digitale Kompass, dreiachsige Beschleunigungsmesser, digitale Barometer, Schrittzähler und elektronische Kreisel. Die Sensoren können in einem *Inertialen Messsystem* (IMU – *Inertial Measurement Unit*) zusammengefasst sein. Das Problem dieser Sensoren ist ihr Drift, d. h. die Zunahme des Fehlers mit der Zeit. Aus diesem Grund sind sie eher zur Überbrückung von Ausfällen der absoluten Sensorik geeignet (*Gartner, Frank & Retscher 2004*).

Das erwähnte Barometer dient der Höhenbestimmung, welche im *Indoor*-Bereich besonders wichtig ist um das Stockwerk zu identifizieren in dem sich der Nutzer befindet. Während GPS nur im Freien funktioniert, können Mobilfunknetze und inertielle Messsysteme sowohl *Indoor* als auch *Outdoor* genutzt werden.

Die folgenden Methoden eignen sich eher nur für die Anwendung in Gebäuden: *Local Positioning Systems* (LPS) haben ein ähnliches Funktionsprinzip

wie GPS (die Satelliten werden durch lokal montierte Sender ersetzt) und erreichen Genauigkeiten zwischen 0,3 und 1 m (*Gartner, Frank & Retscher 2004*). Untersuchungen zur Nutzbarkeit von WLAN (*Wireless Local Area Network*) zur Positionierung werden derzeit durchgeführt (Abteilung für Ingenieurgeodäsie, TU Wien).

Zum Erreichen der für die Fußgängernavigation benötigten Genauigkeiten könnte eine Kombination mehrerer Sensoren zweckmäßig sein, die einzelnen Komponenten stützen sich dann gegenseitig, z. B. kann ein kurzer Wegfall von GPS durch die inertialen Messungen überbrückt werden. Die dazu nötige Kombination der Einzelmessungen nehmen *Retscher & Mok (2003)* mit einem zentralen Kalman-Filter vor (Funktionsprinzip siehe Abbildung 2). Das Konzept wurde von den Autoren ursprünglich für Fahrzeugnavigation entwickelt. Sie geben aber an, dass es bis auf den letzten Schritt (*Map Matching*) auch für Fußgänger anwendbar ist. *Gilliéron & Merminod (2003)* hingegen empfehlen *Map Matching* auch für Fußgängernavigation.

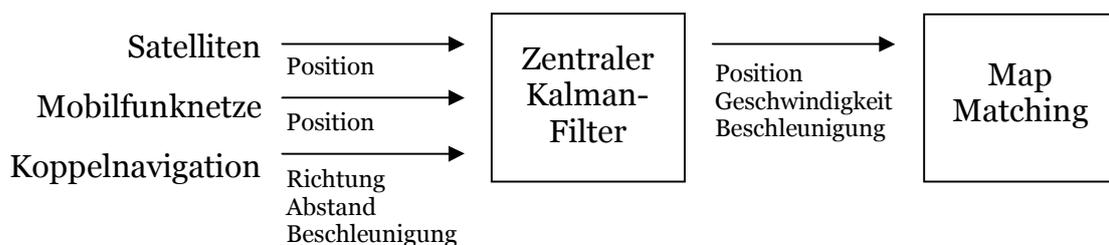


Abbildung 2: Konzept eines zentralen Kalman-Filters  
(nach *Retscher & Mok 2003*, vereinfacht).

Ein anderer Ansatz ist jener von *Active Landmarks*. Diese sind nach *Gartner & Uhlirz (2001)* kleine Nahbereichssender, die Positionsinformationen enthalten und mit dem Nutzer ein Ad-hoc-Netzwerk aufbauen. Die technische Umsetzung wäre z. B. über *Bluetooth* oder RFID-Chips (*Radio Frequency Identification*) möglich.

Ebenfalls Landmarks, allerdings keine aktiven, stellen optische Marker dar. Es sind dies künstliche Landmarks, die über Bilderkennungsverfahren identifiziert werden, z. B. in Form von Barcodes (vergleichbar jenem in Abbildung 3) (vgl. *Reitmayr & Schmalstieg 2003*). Dabei ist die Positionsinformation i. A.

nicht im Landmark direkt, sondern im Navigationssystem gespeichert. Dieses Prinzip ist – zumindest *Indoor* – auch umkehrbar: Am Benutzer wird ein optischer Marker angebracht, der z. B. von im Raum montierten Kameras erkannt wird (*Welch et al. 2001*).



Abbildung 3: Zweidimensionaler Barcode.

Im weiteren Verlauf der Diplomarbeit, speziell beim empirischen Versuch, wird nicht mehr näher auf das Problem der Positionierung eingegangen, es wird vielmehr ausreichend genaue Sensorik vorausgesetzt.

### **2.2.2. Routenmodellierung**

Derzeit verfügbare Fußgängernavigationssysteme oder Navigationssysteme, die auch als für die Verwendung für Fußgänger geeignet beworben werden, benutzen meist dieselben digitalen Karten wie Autonavigationssysteme, welche auf GDF basieren (siehe 1.3 und 2.1.2).

*Corona & Winter (2001)* untersuchten verschiedene bestehende Navigationssysteme (vor allem für automobile Anwendungen) und fanden heraus, dass meistens nur die kürzeste und die schnellste Route angeboten werden und: »Not all possible user interests are served; for example, users cannot select the most convenient or the most scenic route.« *Gartner, Frank & Retscher (2004)* meinen »Existing navigation services are based on technical feasibility instead on user's needs. [...] Mostly they optimize single search criteria or even use arbitrarily pre-defined routes.«

### **2.2.3. Routenpräsentation**

Wie schon mehrmals erwähnt, sind derzeitige kommerzielle Navigationssysteme oft hauptsächlich auf die Nutzung im Auto ausgelegt, eine Adaption an die Nutzungssituation »Fußgänger« findet meist nicht statt. Auch *Gartner, Frank & Retscher (2004)* sehen derzeit eher eine Anpassung der Präsentationsformen an

die technischen Bedingungen als an den Nutzer. Auch *Heidmann & Hermann (2003)* meinen: »Die gegenwärtigen Ansätze in der Praxis sind dadurch gekennzeichnet, dass sie entweder gar keine Abstimmung von Interaktion und Präsentation an die Benutzerbedingungen vornehmen oder aber eine starre Bindung herstellen zwischen einem Endgerät bzw. einer Lokation und dem Benutzer.«

Dies mag zum Teil auch daran liegen, dass die Erkenntnisse bezüglich der notwendigen Adaption hinsichtlich des Nutzers noch rar sind (*Zipf 2003*), wenngleich bereits Prototypen (z. B. *LoL@<sup>10</sup>*) und einige Untersuchungen zum Thema existieren (z. B. *Zipf 2003, Reichl 2003, Radoczky 2003, Kray et al. 2003, Lovelace, Hegarty & Montello 1999, Allen 2000*).

---

<sup>10</sup> siehe <http://lola.ftw.at/homepage> (29. 7. 2005)

### 3. PRÄSENTATIONSFORMEN

#### 3.1. Kommunikation in der Navigation

Laut *Gartner (2000)* ist die Aufgabe der Kartographie die »effiziente Vermittlung von raumbezogenen Informationen«. Deshalb könne sie dem Kommunikations- und Informationsbereich zugeordnet werden. Auch im Falle der Navigation muss die Route dem Nutzer in effizienter Weise mitgeteilt werden.

*Allen (1997)* gliedert den Kommunikationsprozess im Rahmen einer Wegbeschreibung in vier Phasen: »Initiation, route description, securing, and closure«, wobei die ersten beiden sinngemäß auch zur Beschreibung der Kommunikation zwischen einem Gerät zur Navigation und einem Fußgänger herangezogen werden können.

In der Eröffnungsphase gilt es zu klären, *von wo wohin* die Person möchte, wobei das *von wo* bei einem System mit Sensorik immer mit der aktuellen Position gleichgesetzt werden kann. Weiters können Zusatzbedingungen (z. B. »keine U-Bahn-Nutzung«) und die Vertrautheit des Nutzers mit der Umgebung bzw. persönliche Vorlieben (zum Zwecke eines adaptiven Systems, siehe 3.2.3 und 3.3.2) abgefragt werden.

Die Phase der Routenbeschreibung kann als der kritische Teil angesehen werden und besteht aus einer Menge von Statements, die den Fußgänger an sein Ziel führen sollen. Dabei lässt sich die Einteilung in Anweisungen und Beschreibungen treffen. Erstere enthalten Richtungen, Entfernungen und Verben, die sich – bei starker Vereinfachung – auf *gehen* oder *drehen* zurückführen lassen. Beschreibungen enthalten Verben, die sich auf *sein* vereinfachen lassen.

Die erste Phase wird in dieser Arbeit nicht näher behandelt, denkbar wäre hier eine Eingabe über einen Bildschirm oder per Spracherkennung. (Tests von *Radoczky (2003)* haben allerdings gezeigt, dass Spracheingabe nicht sehr beliebt ist, was aber in vielen Fällen auf schlechte Erfahrungen mit entsprechenden Systemen zurückzuführen war.) Die zweite Phase wird im Folgenden näher behandelt. Die beschriebene Kommunikation lässt sich auf verschiedene Arten durchführen. Man unterscheidet dabei *Codierung* und *Sinnesmodalität*. Die meist

benutzten Codes sind verbale Sprache und piktorale Symbolsysteme. Zur Übertragung der Codes können unterschiedliche Sinnesmodalitäten (bzw. Sinneskanäle) verwendet werden, z. B. visuell oder auditiv (*Borchert 2000*). Eine Karte im herkömmlichen Sinn wird immer visuell transportiert, ihre Codierung ist meist piktoral, oft ist sie aber auch multicodal, d. h. aus piktoral und verbal zusammengesetzt (da Schrift enthalten ist). *Reichl (2003)* testete verschiedene Präsentationsformen hinsichtlich ihres Potentials für Fußgängernavigationssysteme. Das Ergebnis für einige Situationen und Benutzerprofile ist in Abbildung 4 zusammengefasst.

Situation/Benutzer	Text	Karten	Bilder	Videos	Animationen
Tag (Standard)	X	X	X		
Nacht	(X)	X	(X)		
Nebel/Regen/Schnee	(X)	X	(X)		
Leise Umgebung	gespr.: X	X	X	(X)	(X)
Laute Umgebung	geschr.: X	X	X		
Einheimischer	X	X	X		
Tourist	(X)	X	X	(X)	(X)
Geschäftsreisender	(X)	X	(X)		(X)

Abbildung 4: Potentialmatrix, X steht für geeignet, (X) für bedingt geeignet (nach *Reichl 2003*).

Diese Arbeit beschäftigt sich im Folgenden jedoch nur mit der graphischen Kartendarstellung (visuell, piktoral & verbal) und der gesprochenen Sprache (auditiv, verbal).

## 3.2. Kartendarstellung

Die Kommunikation von Navigationsanweisungen über den optischen Kanal ist nicht in jedem Fall über eine Karte im herkömmlichen Sinn gelöst – andere Möglichkeiten wären symbolhafte 2D-Graphiken (z.B. Richtungspfeile), 3D-Ansichten (auch *pseudorealistische Ansichten*, vgl. *Kray et al. (2003)*) oder aber Einspiegelungen in das Gesichtsfeld. Im Weiteren beschränkt sich diese Arbeit jedoch auf 2D-Karten für kleine Bildschirme auf mobilen Geräten.

### 3.2.1. Gestaltung hinsichtlich des Bildschirms

Ein Problem von digital dargestellten Karten, speziell bei kleinen Bildschirmen ist durch das vergleichsweise geringe Auflösungsvermögen dieser Medien gege-

ben, wodurch weniger Informationen wiedergegeben werden können als auf einer Papierkarte gleicher Größe. Laut *Brunner (2001)* liegt die Auflösung von Bildschirmen etwa zwischen 60 und 130 dpi, bedingt durch Bildpunktgrößen zwischen 0,2 und 0,4 mm.<sup>11</sup> Die auch aus der klassischen Kartographie bekannten Mindestabstände und -größen werden bei Bildschirmkarten daher erheblich größer (siehe Abbildung 5).

	gedruckte Karte	Bildschirmkarte
Punktdurchmesser	0,3 mm	3 mm
Quadratseite	0,4 mm	2 mm
Linienstärke	0,1 mm	0,4 mm
Linienabstand	0,25 mm	0,5 mm
Schriftgröße	6 pt (1,5 mm)	14 pt (3,6 mm)

Abbildung 5: Mindestabstände und -größen für Bildschirmkarten im Vergleich zu gedruckten Karten (nach *Brunner 2000*).

Ein Problem neben der geringen Auflösung ist die rechteckige, meist quadratische Form der bildgebenden Elemente. Dadurch entsteht ein Sägezähneffekt (*Aliasing*, Treppenstufeneffekt), besonders bei Linien in einer Ausrichtung nahe der Waagrechtchen oder Senkrechten. Diese Bildstörungen können laut *Brunner (2001)* durch zwei Maßnahmen reduziert werden: geeignete Rasterkonvertierung und Bildverbesserungsmaßnahmen.

Rasterkonvertierung ist die Transformation einer Vektor- oder Rastergraphik in die Bildpunktmatrix des Anzeigebildschirms. Im Falle der Vektorgraphik können durch geeignete Verfahren zufällige Effekte vermindert werden. Dies ist in Abbildung 6 an einem Buchstaben illustriert: Der »Vektorbuchstabe« (links) wird zuerst (Mitte) ohne Rücksicht auf die Bildpunktmatrix gerastert, wodurch ursprünglich gleiche Bögen und Linien durch eine unterschiedliche Zahl von Bildpunkten dargestellt werden, was in der optimalen Rasterung (rechts) nicht der Fall ist.

---

<sup>11</sup> Zum Vergleich: die Auflösung von Offsetdruck liegt bei bis zu 2500 dpi. (*Brunner 2001*)

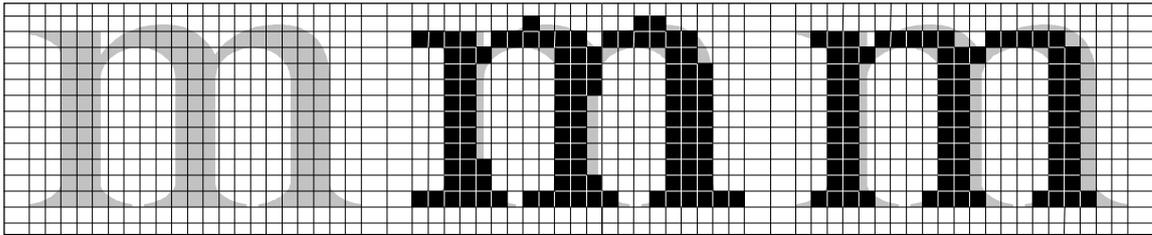


Abbildung 6: links: »Vektorbuchstabe«, Mitte: zufällige Rasterung, rechts: an Bildpunktmatrix angepasste Rasterung (aus Brunner 2001).

Bildverbesserungsmaßnahmen dienen dem *Antialiasing* durch hinzufügen einer künstlichen Unschärfe an Kanten durch Einfügen von Pixels in Mischfarben aus Vorder- und Hintergrundfarbe. Dies mildert die harten Konturen, die Kante erscheint glatter.

Besonders bei Schrift in Bildschirmkarten kann durch Einhaltung einiger Regeln das Kartenbild verbessert werden. Brunner (2001) empfiehlt Schriftgrößen von mindestens 12 pt, Schriftarten ohne Serifen, Schriften mit höherer Laufweite, streng horizontale oder vertikale Ausrichtung und keine kursiven Schriftschnitte. Eine zusätzliche Möglichkeit sind *Pixelfonts* (Matrixschriften), die speziell für die Benutzung auf Bildschirmen entworfen wurden und Rücksicht auf die Bildpunktmatrix nehmen. Es muss dabei allerdings sichergestellt sein, dass sie genau in der richtigen Höhe und an der richtigen Position innerhalb der Bildpunktmatrix gesetzt werden, da sonst ihre Vorzüge nicht genutzt werden.<sup>12</sup>

Neudeck & Brunner (2001) sehen in der Farbe eine sehr wichtige Gestaltungsvariable, da Sie auf Bildschirmen keinen besonderen Problemen unterworfen ist (Anmerkung: ausgenommen Bildschirme mit sehr geringer Farbtiefe oder monochrome Bildschirme). Besonders wird der Einsatz an Stelle von Linien- und Flächensignaturen empfohlen, da diese auf Bildschirmen durch *Aliasing* besonders gestört werden. Für flächenhafte Elemente wird weiters die Ausführung ohne Kontur nahe gelegt, weil kontrastreiche Konturlinien einen deutlichen Treppeneffekt zeigen.

Für die Darstellung punkthafter Elemente empfehlen die genannten Autoren, an Stelle von runden Signaturen, rechteckige Symbole in ausreichender Größe, die genau in die Bildpunktmatrix eingepasst sind.

<sup>12</sup> siehe z. B.: [www.wpdfd.com/wpdtipo3a.htm](http://www.wpdfd.com/wpdtipo3a.htm)

Die bisher genannten Einschränkungen müssen mit einer inhaltlichen Reduzierung einhergehen, welche aber laut *Neudeck & Brunner (2001)* durch Interaktivität kompensiert werden kann.

### **3.2.2. Gestaltung hinsichtlich der Nutzungssituation**

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Anpassung der Kartengestaltung an die Situation der Fußgängernavigation. Laut *Zipf (2003)* bezeichnet man Systeme, die ihre Ausgabe dynamisch auf Grund des aktuellen Kontextes verändern als *kontext-adaptiv*. Der aktuelle Kontext ist dabei von einer Reihe von Parametern bestimmt, z. B. aktuelle Position des Nutzers, Aufgabe die mit der Karte gelöst werden soll, Zeit, Typ der Fortbewegung, persönliche Situation des Nutzers und aktuelle Netzbandbreite.

Für Navigationskarten sind laut *Zipf (2003)* besonders Verkehrswege und Landmarks wichtig, während andere Objekte stark vereinfacht dargestellt werden dürfen. Dies kann bis hin zu stark schematischen Karten (ähnlich U-Bahn-Plänen) gehen. Es kann auch sinnvoll sein auf kartenverwandte Darstellungen überzugehen.

*Radoczky (2003)* führte Tests (n = 22) zu kartographischen Unterstützungsmöglichkeiten von Routenpräsentationen durch, die hier relevanten Ergebnisse seien im Folgenden zusammengefasst.

- 86% der Befragten bevorzugten eine egozentrische Ausrichtung der Karte, d. h. eine automatische Drehung der Karte in Gehrichtung.
- 77% (bei den weiblichen Testpersonen sogar 91%) bevorzugten ein automatisches *Scrollen* des Bildschirmausschnittes in Bezug auf ihre aktuelle Position
- Fast alle Personen fanden die Einblendung einer Übersichtskarte mit Darstellung der gesamten Route sinnvoll.
- Im *Indoor*-Bereich war die grundrissliche Darstellung bei Männern die mit Abstand beliebteste Umsetzung (verglichen mit Vogelperspektive und Animation). Bei den Frauen zeigte sich »eine sehr ausgewogene Beurteilung der einzelnen Möglichkeiten«

Ein besonderer Bestandteil der Kartendarstellung für ein Navigationssystem ist, verglichen mit anderen Bildschirmkarten, die graphische Umsetzung der Route bzw. der Routenanweisung sowie die Darstellung der momentanen Position. Literatur zu diesem Thema konnte nicht gefunden werden, nach Ansicht des Autors sind folgende Umsetzungen möglich: eine Pfeildarstellung für die nächste Abbiegeanweisung mit oder ohne Anzeige der momentanen Position, eine Pfeildarstellung an der momentanen Position oder eine Visualisierung der gesamten Route mit oder ohne Anzeige der momentanen Position.

Die Art der Darstellung kann von der momentanen Genauigkeit der Positionierung abhängig gemacht werden (vgl. *Butz et al. 2001*).

Weiters muss in einer Karte zur Navigation das Ziel eingetragen sein. Nach *Elias & Sester (2002)* bestehen zur Hervorhebung (z. B. eines Gebäudes) folgende Möglichkeiten: Markierung mit einem Pfeil, Darstellung in einer anderen Farbe als bei den Hintergrundobjekten, Vergrößern des Zielobjekts bzw. Verkleinern der Hintergrundobjekte, Vereinfachung der Form der Hintergrundobjekte ohne Vereinfachung des Zielobjekts, Zusammenfassung der Hintergrundobjekte und Separation des Zielobjekts.

### **3.2.3. Gestaltung hinsichtlich des Nutzers**

»Für Navigationskarten gelten andere Anforderungen als für topographische Übersichtskarten. Fahrradfahrer brauchen andere Informationen als Busfahrer, Fußgänger andere als Autofahrer.« (*Zipf 2003*) Hier zeigt sich der enge Zusammenhang der Anpassung an den Nutzer und der Anpassung an die Situation: Der Fußgänger als Benutzer erfordert eine benutzerangepasste Visualisierung, da er eine an den Kontext des Fußgängers angepasste Visualisierung benötigt. Einige Faktoren sind jedoch von der Situation ziemlich unabhängig und beruhen vielmehr auf den persönlichen Vorlieben und Eigenschaften des Nutzers. Nach *Zipf (2003)* wären dies: Kultur, Interessen, Behinderungen, Alter, Bildung, kognitive Fähigkeiten, Müdigkeit, Vertrautheit mit Region und Geschwindigkeit. Wie sich all diese Größen genau auf die Art der bevorzugten Karten auswirken wurde noch nicht ausreichend untersucht (*Zipf 2003*).

Hinsichtlich des Kulturkreises gibt es unterschiedliche Geschmäcker: So sollen laut *Zipf (2003)* Asiaten verspielte Formen und leuchtende Farben bevor-

zugen, während Europäer eher seriöse und kühle Gestaltung wünschen. Bei japanischen Autonavigationssystemen ist auf Grund von Kundenwünschen schon seit Jahren eine dreidimensionale Ansicht der Fahrtroute implementiert, weshalb Navigationssysteme in europäischen Fahrzeugen nicht akzeptiert werden und angepasst werden müssen (*Kurier vom 24. 6. 2005*).

Ein oft diskutierter Punkt ist der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Kartennutzern. *Geary et al. (2000)* führten eine Untersuchung an 236 Personen durch, bei der unter anderem das räumliche Vorstellungsvermögen getestet wurde, indem von den Testpersonen komplexe dreidimensionale Objekte nach einer Drehung korrekt zugeordnet werden mussten. Dabei schnitten die männlichen Testpersonen im Mittel signifikant besser ab als die weiblichen. Gleichzeitig wurde auch der IQ (Intelligenzquotient) ermittelt. Es zeigte sich, dass die räumlichen Fähigkeiten bei den Männern unabhängig vom IQ waren, bei den Frauen jedoch stark damit korreliert waren, d. h., dass bei weiblichen Probanden mit überdurchschnittlicher räumlicher Vorstellungskraft auch die Intelligenz überdurchschnittlich war. Die Autoren schließen daraus, dass räumliche Fähigkeiten bei Männern angeboren, bei Frauen hingegen erlernt sind. Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Untersuchung von *Quaiser-Pohl, Lehmann & Schirra (2001)*. Auch hinsichtlich der Art der Routenfindung gibt es Unterschiede: Frauen verlassen sich auf Landmarks, während Männer eine mentale Karte entwickeln und durch fehlende Landmarks kaum irritiert werden können (*Sandstrom, Kaufman & Huettel 1998*).

Körperliche Einschränkungen können ebenfalls zu besonderen Bedürfnissen bei der Kartengestaltung führen. Dies betrifft nicht nur Nutzer mit Behinderung (blind, taub, gelähmt ...), sondern auch ältere Menschen. Bei Behinderten sind Anpassungen bei den Ein- oder Ausgabemedien notwendig (abtastbare Karten, Vibrationen als Informationen, Spracheingabe ..., siehe z.B. *Pressl 2003*), bei Senioren kommen zum physiologischen Aspekt noch der kognitive und psychische Aspekt hinzu. Die Berücksichtigung der älteren Erwachsenen scheint besonders wichtig, da diese Benutzergruppe sehr stark wächst, besonders in Euro-

pa: hier wird im Jahr 2050 voraussichtlich ein Drittel der Bevölkerung älter als 60 Jahre sein.<sup>13</sup>

Die Anpassung des kartographischen Produkts an die Bedürfnisse des Nutzers kann auf verschiedene Arten erfolgen. Manche Autoren führen eine Einteilung in Nutzergruppen durch, für die dann jeweils passende Systeme geschaffen werden (*Zipf 2003*), andere empfehlen lernfähige Systeme, die allmählich die Vorlieben des Nutzers herausfinden und daraufhin die Visualisierung anpassen.

### 3.3. Auditive Sprachanweisung

#### 3.3.1. Elemente von sprachlichen Anweisungen

Nach einer Studie von *Allen (1997)* können bis zu 90% des Inhalts von Routenbeschreibungen durch Testpersonen mit Hilfe des *CORK frameworks (Communication of Route Knowledge, vgl. Allen 1997 und Allen 2000)* klassifiziert werden. Demnach bestehen verbale Routenbeschreibungen aus folgenden Bestandteilen (durch den Diplomanden übersetzt):

- *Umweltmerkmale*: Namen, die sich auf künstliche und natürliche Objekte entlang des Weges beziehen. Dies sind meist:
  - *Landmarks*: Umweltmerkmale, die in irgendeiner Weise als Referenz dienen können.
  - »*Pathways*«: Namen, die den Fortbewegungsort beschreiben, z. B. Straße, Gehsteig, Pfad ...
  - *Entscheidungspunkte*: Namen, die sich auf einen Ort beziehen, an dem der Nutzer eine Wahlmöglichkeit hat, meist Kreuzungen. An diesen Orten besteht die Gefahr von Fehlern.
- *Einschränkungen*: präzisieren Aussagen oder helfen bei der Unterscheidung von Objekten:
  - *Entfernungsangaben*: präzisieren den Raum zwischen Umweltmerkmalen und können in verschiedenen Einheiten vorkommen: Meter,

---

<sup>13</sup> Sozial-Agenda der Europäischen Kommission, Nr. 3, Oktober 2002, Amt für amtliche Veröffentlichungen der europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, S. 19.

Häuserblöcke, Minuten ... oder auch in Form vager Aussagen (z. B. »nicht weit von hier«).

· *Richtungsangaben*: geben räumliche Relationen an, in einem egozentrischen (z. B. links, rechts), objektbasierten (z. B. »in Richtung der Fabrik«) oder abstrakten (z. B. Kardinalrichtungen) System.

· *Relationen*: Präpositionen, die die Relationen zwischen Nutzer und Umweltmerkmalen oder zwischen verschiedenen Umweltmerkmalen beschreiben. Hier ist wieder (wie in 3.1) die Unterscheidung in anweisend (z. B. »in Richtung«, »weg von«, »zwischen« ...) und beschreibend (z. B. »vor«, »hinter«, »neben«, »gegenüber« ...) möglich.

· *Adjektive*: helfen bei der Unterscheidung ähnlicher Umweltmerkmale, z. B. durch Farbe.

• *Verben der Bewegung*: können ihrer Bedeutung nach auf *gehen* oder *drehen* zurückgeführt werden und stellen eine Anweisung an den *User* dar.

• *»state-of-being« Verben*: können ihrer Bedeutung nach auf *sein* zurückgeführt werden und dienen der Beschreibung, z. B. »vor dem Eingang steht ein Brunnen«.

### 3.3.2. Gestaltung von sprachlichen Anweisungen

#### 3.3.2.1. Inhaltliche Gestaltung

Die soeben geschilderten Elemente einer Routenbeschreibung finden sich sowohl bei geschriebenem als auch gesprochenem Text. Da sich diese Arbeit mit auditiven Sprachanweisungen beschäftigt, sei nun im Folgenden speziell auf deren Gestaltung eingegangen.

*Lovelace, Hegarty & Montello (1999)*: »The issue of how to [...] produce 'good' route directions is of great importance for many practical applications [...] as well as of theoretical interest.« Die Autoren stellen fest, dass es noch keine allgemein akzeptierten Richtlinien zur Gestaltung »guter« Routenanweisungen gibt, es werden aber einige Ansätze zusammengefasst.<sup>14</sup> Demnach sollen die An-

---

<sup>14</sup> Hier nicht anwendbare Empfehlungen wurden weggelassen, so ist z. B. die Ansage »Sie sind zu weit gegangen, wenn Sie die Kirche sehen« bei einem System mit Sensorik nicht notwendig, da die Route in so einem Fall neu berechnet werden kann.

weisungen den Empfänger auf einen herannahenden Entscheidungspunkt vorbereiten und ihn informieren, was an diesem Entscheidungspunkt zu tun ist. Die Anweisungen sollen dabei besser Landmarks als Straßennamen benutzen, die Entfernungen zwischen den Entscheidungspunkten angeben und linear aufgebaut sein, d. h. die Beschreibungen und Anweisungen sollen in der selben Reihenfolge ausgegeben werden, in der sie in der Natur vorkommen, zur Gliederung sollen Worte wie »danach« verwendet werden. Weiters wird empfohlen, einen geringen Anteil redundanter Informationen zu kommunizieren. Besonders dieser letzte Punkt steht teilweise im Widerspruch zu folgender Meinung, bei der möglichst kurze Statements gefordert werden.

Laut *Kray et al. (2003)* und *Buziek (1999)* ist ein Problem der auditiven Sprachausgabe die Fähigkeit des Nutzers, sich das Gehörte zu merken bzw. vollständig zu erfassen. Dieses Problem wird umso größer, je länger die Ansage dauert, weshalb einerseits die gesprochenen Statements möglichst kurz sein sollten und andererseits immer eine Möglichkeit zu ihrer Wiederholung vorzusehen ist. *Kray et al. (2003)* schlagen vor, überhaupt nur eine Abbiegeanweisung genau zum richtigen Zeitpunkt zu geben bzw., wenn dies nicht möglich ist, die Abbiegeanweisung mit einer Weginformation zu kombinieren, um eine möglichst kurze Ansage zu erhalten (z. B. »rechts abbiegen in die Hauptstraße«). Auch wird erwähnt, dass die notwendige Länge von der Kenntnis der Gegend durch den Nutzer abhängig ist: in einer sehr vertrauten Umgebung kann die Anweisung sehr knapp sein, in einer unbekannteren wird mehr Zusatzinformation gebraucht.

In *Buziek (1999)* finden sich dazu auch folgende interessante Zahlen: Es dauert 1,5 Sekunden, bis eine verbal codierte Information, die gehört wird verstanden wird. Im Vergleich dazu ist der Mensch über den visuellen Kanal leistungsfähiger, es können innerhalb von 0,2 Sekunden bis zu 17 Informationseinheiten bearbeitet werden.

### 3.3.2.2. Technische Umsetzung

Die künstliche Erzeugung von menschlicher Stimme – die Sprachsynthese – kennt verschiedene Verfahren<sup>15</sup> (vgl. *Lemmetty 1999*). Alle haben das Ziel, der natürlichen Sprache möglichst nahe zu kommen.

Die am einfachsten zu implementierende und auch am natürlichsten klingende Methode ist derzeit das Abspielen von relativ langen Aufzeichnungen einer echten menschlichen Stimme, z. B. Worten oder Satzteilen. Ein solches System muss für ein bestimmtes Anwendungsgebiet entwickelt werden und kann dann auch nur auf diesem verwendet werden, da das Vokabular und die möglichen zu erstellenden Sätze beschränkt sind. Weiters steigt der benötigte Speicherplatz für die aufgezeichneten Sprachsequenzen mit der Komplexität des Systems. Für ein Fußgängernavigationssystem kann dies verwendet werden, wenn keine Ansage von Straßennamen gewünscht wird. (Es müsste jeder Straßename von einem Sprecher gesprochen und im Navigationssystem hinterlegt werden.) Diese Technologie wird bei vielen Autonavigationssystemen benutzt. Eine Ansage könnte wie folgt zusammengestellt sein: »Biegen Sie«, »an der nächsten Kreuzung«, »rechts«, »ab.« Oder: »Ihr Ziel ist das«, »dritte«, »Haus«, »rechts.«, »Es hat die Hausnummer«, »acht«, »und«, »dreißig.«

Es sind aber auch Systeme im Einsatz, bei denen die Stimme vollkommen »künstlich« ist. Es wird dabei versucht, dem Klang menschlicher Stimme nahe zu kommen, indem die physikalische Wellenform von echter Sprache imitiert wird (Formantsynthese). Derart erzeugte Sprache ist sofort als künstlich zu erkennen, kann jedoch nach einer Eingewöhnungsphase gut verstanden werden.

Ein Mittelding zwischen den beiden genannten Systemen arbeitet ebenfalls mit aufgezeichneter echter Stimme, diese wird jedoch in ihre Einzelteile, die Phoneme, zerlegt, welche anschließend verändert und in anderer Reihenfolge wieder abgespielt werden können (engl. *Concatenative synthesis*). Diese Verfahren sind der natürlichen Stimme schon sehr nahe und können oft nicht sofort als künstlich erkannt werden.

---

<sup>15</sup> Eine umfassende Zusammenstellung verschiedener Sprachsynthesefirmen und -einrichtungen findet sich unter <http://ttssamples.syntheticspeech.de/deutsch> (19. 7. 2005).

Die beiden zuletzt genannten Synthesarten können beliebigen Text, also auch Namen, erzeugen. Ihr Einsatz in Navigationssystemen erlaubt auch das Vorlesen von Straßennamen oder anderen Datenbankeinträgen.

## 4. EMPIRISCHER VERSUCH

### 4.1. Versuchsdesign

#### 4.1.1. Allgemeine Überlegungen und Ziel des Versuchs

Mit Hilfe der durchgeführten Versuche mit Testpersonen auf Testrouten sollten die zu Beginn der Arbeit gestellten Thesen (Kapitel 1.1) überprüft werden. Dabei wurden verschiedene Methoden gewählt um Erkenntnisse zu erlangen: Bezüglich der *objektiven Sicherheit* wurden während des Versuchs Messungen und Zählungen vorgenommen, während die *subjektive Sicherheit* und die *Nutzerakzeptanz* durch eine Befragung der Testpersonen nach der Begehung beleuchtet wurde. Das *kognitive Bild* des Nutzers von der Umwelt wurde mit *Sketch Maps*<sup>16</sup> zu ergründen versucht.

Da die Fragestellung sowohl für *Outdoor*- als auch *Indoor*-Anwendungen beantwortet werden sollte, wurden die Testrouten sowohl im Freien als auch in einem Gebäude gewählt (Testrouten siehe Abschnitt 4.1.2). Um die beiden Präsentationsformen Kartengraphik und Sprachausgabe vergleichen zu können, wurden für alle Routen beide Präsentationsformen erstellt (Abschnitte 4.1.4 und 4.1.5). Um nicht nur die Ergebnisse verschiedener Personen, sondern auch jene einer Person miteinander vergleichen zu können, ergab sich die Anzahl von je zwei *Indoor*- und *Outdoor*-Routen.

Die verwendeten Navigationssysteme waren lediglich auf den ausgewählten Testrouten funktionsfähig, bei eventuellen Fehlern der Testperson war unter Umständen ein Eingreifen des Diplomanden notwendig (technische Umsetzung siehe Abschnitt 4.1.3).

In Kapitel 3 wurde gezeigt, dass für Fußgängernavigation besonders Landmarks wichtig sind. Um die zwei Routen einer Testperson miteinander vergleichen zu können, wurde jedoch bei den *Outdoor*-Routen auf Landmarks verzichtet, da die Häufigkeit und Art auf den beiden Routen sehr unterschiedlich gewesen wäre. Da diese »Verschlechterung« jedoch bei beiden Präsentations-

---

<sup>16</sup> Zu Deutsch auch Planskizzen (z. B. bei Lynch 1960).

formen in Kauf genommen wurde, sollte das Ergebnis des Vergleichs dadurch nicht verfälscht worden sein.

#### 4.1.2. Testrouten

##### 4.1.2.1. Outdoor

Die beiden Routen im vierten Wiener Gemeindebezirk wurden so gewählt, dass die erste in der Nähe einer U-Bahnstation begann und die zweite nahe dem Gebäude für den *Indoor*-Test endete. Das Ende der ersten Route war zugleich der Beginn der zweiten. Beide Strecken waren etwa 650 m lang und die Szenerie betreffend vergleichbar: jeweils nur kleine Nebengassen mit einer Querung der Wiedner Hauptstraße (breitere Straße mit Straßenbahn), jeweils 7 Entscheidungspunkte (Abbildung 7).

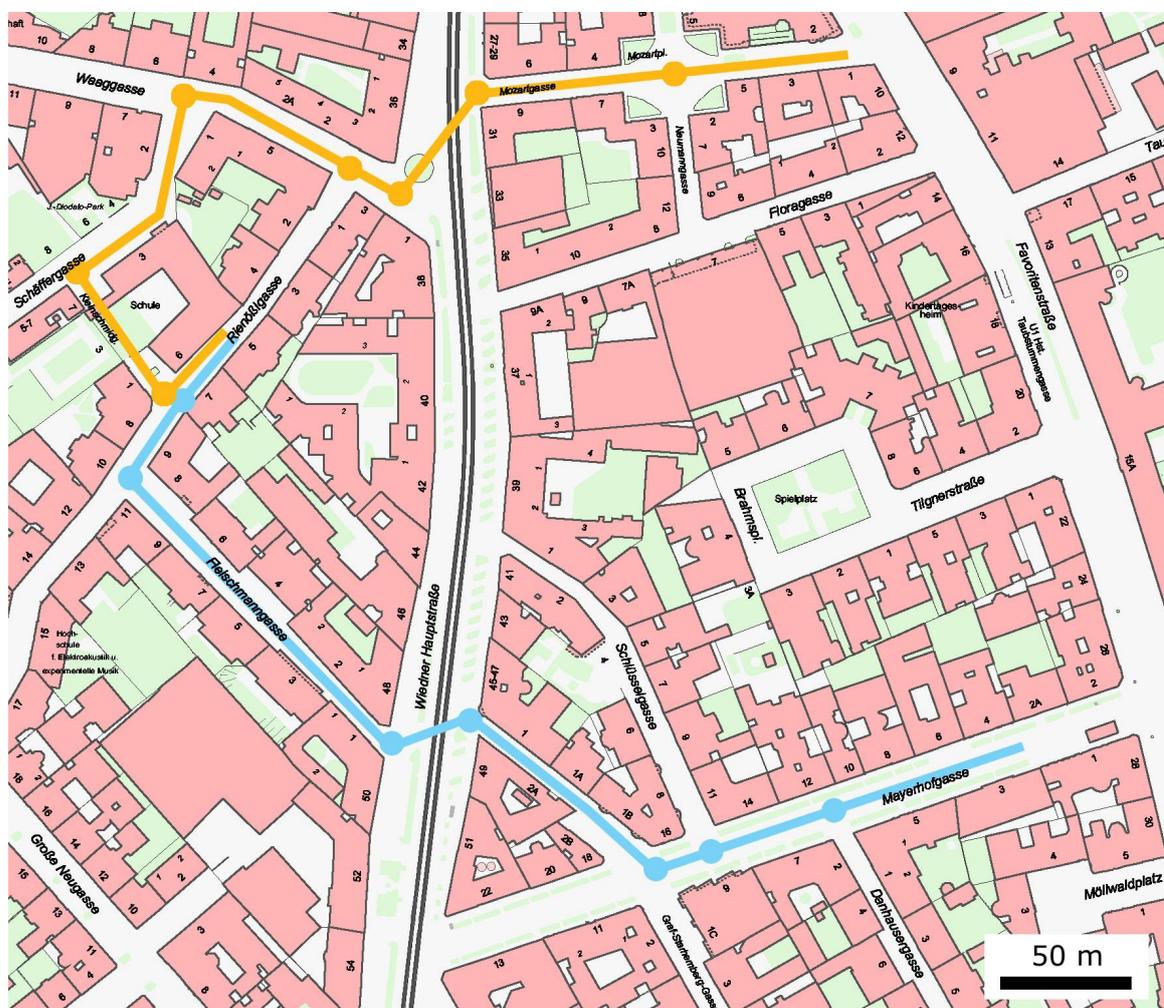


Abbildung 7: *Outdoor*-Routen, genordet, blau: Route 1, orange: Route 2, Entscheidungspunkte sind als Punkte dargestellt.

#### 4.1.2.2. Indoor

Die *Indoor*-Tests fanden im *Neuen Elektrotechnischen Institutsgebäude* der TU Wien, Gußhausstraße 27–29, statt. Beide Routen waren circa 270 m lang, es musste jeweils zweimal ein Stiegenhaus benutzt werden, insgesamt waren vier Stockwerke pro Route zu überwinden. Je Route mussten 6 Abbiegeentscheidungen getroffen werden.

#### 4.1.3. Verwendete Geräte und Technologien

Da keine Sensorik zur Verfügung stand (und diese wahrscheinlich noch nicht ausreichend genau gewesen wäre, siehe Abschnitt 2.2.1), wurde die von der Testperson gelesene Kartendarstellung bzw. gehörte Sprachanweisung durch den Diplomanden – in Abhängigkeit der momentanen Position des Probanden – ferngesteuert. Dadurch wurde, gegenüber einem selbständigen Weiterschalten durch den Nutzer, ein höherer Realitätsgrad erzielt. Der Diplomand ging auf allen Testrouten hinter der Versuchsperson (siehe Beschreibung des Versuchsaufbaues in Abschnitt 4.2.2).

Die Anzeige der Kartengraphik erfolgte auf einem *Compaq iPaq Pocket PC H3970*, die Anzeige wurde von einem *Hewlett Packard Tablet PC tc1100* via *Bluetooth* ferngesteuert. Dazu wurden das Programm *Remote Display Control for Windows CE*, Version 2.03 benutzt. Im Falle der auditiven Sprachausgabe trug die Testperson ein *Headset* an einem Ohr (*Bluetake GII*), welches die entsprechenden Ansagen direkt vom *Tablet PC* via *Bluetooth* erhielt. Alle verwendeten Geräte sind in Abbildung 8 zu sehen.



Abbildung 8: links: *Tablet PC*, Mitte: *Pocket PC*, rechts: *Headset* (Größenverhältnisse falsch).

#### 4.1.4. Umsetzung der Präsentationsform Karte

##### 4.1.4.1. Outdoor

Für das beschriebene Testgebiet wurde vom Magistrat der Stadt Wien (Magistratsabteilung 41 – Stadtvermessung) die Flächenmehrzweckkarte im Rasterformat zur Verfügung gestellt. Diese Karte ist für den Druck im Maßstab 1 : 2500 optimiert. Ihre direkte Darstellung auf dem PDA wäre nicht sinnvoll gewesen, da entweder die Details nicht erkennbar gewesen wären oder der Maßstab unangebracht groß geworden wäre. Um die perzeptive Wahrnehmbarkeit sicherzustellen, hätte das Bild so stark vergrößert werden müssen, dass auf dem Display nur noch sehr wenig Raum sichtbar gewesen wäre (siehe auch Abschnitt 3.2.1). Aus diesem Grund wurde die Karte lediglich als Vorlage zum Digitalisieren verwendet. In der tatsächlich angezeigten Kartengraphik waren folgende Elemente enthalten: Gebäude (rote Fläche, schwarze Kontur), Straßennamen (schwarz), Grünflächen (grün) und Straßenbahngleise (schwarz). Für Hausnummern wäre noch Platz gewesen, es wurde darauf aber absichtlich verzichtet, um die Aufgabe für die Testpersonen schwieriger zu machen bzw. um auch falsche Ziele zu erhalten. (Es hätte wahrscheinlich kein Proband ein Ziel akzeptiert, bei dem die Hausnummer nicht mit dem Plan übereinstimmte.) Bei einer dargestellten Kartenbreite von 110 m ergab sich auf dem PDA-Display ein tatsächlicher Maßstab von etwa 1 : 1900, bei einer Auflösung von circa 105 dpi.

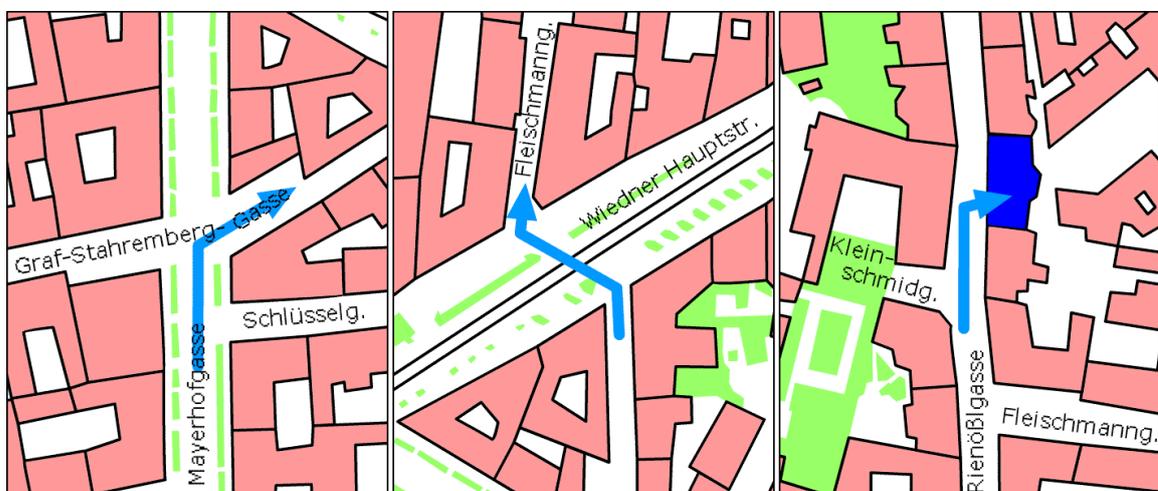


Abbildung 9: Beispiele der Kartendarstellung für die *Outdoor*-Routen (verkleinert).

Die Routeninformation wurde mittels eines blauen Pfeils im Straßenraum dargestellt, welcher die nächstfolgende Abbiegeentscheidung bzw. beim Fehlen einer solchen (im momentanen Ausschnitt), das Geradeausgehen nahe legte. Die momentane Position wurde nicht angezeigt. Das Zielgebäude war durch blaue Flächenfüllung hervorgehoben. Drei Beispiele von PDA-Anzeigen sind in Abbildung 9 zu sehen.

Bei der Umsetzung der Präsentationsform Karte flossen die Erkenntnisse aus Kapitel 3.2 ein. Deshalb waren die am *Handheld* angezeigten Karten nicht genordet sondern in Gehrichtung ausgerichtet; die nacheinander liegenden Kartenausschnitte wurden durch eine Animation weitergedreht. Während dieser Bewegung wurden die Straßennamen und der Richtungspfeil ausgeblendet und im nächsten Ausschnitt wieder optimal platziert, wodurch alle Straßennamen immer vollständig sichtbar waren. Für beide *Outdoor*-Routen waren jeweils acht Kartenausschnitte notwendig.

Die Kartengraphiken wurden in *Macromedia FreeHand MX* digitalisiert und anschließend in *Macromedia Flash MX* zu einer Animation verbunden. Deren Steuerung erfolgte über versteckte Schaltflächen im unteren Bildschirmbereich. Für die eingesetzte Schrift wurde die in Flash eingebettete *Antialiasing*-Funktion verwendet, Linien werden in Flash ebenfalls einem *Antialiasing* unterzogen. Die erzeugte Datei konnte am *Pocket PC* mit Hilfe des *Flash Player 6* und *FlashAssist*<sup>17</sup> 1.3 über das gesamte Display (240 x 320 Pixels) angezeigt werden.

#### **4.1.4.2. Indoor**

Für das Gebäude, in dem die *Indoor*-Tests stattfanden wurden vom Liegenschaftsmanagement der TU Wien CAD-Pläne (*Computer Aided Design*) zur Verfügung gestellt. Diese wurden stark vereinfacht, die daraus abgeleiteten Pläne enthielten folgende Elemente: Wände (schwarz), Türen, Fenster, Stiegen, Waschbecken, Toiletten und Fahrstühle (alle rot). Der tatsächliche Maßstab der Gebäudepläne am PDA-Display lag bei rund 1 : 330.

Die Route wurde durchgehend mittels einer blauen Pfeillinie visualisiert. Der Zielraum wurde durch eine blaue Flächenfüllung hervorgehoben. Aus demselben Grund wie bei der *Outdoor*-Visualisierung wurde auf die Angabe von

---

<sup>17</sup> by *Ant Mobile Software*, [www.antmobile.com](http://www.antmobile.com) (9. 8. 2005)

Zimmernummern verzichtet. Die notwendige Überwindung von Stockwerken wurde der Testperson mit einer einfachen Stiegengraphik, der Anzahl der Stockwerke und der Richtung (hinauf, hinunter) mitgeteilt (Abbildung 10 links). Je *Indoor*-Route waren 13 bzw. 14 Kartengraphiken und je zwei Darstellungen für Stockwerkswechsel notwendig.

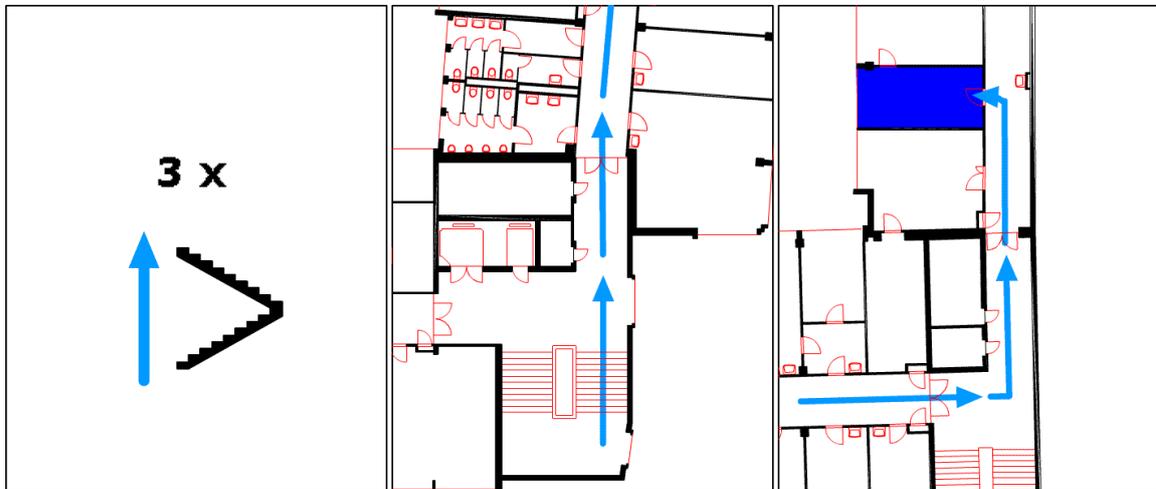


Abbildung 10: links: Anweisung zum Wechsel des Stockwerks, Mitte und rechts: Beispiele der Kartendarstellung für die *Indoor*-Routen; (verkleinert).

Bei der *Indoor*-Anwendung wurde der Kartenausschnitt ebenfalls immer in Gehrichtung gedreht, die Animation dauerte dabei aber kürzer als im Freien, da durch den größeren Maßstab die einzelnen Kartenausschnitte kürzer angezeigt wurden. Während der Drehung blieb die Routendarstellung sichtbar.

Die Bearbeitung der CAD-Pläne erfolgte in *Autodesk AutoCAD 2000*, nach dem Import in *FreeHand* war die Vorgangsweise gleich jener für die *Outdoor*-Visualisierungen.

#### 4.1.5. Umsetzung der Präsentationsform Sprache

Um die Inhalte der beiden Präsentationsformen Karte und Sprache möglichst anzugleichen, wurde ein Sprachsyntheseverfahren gewählt, das auch Straßennamen »aussprechen« kann. Es wäre zwar auch möglich gewesen, die wenigen für den Versuch benötigten Ansagen von einer echten menschlichen Stimme sprechen zu lassen, was jedoch weniger realistisch gewesen wäre, da selbes für eine ganze Stadt durchzuführen unpraktikabel wäre. Die Ansagen für *Outdoor* und

*Indoor* wurden mit der künstlichen deutschen Frauenstimme »Klara« von *AT&T Natural Voices*<sup>18</sup> erzeugt.

Bei der Gestaltung der Sätze wurden die Grundsätze aus Kapitel 3.3 berücksichtigt. Die geforderte Kürze der auditiven Anweisungen wurde dadurch erreicht, dass nur die jeweils erste Ansage pro Route ein vollständiger deutscher Satz war, während alle darauf folgenden Statements nur die notwendigen Informationen ohne Füllworte beinhaltete. So war die erste Ansage der *Outdoor*-Route 2: »Biegen Sie an der nächsten Kreuzung rechts ab in die Kleinschmidgasse«, während die folgende nur noch »Nächste rechts in die Schäffergasse« lautete. Wenn in einer Ansage zwei Anweisungen gegeben wurden, so wurden sie durch ein »danach« getrennt. War zwischen zwei Anweisungen genügend Zeit, so wurde auf den nächsten Entscheidungspunkt vorbereitet, z. B.: »Demnächst rechts«. Während *Outdoor* – wie bereits erläutert – keine Landmarks verwendet wurden, können im Gebäude »Glastüren« und »Stiegenhäuser« als solche verstanden werden. Wie auch in der Karte wurde bei den auditiven Anweisungen auf Haus- bzw. Raumnummern verzichtet. Der Text aller erzeugten Sprachdateien kann Anhang A entnommen werden.

#### **4.1.6. Sketch Maps**

Anschließend an die Begehung der Testrouten sollte herausgefunden werden, wie sich die kognitiven Bilder der Testperson von ihrer Umgebung verändern, wenn eine andere Präsentationsform eingesetzt wird. Um Informationen über diese mentale Karte zu erhalten wurden die Probanden gebeten, *Sketch Maps* (Plan-skizzen) von der kurz zuvor begangenen Route zu zeichnen. Dies wurde jedoch nur für die *Outdoor*-Routen gemacht, da das Zeichnen der *Indoor*-Routen ungleich komplizierter gewesen wäre.

*Schlaisich (1998)* kommt zum Schluss, dass *Sketch Maps* zu diesem Zwecke eingesetzt werden können und ein zuverlässiges Mittel sind, um Informationen darüber zu sammeln, wie Menschen den Raum wahrnehmen. *Billinghurst & Weghorst (1995)* geben allerdings zu Bedenken, dass *Sketch Maps* nicht überbewertet bzw. zu detailliert ausgewertet werden sollten, da damit teilweise nicht nur das räumliche Verständnis gemessen wird sondern auch Parameter wie die

---

<sup>18</sup> [www.naturalvoices.att.com/demos](http://www.naturalvoices.att.com/demos) (10. 8. 2005)

Zeichen- oder Merkfähigkeiten. *Kuipers (1982)* ist in diesem Zusammenhang der Meinung, dass die »Karte im Kopf« sehr viel komplexer ist als eine zweidimensionale Karte, weshalb durch die beim Zeichnen durchgeführte Übersetzung nicht exakt die interne (im Kopf) Beschreibung der Umgebung wiedergegeben wird. Nach *Lynch (1960)* sind *Sketch Maps* hinsichtlich einer Auswertung bezüglich der Topologie genauer als bezüglich der Metrik. Auch *Billinghurst & Weghorst (1995)* empfehlen die Analyse auf die Topologie zu konzentrieren, was aber kein Problem darstellt, denn »Topological knowledge is generally more important than metric knowledge for effective navigation.«

Die Probanden bekamen einen *Sketch-Map*-Bogen (siehe Anhang B) vorgelegt und wurden gebeten, die abgegangenen *Outdoor*-Routen so genau und vollständig wie möglich darauf zu skizzieren. Es wurden keinerlei Richtlinien vorgegeben, es wurde lediglich gebeten, möglichst auch alle gemerkten Straßennamen einzutragen. Damit sich die Testperson die richtige Route ins Gedächtnis rufen konnte, wurde der Start und die Präsentationsform kurz beschrieben (»Es geht um die erste Route mit Karte/Sprache, die beim Treffpunkt, der U-Bahnstation, begann.« bzw. »Es geht um die zweite Route mit Sprache/Karte, die beim Ziel der ersten Route begann.«). Darüber hinaus wurde keine Hilfestellung geleistet. Wenn der Zeichner angab fertig zu sein, wurde erneut gefragt, ob er sich noch an irgendetwas erinnern kann. Bei unklaren oder unleserlichen Zeichnungen wurde nachgefragt.

#### **4.1.7. Fragebogengestaltung**

Nach dem Zeichnen der *Sketch Maps* sollte bei einem Interview an Hand eines Fragebogens der persönliche Favorit der Testperson ermittelt werden. Bei der inhaltlichen Gestaltung des Fragebogens wurden die Ratschläge von *Stier (1996)* befolgt. Es wurde eine *standardisierte* Befragung mit *offenen* und *geschlossenen* Fragen gewählt, d. h. jeder Befragte bekam dieselben Fragen in derselben Reihenfolge gestellt und zwar sowohl Fragen mit vorgegebenen möglichen Antworten als auch solche mit völliger Freiheit des Befragten. Um etwaige Fehler in der Fragebogengestaltung zu minimieren wurde eine *Pretest* durchgeführt und vor Beginn des Interviews wurde jeder Befragte drauf hingewiesen, dass er jederzeit andere Antworten als die vorgegebenen wählen oder Kommentare abgeben kann.

*Stier (1996)* empfiehlt einfache, kurze und konkrete Formulierungen mit neutraler und an den Befragten angepasster Wortwahl. Die Fragen sollten keinesfalls suggestiv, hypothetisch (z. B. »Angenommen, Sie wären 20 Jahre jünger, würden Sie dann ...«) oder überfordernd sein, doppelte Verneinungen sind zu entfernen. Um objektive Antworten zu erhalten, ist besonders die formale Balanciertheit einzuhalten, d. h. alle Antwortmöglichkeiten sollten in der Frage enthalten sein, statt »Bevorzugen Sie Sprachausgabe?« sollte es z. B. besser »Bevorzugen Sie Sprachausgabe oder Kartendarstellung oder bevorzugen Sie keines von beiden?« heißen.

Bezüglich der Reihenfolge der Fragen werden folgende Empfehlungen gegeben: Zu Beginn kann eine Einleitungsfrage sinnvoll sein, um ein »günstiges Klima« für die Befragung zu schaffen. Diese Frage sollte von allen Testpersonen einfach zu beantworten sein; wenn nötig kann hier auch eine Frage gewählt werden, die gar nicht ausgewertet werden soll. Die Abfrage von statistischen Daten oder unangenehme Fragen, die nicht direkt mit einem Thema der Befragung zu tun haben (z. B. nach dem Bildungsstand oder dem Alter) sollten an das Ende der Befragung gestellt werden. Die Fragen im Hauptteil der Befragung sollten thematisch sortiert sein, ausgenommen Kontrollfragen, welche auch über den Fragebogen verstreut sinnvoll sein können. Kontrollfragen zielen (offensichtlich oder versteckt) auf ein bereits behandeltes Thema ab, um dazu mehr Antworten zu erhalten oder die Zuverlässigkeit zu überprüfen. Zum Einsatz kommen können auch Filterfragen, wodurch je nach gegebener Antwort bestimmte nachfolgende Fragen als nicht zutreffend übersprungen werden können.

Der für diese Diplomarbeit verwendete Fragebogen ist in Anhang B abgebildet. Er wurde nicht von der Testperson sondern vom Interviewer ausgefüllt. Die Fragen wurden teilweise nicht wortwörtlich gestellt sondern weiter ausgeführt, dies jedoch bei jeder Testperson gleich. So wurde z. B. die Frage »Sehen Sie einen Nutzen in einem solchen Fußgängernavigationssystem?« mit folgendem Zusatz erläutert: »im Vergleich zu herkömmlichen Möglichkeiten zur Routenfindung, wie z. B. einem Stadtplan oder dem Fragen von Passanten.« Sofern vorhanden wurden nicht nur die Fragen sondern auch alle Antwortmöglichkeiten vorgelesen. Vom Befragten geäußerte Unklarheiten und Fragen wurden beantwortet, bei sehr kurzen, widersprüchlichen oder unsicheren Antworten wurde

nachgefragt. Alle Antworten und Kommentare der Befragten wurden niedergeschrieben. Nachdem alle Fragen des Fragebogens durchgegangen waren, wurde die Testperson gefragt, ob sie Kommentare zu einem bestimmten Punkt oder im Allgemeinen hätte.

Die ersten beiden Fragen dienten als Einstiegsfragen und hatten nicht direkt etwas mit dem durchgeführten Versuch zu tun. Im nächsten Block wurden Fragen bezüglich der *Outdoor*-Routen gestellt, nämlich ob sich die Testperson bei den beiden Präsentationsformen sicher fühlte, auf dem richtigen Weg zu sein bzw. das richtige Ziel erreicht zu haben. Wenn die Antwort bei beiden Frage »Ja« lautete, wurde gefragt, bei welcher Präsentationsform sich der Proband sicherer fühlte. Im darauf folgenden Block wurden dieselben Fragen für die *Indoor*-Routen gestellt. Im vierten Block wurden allgemeinere Fragen gestellt. Zuerst wurde gefragt, welche Präsentationsform bevorzugt wird, danach folgte nach dem »Warum« die erste offene Fragestellung, d. h. es gab keine vorgegebenen Antwortmöglichkeiten. In den folgenden beiden Punkten wurde die Testperson gefragt, ob sie sich vorstellen könnten, ein solches System tatsächlich zu kaufen oder zu benutzen und ob sie darin einen Nutzen sehen. Die letzte Frage war der ersten offenen Frage sehr ähnlich und diente dazu, noch mehr Vor- und Nachteile der beiden Präsentationsformen herauszufinden. Im letzten Fragenblock wurden Geschlecht, Alter und Bildungsstand des Probanden abgefragt, wobei die letzte Größe der Auswertung nicht zugeführt wurde, da die relativ kleine Stichprobe in diesem Punkt keineswegs repräsentativ war.

## **4.2. Durchführung des Versuchs**

### **4.2.1. Testpersonen und -zeitraum**

Vor Beginn der Tests wurde die Anzahl der Teilnehmer auf 30 festgesetzt, da diese Zahl bei vielen statistischen Auswerteverfahren als Untergrenze angesehen wird. Bezüglich der Auswahl der Testpersonen wurden keine speziellen Merkmale festgelegt, es sollten lediglich die Geschlechter ähnlich verteilt sein und die Testpersonen sollten keine Behinderungen hinsichtlich Sehen und Hören haben sowie Deutsch sprechen und verstehen. Weiters sollten keine Studienkollegen aus der Geodäsie teilnehmen, da sie einerseits mit den Testörtlichkeiten besser

vertraut sind und sich andererseits bereits relativ stark mit dem Gebiet der Navigation beschäftigt haben. Im Zug der Durchführung der Tests stellte sich jedoch die Akquirierung von genügend Testpersonen als schwierig heraus, weshalb letztlich doch einige Studenten der Geodäsie miteinbezogen wurden. Gerechtfertigt wird dies dadurch, dass der Vergleich der beiden Präsentationsformen durch die Vorteile der Vermessungsstudenten nicht beeinflusst werden sollte, da diese sowohl bei der Kartendarstellung als auch der Sprachausgabe bestehen. (Der Geodät ist zwar möglicherweise schneller oder sicherer unterwegs, da er die Umgebung kennt, was jedoch bei beiden Präsentationsformen der Fall sein sollte.) Bei Punkten mit signifikant anderen Ergebnissen der Geodäten und Nichtgeodäten wird bei der Auswertung darauf hingewiesen.

An den Versuchen nahmen insgesamt 31 Personen teil, davon waren 8 Studierende des Vermessungswesens. 19 Frauen standen 12 Männer gegenüber; diese unterschiedlichen Gruppenmächtigkeiten seien bei Auswertungen hinsichtlich des Geschlechts beachtet! Die älteste Versuchsperson war 57 Jahre alt, die jüngste 20, der Mittelwert betrug 33 Jahre.

Die Testroutenbegehungen fanden zwischen 3. Mai 2005 und 22. Juni 2005 statt. Mit dem ersten Probanden wurde ein *Pretest* durchgeführt, danach wurden minimale Anpassungen am Versuchsdesign vorgenommen.

Die Testpersonen erhielten keine Aufwandsentschädigung.

### **4.2.2. Versuchsablauf**

Vor dem eigentlichen Versuch wurde jeder Testperson der Treffpunkt mitgeteilt (U-Bahnstation U1 Taubstummengasse, Ausgang Mayerhofgasse). Über den eigentlichen Sinn des Versuchs wurde den Probanden nichts gesagt, bei Nachfragen wurde lediglich der Titel der Diplomarbeit genannt.

Vor Beginn der ersten Routenbegehung wurde der Testperson mitgeteilt, dass sie mit Hilfe eines Navigationssystems an ein Ziel finden muss, welches ein Gebäude sei. Sie wurde weiters informiert, dass der Diplomand dem Probanden immer mit einigen Schritten Abstand folgen würde. Weiters wurde um Einhaltung einiger Punkte gebeten:

- Mobiltelefon abschalten oder Rufe nicht beantworten (um eine Ablenkung durch das Gespräch zu verhindern).

- Nicht mit dem Diplomanden reden oder bei ihm nachfragen, außer bei technischen Problemen.
- Zügig gehen, nicht »trödeln«, z. B. nicht in Auslagen schauen.
- Beim Ziel nicht eintreten, sondern davor stehen bleiben und dem Diplomanden mitteilen, dass das Ziel erreicht ist.
- Den Diplomanden nicht beachten, wenn er stehen bleibt, einfach weitergehen.
- Möglichen anderen Testpersonen nichts über den Ablauf erzählen.
- Im Gebäude: die Fahrstühle nicht benutzen.

Im Anschluss daran wurde der Testperson der *Pocket PC* mit der ersten Kartendarstellung bzw. das *Headset* übergeben. Im letzteren Fall wurde noch erklärt, dass jede gehörte Ansage beliebig oft wiederholt werden könne, indem »wiederholen«, »nochmal« oder ähnliches gesagt würde. Weiters wurde die Lautstärke an die Wünsche des Testers angepasst. Die erste getestete Präsentationsform wurde immer abgewechselt (d. h. Person 1 begann mit Karte, Person 2 mit Sprache, Person 3 mit Karte ...).

Dem Probanden wurde in der Natur die Ausgangsrichtung gezeigt und es wurde ihm mitgeteilt, dass er losgehen könne. Sobald er dies tat wurde am *Tablet PC* die Stoppuhrsoftware *XNote Stopwatch 1.40* gestartet. Die benötigte Zeit, eventuelle Fehler oder falsche Ziele und andere außergewöhnliche Vorkommnisse wurden direkt am *Tablet PC* mitprotokolliert (siehe Protokollbogen im Anhang B). Die jeweils nächste Kartendarstellung (bzw. die nächste Sprachanweisung) wurde vom *Tablet PC* aus aufgerufen und zwar immer an annähernd derselben Stelle, unabhängig von der aktuellen Blickrichtung des Testers. Dabei ertönte am *Pocket PC* ein Piepton, welcher dem Diplomanden als Feedback diente, da die Rückmeldung über den Erfolg des ferngesteuerten Weiterschaltens über *Bluetooth* zu lange gedauert hätte. Wenn die Testperson an einem Entscheidungspunkt falsch abbog, wurde die Anzeige nicht weitergeschaltet, wenn die Person nicht selbst den Fehler bemerkte, wurde sie am nächsten Entscheidungspunkt vom Diplomanden darauf hingewiesen und auf den richtigen Weg zurückgeführt. Wenn der Proband angab, das Ziel erreicht zu haben, wurde die Stoppuhr gestoppt, es wurde aber nicht mitgeteilt, ob das richtige Ziel erreicht wurde.

Im Anschluss daran wiederholte sich der Ablauf auf der zweiten *Outdoor*-Route mit der jeweils noch nicht verwendeten Präsentationsform.

Dieselbe Präsentationsform kam auch auf der ersten *Indoor*-Route zum Einsatz, wobei davor darauf hingewiesen wurde, dass das Ziel nun ein Raum sei.

Auf der letzten *Indoor*-Route kam schließlich wieder die Präsentationsform der ersten *Outdoor*-Route zum Einsatz.

Nach der Begehung wurde im Gebäude der *Indoor*-Tests die Befragung durchgeführt, wobei zuerst die *Sketch Maps* zu zeichnen waren und das Interview den Abschluss bildete.

## 5. ERGEBNISSE

### 5.1. Auswertung der gesammelten Daten

Zur Auswertung wurden alle gesammelten Daten in *Microsoft Excel* eingegeben. Bei Antworten zu den offenen Fragen des Interviews wurde ihre Häufigkeit ermittelt, wobei ähnliche Antworten teilweise zusammengefasst wurden (z. B. »Ich bin ein visueller Typ« und »Mir ist sehen lieber als hören«).

Die *Sketch Maps* wurden hinsichtlich der Topographie und Vollständigkeit ausgewertet. Die dabei angewandte Methode wurde in loser Anlehnung an *Schlaisich (1998)* und *Billinghurst & Weghorst (1995)* entwickelt, stammt aber im Wesentlichen vom Diplomanden.

Um die topographische Qualität beurteilen zu können, wurden für alle gezeichneten Kreuzungen Punkte vergeben, wobei die Anzahl von der Richtigkeit bzw. Vollständigkeit abhängig war (siehe Abbildung 11). Dies galt nicht für Kreuzungen, die als »unwichtig« eingestuft wurden und nur einen Punkt erhielten. Es waren dies Kreuzungen, an denen nur eine Straße von der geraden Straße abzweigte und an denen geradeaus gegangen werden musste.

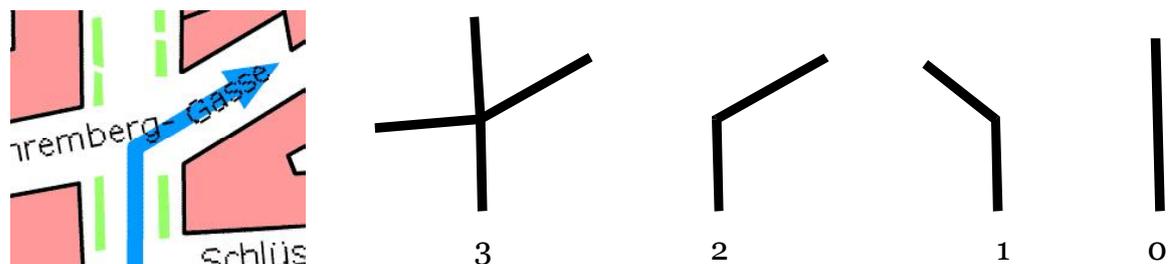


Abbildung 11: Kreuzung und mögliche Punkte. 3: vollständig, 2: unvollständig, nur gegangener Weg, 1: Kreuzung, aber falsch, 0: keine Kreuzung.

Für ein richtig eingezeichnetes Ziel wurden weitere drei Punkte vergeben, war das Ziel nicht ganz an der richtigen Stelle eingetragen, wurden nur zwei Punkte gezählt. Um die Planskizzen der zwei verschiedenen *Outdoor*-Routen vergleichen zu können, wurde die Gesamtpunktzahl einer Normierung unterworfen, es konnte somit eine Note zwischen 0 (schlechteste) und 1 (beste) erreicht werden.

Weiters wurde in den *Sketch Maps* die Anzahl der richtig eingetragenen Straßennamen gezählt, wobei sich »richtig« nur auf den Namen bezieht, die Po-

sition wurde nicht beachtet. Geringfügig falsch geschriebene Namen wurden trotzdem gewertet (z. B. »Fleischgasse« statt »Fleischmanngasse« oder »Rösslgasse« statt »Rienöblgasse«). Auch hier wurde eine normierte Note berechnet.

Aus den bisher beschriebenen Noten wurde eine Gesamtnote berechnet, wobei die Kreuzungen doppelt so stark gewichtet wurden wie die Straßennamen. In Abbildung 12 sind Beispiele für *Sketch Maps* mit guter und schlechter Gesamtnote angeführt.

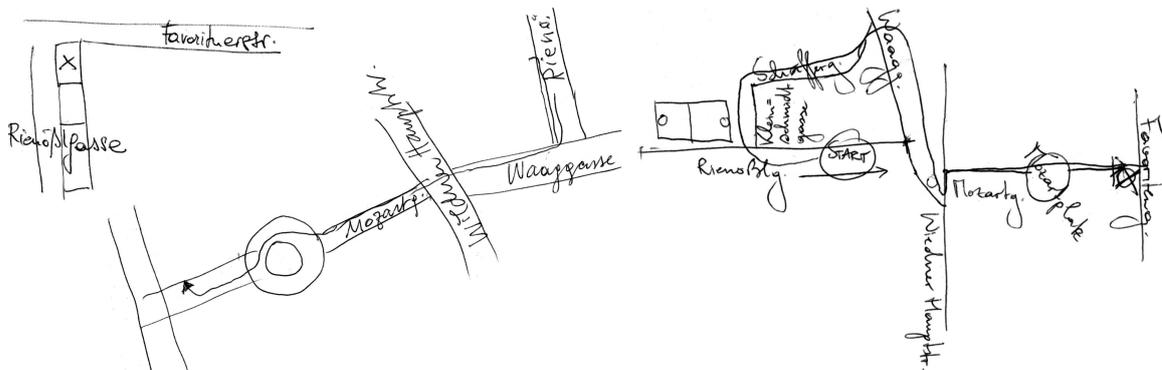


Abbildung 12: Beispiele für *Sketch Maps* für die zweite *Outdoor*-Route, links: Gesamtnote 0,14, Mitte: Gesamtnote 0,58, rechts: Gesamtnote 0,93.

Die Zeichnungen der Testpersonen wurden weiters auf Landmarks untersucht, d. h. ob neben den Straßen noch andere Umweltmerkmale eingezeichnet wurden, z. B. Bäume, Sportplätze oder U-Bahnstationen.

Statistische Signifikanztests wurden nach den Empfehlungen von *Staudinger (2001)* durchgeführt.

## 5.2. Resultate

### 5.2.1. Begehung

#### 5.2.1.1. Geschwindigkeit

Aus den gemessenen Gehzeiten und den Routenlängen konnte die Durchschnittsgeschwindigkeit der Testperson berechnet werden. Dabei ist zu beachten, dass die absoluten Werte auf Grund der relativ ungenauen Messung der Entfernung möglicherweise nicht präzise sind, was jedoch bei einem Vergleich kein Problem darstellt. Die Gehgeschwindigkeit war im Gebäude erheblich geringer als im

Freien, dies kann auf die notwendige Überwindung von Stiegenhäusern zurückgeführt werden.

Die Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den beiden *Outdoor*-Routen waren mit 6,6 und 6,7 km/h fast identisch, was als Bestätigung der vergleichbaren Gestaltung der beiden Routen verstanden werden kann. Ähnlich gering jedoch waren auch die Unterschiede nach Präsentationsformen: Bei Kartendarstellung betrug die Durchschnittsgeschwindigkeit 6,8 km/h, bei Sprachanweisungen 7,0 km/h. *Indoor* war der Unterschied etwas größer: 3,6 km/h bei der Karte standen 3,9 km/h bei Sprache gegenüber. Alle Unterschiede sind statistisch nicht signifikant (Signifikanzniveau  $\alpha=5\%$ ).

*Outdoor* war etwa die Hälfte der Testpersonen (55%) mit Kartendarstellung schneller am Ziel, im Gebäude hingegen waren 61% mit Sprachanweisungen schneller. Bei einer Aufschlüsselung nach dem Geschlecht zeigt sich, dass bei den Männern genauso viele mit Karte schneller waren wie mit Sprache. Bei den Frauen war dies *outdoor* ähnlich (58% mit Karte schneller), während der Unterschied *indoor* größer war: 68% der Frauen waren mit Sprache schneller.

#### **5.2.1.2. Zögern, Fehler**

Bei den *Outdoor*-Tests zögerten an Entscheidungspunkten fünf Personen mit Kartendarstellung und vier mit Sprachanweisungen. *Indoor* gab es einen hervorstechenden Punkt des Zögerns: das Stiegenhaus. Die verwendete graphische Darstellung zum Stockwerkswechsel (siehe Abbildung 10 links, Seite 39) wurde von jedem dritten nicht auf Anhieb verstanden. Abgesehen davon wurde nur ein Mal bei Verwendung der Kartendarstellung gezögert.

Fehler in Form eines falschen Abbiegens kamen fast nie vor, wenn doch, wurden sie fast immer von der Testperson erkannt und korrigiert. Im Freien machte eine Person drei Fehler mit Kartendarstellung, eine andere machte mit Sprachanweisungen zwei Fehler. Im Gebäude bog eine Person mit Karte einmal falsch ab, eine andere mit Sprache ebenfalls einmal.

*Outdoor* wurde acht Mal ein falsches Ziel gewählt, davon drei Mal bei Kartendarstellung und fünf Mal bei Sprachanweisungen. Die *Indoor*-Routen konnten hinsichtlich dieses Kriteriums nicht ausgewertet werden, da durch eine unglückliche Anordnung der beiden Ziele die Schwierigkeit nicht vergleichbar war:

Beim ersten Ziel zögerte jeder dritte, sieben Mal (23%) wurde es nicht richtig gefunden, während das zweite Ziel von allen Testern richtig gewählt wurde. Interessant ist dabei dass von den sieben Fehlern sechs bei sprachlichen Anweisungen gemacht wurden, die Beschreibung »zweite Türe links« wurde nicht eindeutig verstanden, da die erste Türe nicht zu einem Büro sondern zu einem technischen Betriebsraum führte.

Hier sei noch angemerkt, dass Fehler im Fall eines Fußgängernavigationsystems mit Sensorik kein großes Problem darstellen, da sofort eine neue Route berechnet werden kann, trotzdem können sie – wie hier – zur Beurteilung der Sicherheit des Nutzers herangezogen werden.

### **5.2.2. Sketch Maps**

Bei der Auswertung der *Sketch Maps* zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Präsentationsformen. Die Gesamtnote war jeweils 0,49 (Beschreibung der Berechnung siehe 5.1), auch die Teilnoten hinsichtlich der Kreuzungen (0,59) und Straßennamen (0,29) waren annähernd gleich. Hier zeigte sich auch, dass die Topologie weit besser erinnert wurde als die Straßennamen. Die Standardabweichung für die Gesamtnote war mit 0,23 sehr groß, wiederum unabhängig von der Präsentationsform. Dies legt den Schluss nahe, dass die Qualität der *Sketch Map* und damit auch der kognitiven Karte weit mehr von der jeweiligen Person abhängig ist als von der Präsentationsform. Ein weiterer Punkt, der für diese Annahme spricht ist, dass Geodäten in diesem Punkt beim Test deutlich besser abschnitten: Sie erlangten eine Gesamtnote von etwa 0,64 im Vergleich zu 0,44 bei den Nichtgeodäten, aber auch bei ihnen waren keine Unterschiede zwischen den beiden Präsentationsformen erkennbar.

Auch bei getrennter Betrachtung der beiden Geschlechter erzielten die beiden Präsentationsformen keine unterschiedlichen Resultate. Alle gebildeten Durchschnittsnoten der Männer waren geringfügig besser, jedoch nicht statistisch signifikant.

Hinsichtlich der Verwendung von Landmarks in den *Sketch Maps* zeigten sich ebenfalls keine deutlichen Unterschiede bei den Präsentationsformen: 32% der Zeichnungen nach einer Begehung mit Karte und 39% bei Sprachführung enthielten zusätzliche Informationen dieser Art. Hierbei zeigte sich jedoch ein

Geschlechterunterschied: 42% der *Sketch Maps* von Frauen enthielten Landmarks, aber nur 25% der Zeichnungen von Männern. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der in Abschnitt 3.2.3 behandelten Literatur, wonach sich Männer bei der Navigation weniger auf Landmarks konzentrieren als Frauen.

### 5.2.3. Interview

Als Einstiegsfrage wurde gefragt, ob die Testperson schon jemals ein Navigationssystem verwendet hätte. 30% der Nichtgeodäten gaben an, das dies der Fall sei, es handelte sich dabei fast ausschließlich um Autonavigationssysteme. 38 % der Männer gaben an schon einmal ein Navigationssystem benutzt zu haben, im Gegensatz zu 27% bei den Frauen. Bei den Geodäten war der Anteil mit Navigationserfahrung naturgemäß größer (75%). Jene Personen, die bereits Erfahrung mit Navigationssystemen hatten, erzielten im Durchschnitt bessere Noten beim Zeichnen der *Sketch Maps*, wieder unabhängig von der Routenpräsentation (etwa 0,4 zu 0,5).



Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung bei den selbst vergebenen Noten.

Als nächstes wurden die Interviewpersonen gefragt, wie sie sich auf einer Schulnotenskala von 1–5 selbst beurteilen würden bezüglich der Qualität ihres Umgangs mit Karten. Dabei stuften sich Geodäten deutlich besser ein als Nichtgeodäten, bei ersteren lag die Durchschnittsnote bei 1,4, bei letzteren bei 2,9. Die Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 13 zu sehen. Vergleicht man die Selbsteinschätzung mit der beim Zeichnen der *Sketch Maps* erzielten Note, so zeigt sich

durchaus ein Zusammenhang (Korrelationskoeffizient  $-0,68$ ), welcher Abbildung 14 entnommen werden kann.

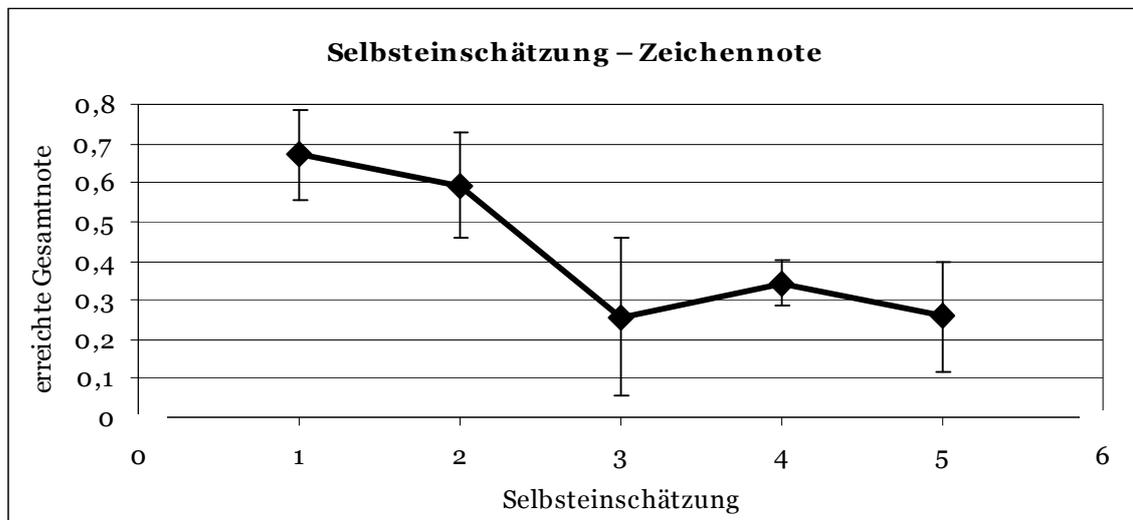


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung und durchschnittlicher erzielter Zeichennote bei den Nichtgeodäten ( $n=23$ ), die Klammern geben die Standardabweichung an. Beachte: Schulnoten vs. Punktnoten.

Der nächste Fragenkomplex diente dazu, herauszufinden, bei welcher Präsentationsform sich die Nutzer sicherer fühlten. Zunächst wurde gefragt, ob sich die Testperson sicher fühlte, auf dem richtigen Weg zu sein. *Outdoor* waren sich 94% mit Karte sicher, bei Sprache waren es nur 84%. *Indoor* war es umgekehrt: 94% sagten bei der Karte ja, bei Sprache waren es 100%. Danach wurde gefragt, ob sich der Proband beim Ziel sicher war. Im Freien meinten bei Karte 90% ja, bei Sprache 87%. *Indoor* wurde dieser Punkt aus den bereits beschriebenen Gründen nicht ausgewertet. Weiters wurde gefragt, bei welcher Präsentationsform sich die Testperson sicherer gefühlt hätte, die Antworten sind in Abbildung 15 dargestellt. Bei dieser Frage zeigte sich eindeutig, dass sich weniger Männer mit Sprachführung sicherer fühlen als Frauen. So sagte kein einziger Mann, dass er sich *Outdoor* mit Sprache sicherer auf dem richtigen Weg gefühlt hätte, bei den Frauen waren es immerhin 16%. Die genauen Zahlen können Abbildung 16 entnommen werden. Dabei fällt auf, dass die Unterschiede zwischen den Geschlechtern *indoor* geringer sind.

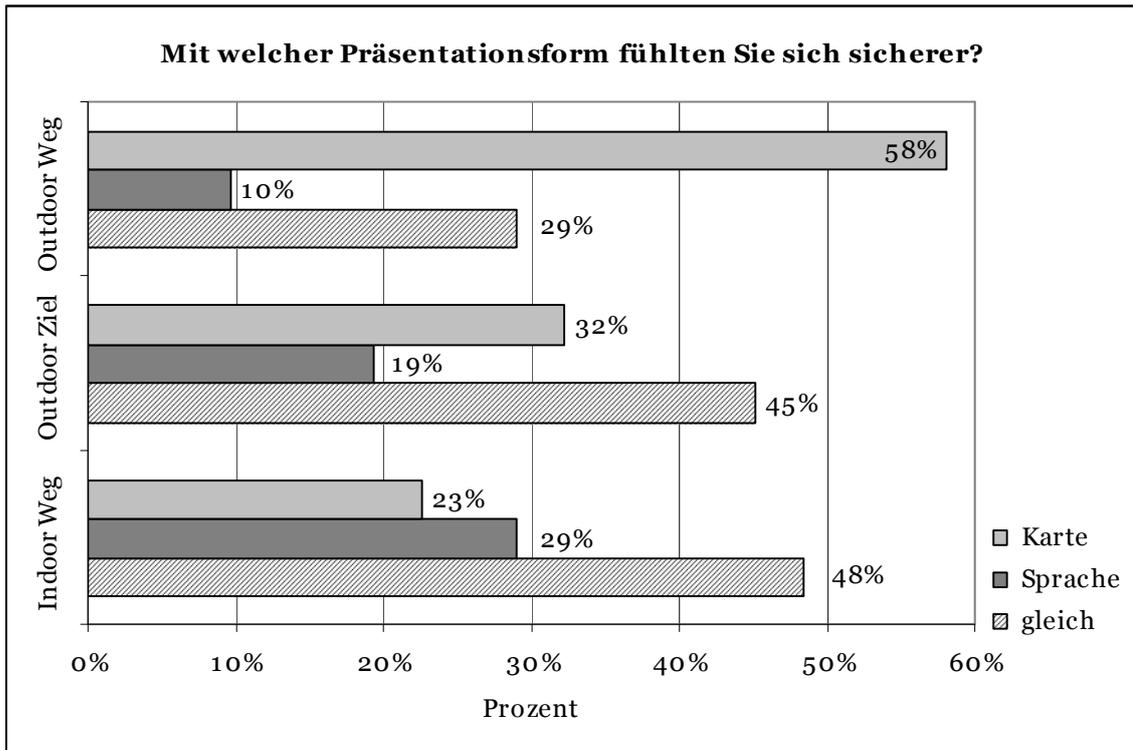


Abbildung 15: Präsentationsformenvergleich hinsichtlich subjektiver Sicherheit, Rest auf 100%: keine oder andere Antwort.

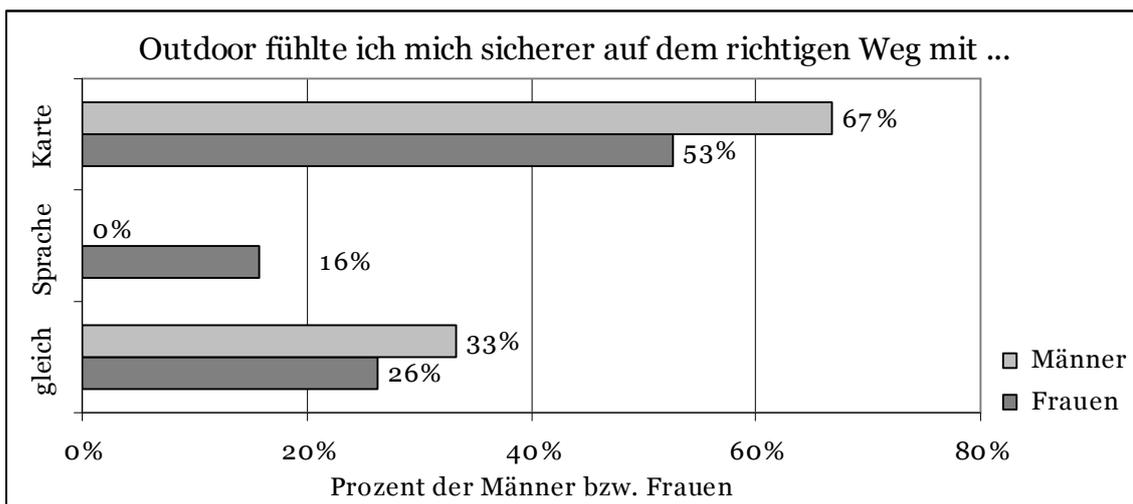


Abbildung 16a: Männer und Frauen mit unterschiedlichem Sicherheitsgefühl, Rest auf 100%: keine oder andere Antwort.

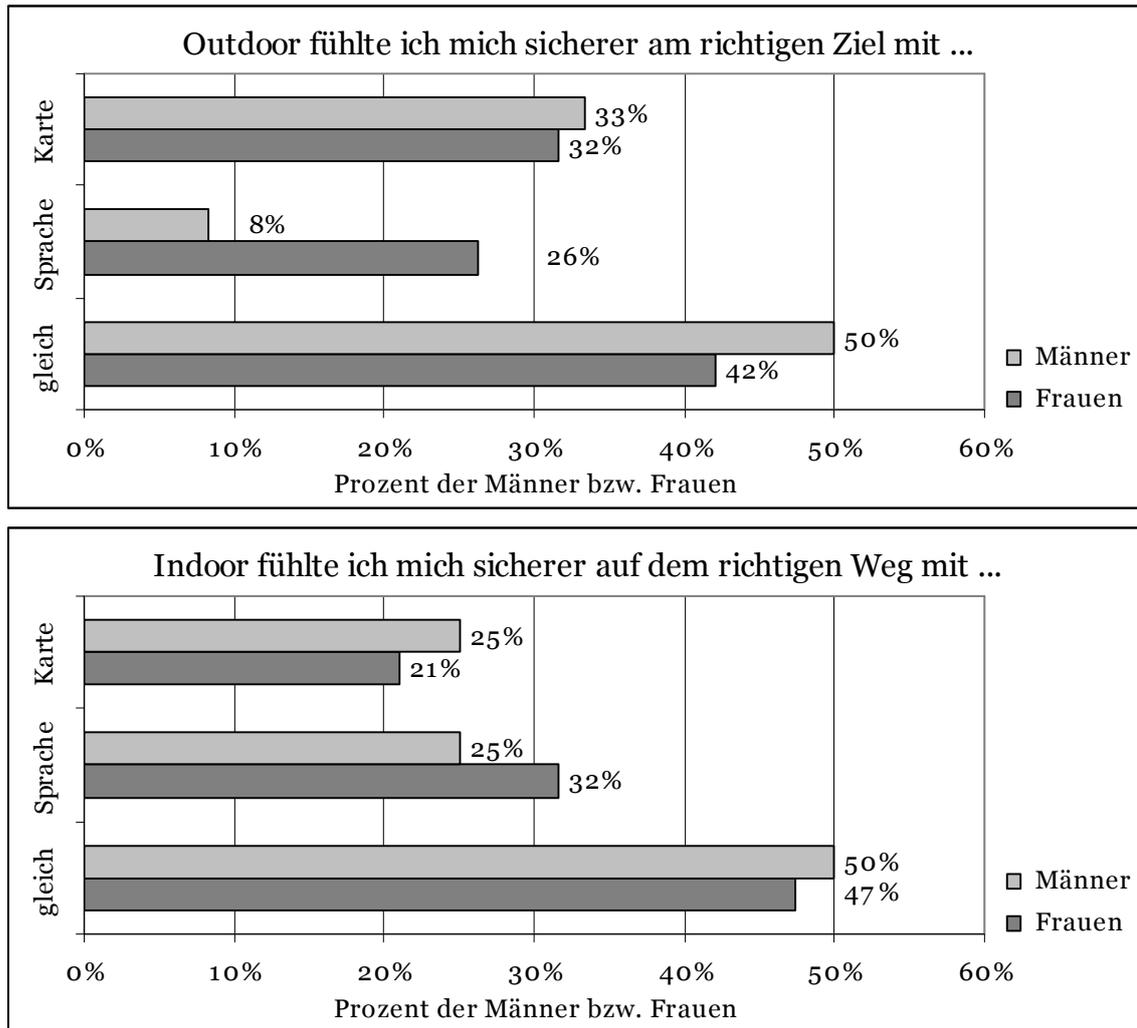


Abbildung 16b: Männer und Frauen mit unterschiedlichem Sicherheitsgefühl, Rest auf 100%: keine oder andere Antwort.

Direkt im Anschluss wurde gefragt, welche der beiden Präsentationsformen der Tester im Falle einer kommerziellen Umsetzung bevorzugen würde. Etwa die Hälfte meinte, die Version mit Kartendarstellung zu präferieren, circa ein Drittel würde der Sprache den Vorzug geben. Bei der Aufschlüsselung nach Geschlecht zeigte sich erneut die höhere Zuneigung der Frauen zur Sprachanweisung, siehe Abbildung 17. Im weiteren Verlauf des Interviews gaben jedoch 29% der Befragten von sich aus an, dass sie eine Kombination beider Präsentationsformen bevorzugen würden.

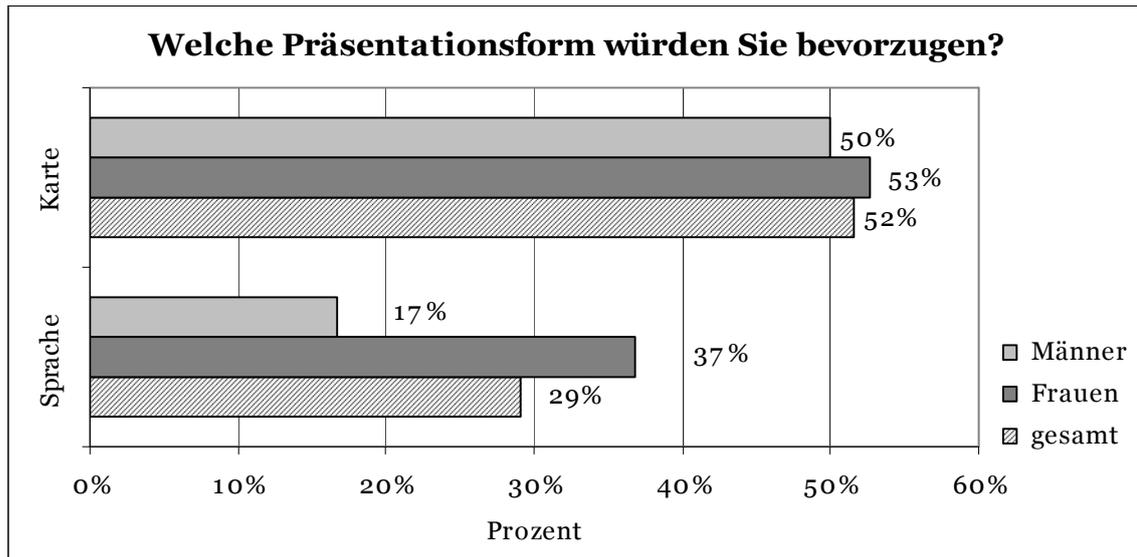


Abbildung 17: Bevorzugte Präsentationsform, Rest auf 100%: keine oder andere Antwort.

Nach dieser Frage interessierte natürlich, warum eine Präsentationsform bevorzugt wurde. Hierbei konnten die Testpersonen eigene Antworten formulieren. Die Auswertung erfolgte zusammen mit der Frage nach den Vor- und Nachteilen der beiden Systeme. Es wurde die Häufigkeit der einzelnen Antworten gezählt, unterschiedliche Formulierungen mit demselben Inhalt wurden zusammengefasst. In der folgenden Auflistung steht *K* für Karte und *S* für Sprache, wenn es sich um einen Vorteil handelt, ist dieser grün markiert, bei einem Nachteil rot.

- 11 x: **S**: man kann sich auf anderes konzentrieren (Verkehr, Hundekot ...)
- 10 x: **K**: mehr Zusatzinformationen (Nebengassen, Hausform, Straßenbreite ...)
- 9 x: **K**: bin visueller Typ
- 7 x: **S**: Hände frei
- 5 x: **K**: fühle mich sicherer
- 4 x: **S**: Ohrhörer unsympathisch/-angenehm
- 4 x: **K**: komplizierte Situationen besser kommunizierbar
- 4 x: **S**: Verstehen (bei Lärm)
- 3 x: **S**: fühle mich sicherer
- 3 x: **S**: im Alltag praktikabler
- 3 x: **K**: Display-Probleme bei Sonne/Regen
- 3 x: **S**: fühle mich abhängig, möchte nicht Befehlempfänger sein, möchte selbst denken
- 2 x: **K**: kann runter fallen
- 2 x: **K**: ich kann kontrollieren, ob ich richtig bin
- 2 x: **S**: kann schneller gehen
- 2 x: **K**: ist immer da (S nur punktweise)

- 1 x: **S**: effizienter
- 1 x: **S**: für Leute, die nicht so gut mit Karte umgehen können
- 1 x: **K**: braucht vermutlich mehr Strom (Akkus öfter aufladen?)
- 1 x: **K**: bei Verlust der Orientierung kann man sich besser neuorientieren
- 1 x: **K**: effizienter
- 1 x: **K**: gewohnter
- 1 x: **K**: ich muss mich zuerst auf der Karte orientieren, dann aufschauen und mich nochmal orientieren
- 1 x: **K**: kann nicht mit Karten umgehen
- 1 x: **K**: man hat die Ohren frei
- 1 x: **K**: man ist abgelenkt
- 1 x: **K**: präziser
- 1 x: **K**: Straßennamen lesen ist mir lieber
- 1 x: **K**: wenn ich unsicher bin kann ich genauer hinschauen
- 1 x: **S**: angenehmer
- 1 x: **S**: Auffassung (Was genau ist gemeint?)
- 1 x: **S**: billiger?
- 1 x: **S**: diskreter
- 1 x: **S**: fühle mich nicht alleine sondern persönlich angesprochen
- 1 x: **S**: indoor: im Stiegenhaus verständlicher
- 1 x: **S**: lenkt ab
- 1 x: **S**: Probleme bei Handyverwendung
- 1 x: **S**: Straßennamen hören ist mir lieber
- 1 x: **S**: Zielangabe ungenauer

Die letzten drei Fragen waren auf ein Fußgängernavigationssystem im Allgemeinen ohne Berücksichtigung der Präsentationsform bezogen. Es wurde gefragt, ob in einem derartigen System ein Nutzen im Vergleich zu herkömmlichen Mitteln der Routenfindung (gedruckte Karte, Passanten, Wegweiser ...) gesehen wird. 55% meinten »ja«, 29% »ja, aber nicht für mich« und 13% sagten »nein«.

»Könnten Sie sich vorstellen, ein solches System zu benutzen?«, die nächste Frage, wurde von 77% mit »ja« und 23% mit »nein« beantwortet.

Bei der Frage schließlich, ob die Testperson sich vorstellen könne, ein solches System zu kaufen, meinten 45% »nein«, 39% »ja« und 16% sagten, das käme auf den Preis an.

Am Ende des Interviews konnten den Probanden noch erwähnenswert erscheinende Kommentare abgegeben werden. Zwei Personen (6%) äußerten sich kritisch zur in diesem Zusammenhang drohenden »Übertechnisierung« und fünf Personen (16%) beklagten sich über die benutzte Stimme bei den Sprachanweisungen, diese sei zu undeutlich oder zu »deutsch« bzw. wurde angemerkt, dass

eine männliche Stimme präferiert werden würde (Letzteres meinten zwei Frauen).

#### **5.2.4. Zusammenfassung**

Hinsichtlich der objektiv beobachteten Kriterien Geschwindigkeit, Zögern und Fehler waren die beiden Präsentationsformen Karte und Sprache relativ gleichwertig. Lediglich bei den *Indoor*-Tests war die Geschwindigkeit bei Sprachanweisung geringfügig höher als bei Kartengraphik, dies besonders bei Frauen.

Auch bei den gezeichneten *Sketch Maps* zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Präsentationsformen.

Bei der Befragung stellte sich heraus, dass sich fast alle Testpersonen mit beiden Präsentationsformen sicher fühlten. Bei der Frage nach der bevorzugten Navigationsart gab es *outdoor* eine deutliche Mehrheit für die Karte, *indoor* eine weniger deutliche Mehrheit für die Sprache. Der Umstand, dass die Sprachanweisungen *indoor* besser abschnitt als *outdoor* lässt vermuten, dass die *indoor* verwendete Kartendarstellung (im CAD-Stil) dem Durchschnittsnutzer weniger vertraut ist als die *Outdoor*-Karte (im Stadtplanstil). Gegen diese Theorie spricht jedoch das Ergebnis unter den getesteten Geodäten, bei denen man annehmen könnte, dass sie auch mit der *Indoor*-Darstellung vertraut sind: *Outdoor* bevorzugte kein einziger Geodät die Sprache, *indoor* meinten aber zwei der acht Personen, mit Sprache sicherer zu sein.

Im Falle einer kommerziellen Umsetzung würde etwa die Hälfte die Karte und ein Drittel die Sprache bevorzugen. Allgemein war der Anteil der Sprachbevorzuger unter den Frauen größer.

### **5.3. Schlussfolgerungen hinsichtlich der eingangs aufgestellten Thesen**

#### **5.3.1. Subjektive Sicherheit**

Die These, dass sich der Nutzer mit beiden Präsentationsformen gleich sicher fühlt, auf dem richtigen Weg zu sein bzw. das richtige Ziel erreicht zu haben, konnte durch das Interview bestätigt werden. Die entsprechenden Werte waren

zwar bei beiden Präsentationsformen etwas unterschiedlich, insgesamt aber sehr hoch. Es scheint einen Unterschied hinsichtlich *indoor* und *outdoor* zu geben.

### **5.3.2. Objektive Sicherheit**

Hinsichtlich der objektiv messbaren Größen Geschwindigkeit und Fehleranzahl wurde zu Beginn die These aufgestellt, dass beide Präsentationsformen gleich sicher sind. Dies konnte im Großen und Ganzen ebenfalls bestätigt werden.

### **5.3.3. Nutzerakzeptanz**

Die These lautete: »Der Nutzer bevorzugt das System mit auditiven Sprachanweisungen.« Dies konnte nur *indoor* bestätigt werden, *outdoor* ist vielmehr das Gegenteil der Fall, wobei in dieser Frage nicht vom Nutzer im Allgemeinen auf den einzelnen Nutzer geschlossen werden kann, es scheint vielmehr einen Karten- und einen Sprachtyp zu geben.

### **5.3.4. Kognitives Bild**

Die These, dass die kognitive Karte hinsichtlich Topologie und Vollständigkeit besser ist, wenn die Karte als Präsentationsform eingesetzt ist, konnte nicht bestätigt werden. Es gibt hier keine durch die Art der Präsentationsform hervorgerufenen Unterschiede.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

### 6.1. Zusammenfassung

Die Unterschiede der beiden Präsentationsformen Karte und Sprache scheinen hauptsächlich subjektiver Natur zu sein, objektiv messbare Unterschiede während der Begehung fielen nicht auf. Der subjektive Favorit war im Freien deutlich die Kartendarstellung, im Gebäude die Sprachanweisung. Es fiel jedoch auf, dass beide Präsentationsformen ihre Anhänger hatten. Es scheint also einen Karten- und einen Sprachtyp zu geben. Dabei muss *indoor* und *outdoor* nicht dieselbe Präsentationsform die bevorzugte sein. Bei der *Outdoor*-Anwendung scheint es mehr Kartentypen zu geben, während *indoor* der Sprachtyp öfter anzutreffen ist. Unter den Frauen ist der Anteil der Sprachtypen besonders *indoor* höher als bei den Männern.

Das kognitive Bild des Nutzers von seiner Umgebung wurde nicht durch die Art der Präsentationsform beeinflusst, zumindest nicht hinsichtlich jener Parameter, die in *Sketch Maps* zu Tage treten und darin untersucht werden können.

### 6.2. Schlussfolgerungen und Ausblick

Als Resultat dieser Untersuchung ist zwar die Karte als Kommunikationsmittel in der Fußgängernavigation nicht überflüssig geworden, es konnte aber gezeigt werden, dass eine reine auditive Führung des Fußgängers ebenso möglich ist und von manchen Nutzern auch bevorzugt wird. Die bereits vielseitig behandelte Nutzeradaptierung von LBS könnte nun auch dahingehend ausgeweitet werden, dass die Vorliebe für eine bestimmte Präsentationsform als einer der Parameter zur Anpassung an den *User* eingeführt wird.

Während die Gestaltung von Karten eine lange Tradition besitzt und das Wissen dazu schon sehr umfassend ist (gewiss gibt es auch hier noch Herausforderungen, z. B. Einschränkungen durch die digitalen Anzeigemedien oder die automatische Generierung von Karten), gibt es zum Thema der auditiven Vermittlung von räumlichen Informationen noch relativ wenige Untersuchungen und Erkenntnisse. Hier stellen sich viele Fragen, deren Antworten helfen könn-

ten, sprachliche Anweisungen zu optimieren. Ist natürliche Sprache genauso geeignet wie künstliche? Bringt die Aussprache von Straßennamen Vorteile oder sind allgemeine Anweisungen ausreichend? Wird eine möglichst genaue Beschreibung mit redundanten Informationen gewünscht oder sind kurze, prägnante Befehle gefragt? Gibt es Unterschiede bei Wiedergabe der Sprache über Lautsprecher und Ohrhörer? Welche Landmarks eignen sich zur sprachlichen Wiedergabe und welche nicht?

Neben diesen eher theoretischen Fragen wären auch längere Praxistests interessant, bei denen die Verwendbarkeit sprachbasierter Fußgängernavigationssysteme im täglichen Leben, in den verschiedensten Situationen und an den unterschiedlichsten Orten auf den Prüfstand gestellt würden. Dies würde mithelfen, die Frage zu klären, wie bzw. ob ein solches Navigationssystem zu einem allgegenwärtigen Gebrauchsgegenstand werden könnte.

Neben diesen Untersuchungen, bei denen vor allem die Wünsche und Bedürfnisse des Nutzers im Mittelpunkt stehen, könnten auch wirtschaftliche Überlegungen interessant sein. Rein auditive Systeme wären möglicherweise einfacher kommerziell umzusetzen als Produkte mit Kartengraphik, da die Übersetzung der GIS-Daten in Sprache vielleicht leichter automatisierbar wäre als eine Übersetzung in eine Karte. Es könnte z. B. untersucht werden, inwieweit Kartendaten von derzeitigen Autonavigationssystemen Verwendung finden könnten.

### **6.3. Selbstkritik**

Diese Arbeit wurde nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt und die Planung der empirischen Untersuchung erfolgte nach eingehendem Literaturstudium. Trotzdem zeigen sich nun am Ende der Arbeit Punkte, bei denen eine andere Planung besser gewesen wäre. Diese sollen hier gelistet werden.

Die beiden Bereiche *Indoor*- und *Outdoor*-Navigation unterschieden sich in vielen Punkten relativ stark, auch hinsichtlich der bestehenden Literatur. Deshalb wäre eine Fokussierung auf einen der beiden Bereiche vielleicht sinnvoll gewesen und hätte dafür dort eine tiefer gehende Behandlung erlaubt.

Auf die unglückliche Wahl der beiden *Indoor*-Routenziele, die einen Vergleich unmöglich machten, wurde bereits eingegangen. Es zeigt sich daran, wie wichtig die Ähnlichkeit von zu vergleichenden Routen ist.

Die eigens für die Testbegehungen erstellten Karten und Sprachfiles waren zwar einerseits genau nach den Erkenntnissen aus der Literatur gestaltet, andererseits aber mit einem hohen Arbeitsaufwand und Problemen bei eventuell von den Testpersonen gemachten Fehlern verbunden. (Testpersonen konnten das digitalisierte Gebiet verlassen bzw. es stand nicht für jede Eventualität die passende Visualisierung zur Verfügung.) Es stellt sich also die Frage, ob nicht auch auf ein bereits bestehendes Produkt (z. B: *TomTom*) zurückgegriffen hätte werden können.

Zur Auswertung von *Sketch Maps* gibt es in der Literatur nur ansatzweise, theoretische Vorschläge, die praktische Umsetzung stellte sich im Rahmen dieser Arbeit als schwierig heraus. Nach persönlicher Meinung des Autors wäre die Beurteilung und Benotung »dem Gefühle nach« ebenso möglich und würde unter Umständen – wegen der Vielzahl der möglichen Variationen in den Skizzen – sogar aussagekräftigere Resultate liefern als ein strenges Punktesystem. Die Beurteilung könnte eventuell auch von mehreren mit der Materie vertrauten Personen durchgeführt werden, um einseitige Beurteilungen zu verringern.

Ein weiterer heikler Punkt ist die inhaltliche Gestaltung des Fragebogens, welche nicht zu unterschätzen ist. Eine mehrmalige Revision mit zeitlichem Abstand ist anzuraten, genauso eine Beurteilung des Fragebogens durch mehrere andere Personen. Besonders ist zu hinterfragen, ob die gestellten Fragen überhaupt helfen, die Fragestellung der Arbeit zu beantworten.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: aus *Gilliéron & Merminod 2003*

Abbildung 2: vereinfacht nach *Retscher & Mok 2003*

Abbildung 3: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Datamatrix.png> (10. 8. 2005),  
gemeinfrei

Abbildung 4: nach *Reichl 2004*

Abbildung 5: nach *Brunner 2000*

Abbildung 6: aus *Brunner 2001*

Abbildung 7: Flächenmehrzweckkarte\* der Stadt Wien, Ergänzungen Felix Ortag

Abbildung 8: links und Mitte: Pressefoto von [www.hp.com](http://www.hp.com) (5. 9. 2005), rechts:  
Foto Felix Ortag

Abbildung 9: Felix Ortag, basierend auf Flächenmehrzweckkarte\*

Abbildung 10: Felix Ortag

Abbildung 11: Felix Ortag, basierend auf Flächenmehrzweckkarte\*

Abbildung 12 – Abbildung 17: Felix Ortag

\* Die Flächenmehrzweckkarte wurde freundlicherweise vom Magistrat der Stadt  
Wien, Magistratsabteilung 41 – Stadtvermessung zur Verfügung gestellt.

## LITERATURVERZEICHNIS

- Allen, G. L. (1997): From Knowledge to Words to Wayfinding: Issues in the Production and Comprehension of Route Directions. In: S. C. Hirtle & A. U. Frank (Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 363–372.
- Allen, G. L. (2000): Principles and Practices for Communicating Route Knowledge. In: Applied Cognitive Psychology, Volume 14, Issue 4. John Wiley & Sons, S. 333–359.
- Billinghurst, M. & S. Weghorst (1995): The Use of Sketch Maps to Measure Cognitive Maps of Virtual Environments. In: Proc. Virtual Reality Annual International Symposium 1995, S. 40–47. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/VRAIS.1995.512478> (16. 8. 2005)
- Borchert, A. (2000): Theoretische Aspekte der Kombination von Karten mit audiovisueller Sprache. In: F. Kelnhofer & M. Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia-Applikationen, Geowissenschaftliche Mitteilungen Nr. 53, TU Wien, S. 48–52.
- Boston Consulting Group (2000): Mobile Commerce: Winning the On-Air Consumer. Boston Consulting Group, Boston. [www.bcg.com](http://www.bcg.com) (11. 7. 2005)
- Brunner, K. (2000): Neue Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben für den Kartographen – Ein Plädoyer für eine attraktive Kartengraphik zur Bildschirmvisualisierung. In: F. Kelnhofer & M. Lechthaler (Hrsg.): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia-Applikationen, Geowissenschaftliche Mitteilungen Nr. 53, TU Wien, S. 53–62.
- Brunner, K (2001): Kartengestaltung für elektronische Bildanzeigen. In: Kartographische Bausteine, Band 19. TU Dresden, S. 76–88.

- Butz, A., J. Baus, A. Krüger & M. Lohse (2001): A Hybrid Indoor Navigation System. In: Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent User Interfaces. ACM Press, New York, S. 25–33.
- Buziek, G. (1999): Dynamic Elements of Multimedia Cartography. In: W. Cartwright, M. P. Peterson & G. Gartner (Hrsg.): Multimedia Cartography, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 231–245.
- Chincholle, D., M. Goldstein, M. Nyberg & M. Eriksson (2002): Lost or Found? A Usability Evaluation of a Mobile Navigation and Location-Based Service. In: F. Paternò (Hrsg.): Proceedings Mobile Human Computer Interaction 2002. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 211–224.
- Corona, B. & S. Winter (2001): Guidance of car drivers and pedestrians, Vienna, Institut für Geoinformation und Landesvermessung, TU Wien.  
<ftp://ftp.geoinfo.tuwien.ac.at/winter/corona01guidance.pdf> (21. 7. 2005)
- Däßler, R. (2002): Visuelle Kommunikation mit Karten. Beitrag zum Buch »Visuelle Medienkompetenz«. Fachbereich Informationswissenschaften, FH Potsdam.  
<http://fabdp.fh-potsdam.de/daessler/paper/karten.pdf> (7. 7. 2005)
- Elias, B. & M. Sester (2002): Landmarks für Routenbeschreibungen. In: GI-Technologien für Verkehr und Logistik, IfGI prints, vol. 13, Institut für Geoinformation, Münster.
- Gartner, G. (2000): TeleKartographie oder neue Chancen und Herausforderungen für die Kartographie. In: M. Lechthaler & G. Gartner (Hrsg.): Per aspera ad astra, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag, Geowissenschaftliche Mitteilungen Nr. 52, TU Wien, S. 43–51.
- Gartner, G., Uhlirz, S. (2001): Cartographic Concepts for Realizing a Location Based UMTS Service: Vienna City Guide »LoL@«. In: Mapping the 21st Century – Proceedings of the 20th ICC, Beijing, S. 3229–3238.
- Gartner G. (2004): Location-based mobile pedestrian navigation services – the role of multimedia cartography. In: ICA UPIMap2004, Tokyo.

www.ubimap.net/upimap2004/html/papers/UPIMap04-B-03-Gartner.pdf (16. 7. 2005)

- Gartner, G., A. Frank & G. Retscher (2004): Pedestrian Navigation System in Mixed Indoor/Outdoor Environment – The Navio Project. In: Schrenk, M. (Hrsg.): CORP 2004 & Geomultimedia04, Proceedings, S. 165–171.
- Geary, D. C., S. J. Sauls, F. Liu & M. K. Hoard (2000): Sex Differences in Spatial Cognition, Computational Fluency, and Arithmetical Reasoning. In: Journal of Experimental Child Psychology, Nr. 77, Academic Press, S. 337–353.
- Gilliéron, P.-Y. & B. Merminod (2003): Personal Navigation System for Indoor Applications. In: Proceedings 2003 IAIN World Congress, Berlin.  
[http://topo.epfl.ch/publications/paper\\_IAIN03\\_epfl.pdf](http://topo.epfl.ch/publications/paper_IAIN03_epfl.pdf) (17. 6. 2005)
- Heidmann, F. & F. Hermann (2003): Benutzerzentrierte Visualisierung raumbezogener Informationen für ultraportable mobile Systeme. In: Visualisierung und Erschließung von Geodaten. Beiträge des Seminars GEOVIS 2003, Kartographische Schriften, Band 7, Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Hannover, S. 121–131.
- Hofmann-Wellenhof, B., K. Legat & M. Wieser (2003): Navigation – Principles of Positioning and Guidance. Springer-Verlag, Wien.
- Kölmel, B. & M. Wirsing (2002): Nutzererwartungen an Location Based Services – Ergebnisse einer empirischen Analyse. In: A. Zipf & J. Strobl (Hrsg.): Geoinformation mobil. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 85–97.
- Kuipers, B. J. (1982): The »Map in the Head« Metaphor. In: Environment and Behavior, Nr. 14, S. 202–220.
- Kurier vom 24. 6. 2005: Warum in Japan Autonavigation anders ist. Wien, S. M8.
- Kray, C., K. Laakso, C. Elting & V. Coors (2003): Presenting Route Instructions on Mobile Devices. In: Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces, Miami, ACM Press, New York, S. 117–124.

- Lemmetty, S. (1999): Review of Speech Synthesis Technology. Master Thesis, Department of Electrical and Communications Engineering, Helsinki University of Technology.
- Lovelace, K. L., M. Hegarty & D. R. Montello (1999): Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments. In: C. Freksa & D. M. Mark (Hrsg.): Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science: International Conference COSIT'99. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 65–82.
- Lynch, K. (1960): The Image of the City. M.I.T. Press & Harvard University Press, Cambridge.  
verwendete Ausgabe: Das Bild der Stadt. Birkhäuser-Verlag, Basel, 2001.
- Neudeck, S. & K. Brunner (2001): Anforderungen an die kartografische Visualisierung von Geodaten am Bildschirm. In: Symposium für Angewandte Geographische Informationsverarbeitung AGIT 2001. www.agit.at (12. 7. 2005)
- Quaiser-Pohl, C., W. Lehmann & J. R. J Schirra (2001): Sind Studentinnen der Computervisualistik besonders gut in der Raumvorstellung? Psychologische Aspekte bei der Wahl des Studienfachs. In: FIF Kommunikation, "Frauen in der Informationsgesellschaft: Von der Nutzung zur Gestaltung", Nr. 18, S. 42–46.
- Pressl, B. (2003): Fußgängernavigation – Navigationshilfe für Blinde. Bakkalaureatsarbeit, Institut für Navigation und Satellitengeodäsie, TU Graz.
- Radoczky, V. (2003): Kartographische Unterstützungsmöglichkeiten zur Routenbeschreibung von Fußgängernavigationssystemen im In- und Outdoorbereich. Diplomarbeit am Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik, TU Wien.
- Reichl, B. (2003): Potential verschiedener Präsentationsformen für die Vermittlung von Routeninformation in Fußgängernavigationssystemen (FNS).

Diplomarbeit am Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik, TU Wien.

Reitmayr, G. & D. Schmalstieg (2003): Location Based Applications for Mobile Augmented Reality. In: Proc. AUIC2003, Adelaide. [www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/reitmayrauic03.pdf](http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/reitmayrauic03.pdf) (17. 7. 2005)

Retscher, G. & E. Mok (2003): Integration of Mobile Phone Location Services Into Intelligent GPS Vehicle Navigation Systems. TU Wien.  
<http://info.tuwien.ac.at/ingeo/pub/papers/cairo.pdf> (16. 7. 2005)

Sandstrom, N. J., J. Kaufman, S. A. Huettel (1998): Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. In: Cognitive Brain Research, Volume 6, Issue 4, Elsevier, S. 531–360.

Schlaisich, I. (1998): Sketch Maps and GIS Output. Diplomarbeit, Abteilung Geoinformation und Landesvermessung, Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, TU Wien.

Staudinger, M. (2001): Ausgleichungsrechnung I. Skriptum zur gleichnamigen Vorlesung, TU Wien.

Stier, W. (1996): Empirische Forschungsmethoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Thakkar, P., I. Ceaparu & C. Yilmaz (2001): Visualizing Directions and Schedules on Handheld Devices. A Pilot Study of Maps vs. Text and Color vs. Monochrome. Department of Computer Science, University of Maryland.

Welch, G., G. Bishop, L. Vicci, S. Brumback, K. Keller & D. Colucci (2001): High-Performance Wide-Area Optical Tracking – The HiBall Tracking System. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 10, no. 1, MIT Press, Cambridge, S. 1–21.

Winter, S. (2004): Communication about Space. In: J. P. Wilson, A. S. Fotheringham & G. J. Hunter (Hrsg.): Transactions in GIS, Volume 8, Issue 3, Blackwell Publishing, S. 291–296

Zipf, A. (2003): Forschungsfragen zur benutzer- und kontextangepassten Kartengenerierung für mobile Systeme. In: Kartographische Nachrichten 1/2003, 53. Jahrgang, Kirschbaum Verlag, Bonn, S. 6–10.

## ANHÄNGE

### A Auditive Anweisungen

Die im Versuch verwendeten, synthetisch erzeugten Anweisungen hatten folgenden Inhalt:

*Outdoor*, Route 1:

- Gehen Sie an der nächsten Kreuzung geradeaus.
- Nächste geradeaus.
- Nächste rechts in die Graf-Starhemberg-Gasse.
- Demnächst links.
- Nächste links in die Wiedner Hauptstraße, danach sofort rechts in die Fleischmannngasse.
- Demnächst rechts.
- Nächste rechts in die Rienöblgasse.
- Ihr Ziel ist das dritte Haus rechts.

*Outdoor*, Route 2:

- Biegen Sie an der nächsten Kreuzung rechts ab in die Kleinschmidgasse.
- Nächste rechts in die Schöffergasse.
- Demnächst rechts.
- Nächste rechts in die Waaggasse.
- Nächste geradeaus.
- Nächste links in die Wiedner Hauptstraße, danach sofort rechts in die Mozartgasse.
- Nächste geradeaus.
- Ihr Ziel ist das dritte Haus rechts.

*Indoor*, Route 1:

- Gehen Sie durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Durch die Glastüre, danach geradeaus bis zum Stiegenhaus.
- Beim Stiegenhaus nach links.
- Geradeaus durch die Glastüre, danach geradeaus.

- Durch die Glastüre, danach geradeaus bis zum Stiegenhaus.
- Drei Stockwerke nach oben.
- Geradeaus durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Geradeaus durch die Glastüre, danach links.
- Durch die Glastüre.
- Ihr Ziel ist die dritte Türe links.

*Indoor, Route 2:*

- Gehen Sie geradeaus durch die Glastüre zum Stiegenhaus.
- Zwei Stockwerke nach oben.
- Nach links durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Durch die Glastüre, danach geradeaus bis zum Stiegenhaus.
- Beim Stiegenhaus nach rechts.
- Durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Geradeaus durch die Glastüre, danach rechts.
- Durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Am Ende des Ganges nach links, danach geradeaus.
- Durch die Glastüre.
- Zwei Stockwerke nach unten.
- Geradeaus durch die Glastüre, danach geradeaus.
- Ihr Ziel ist das letzte Zimmer links.

## **B Frage- und Protokollbögen**

Im Folgenden sind die verwendeten Protokollbögen, in der unten angegebenen Reihenfolge wiedergegeben. Die Abbildungen sind verkleinert, die Originale hatten das Format A4, ausgenommen der Begehungs-Protokollbogen, der digital am *Tablet PC* ausgefüllt wurde.

- Begehungs-Protokollbogen
- *Sketch-Map*-Bogen
- Fragebogen

Protokoll Testroutenbegehung										
Name	ID	O1	O2	I1	I2					
Routenabfolge				Datum	Beginn					
<p>Handy aus? nicht fragen/reden! nicht trödeln! nicht eintreten mich nicht beachten nicht Lift fahren Stillschweigen</p>										

Sketchmap-Bogen	Name	ID
		01
		02

Interview Fragebogen				
Kommentare jederzeit möglich!		O1	O2	
	Name	ID	Routenabfolge	
			I1	I2
<p>Haben Sie schon einmal ein Navigtionssystem benutzt? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein          -&gt; Welches?          -&gt; Wie oft?</p> <p>Wie würden Sie sich selbst einstufen:          Wie gut können Sie mit Karten umgehen (Schulnoten)? <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p>				
<p>Outdoor:          Glaubten Sie immer, auf dem richtigen Weg zu sein?          Karte <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          Sprache <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          -&gt; Bei welchem fühlten Sie sich sicherer? <input type="checkbox"/> Karte <input type="checkbox"/> Sprache <input type="checkbox"/> gleich</p> <p>Glauben Sie, dass Sie das richtige Ziel erreicht haben?          Karte <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          Sprache <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          -&gt; Bei welchem sind Sie sich sicherer? <input type="checkbox"/> Karte <input type="checkbox"/> Sprache <input type="checkbox"/> gleich</p>				
<p>Indoor:          Glaubten Sie immer, auf dem richtigen Weg zu sein?          Karte <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          Sprache <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          -&gt; Bei welchem fühlten Sie sich sicherer? <input type="checkbox"/> Karte <input type="checkbox"/> Sprache <input type="checkbox"/> gleich</p> <p>Glauben Sie, dass Sie das richtige Ziel erreicht haben?          Karte <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          Sprache <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>          -&gt; Bei welchem sind Sie sich sicherer? <input type="checkbox"/> Karte <input type="checkbox"/> Sprache <input type="checkbox"/> gleich</p>				
<p>Im Falle einer kommerziellen Umsetzung: Welches System würden Sie bevorzugen?  <input type="checkbox"/> Karte <input type="checkbox"/> Sprache <input type="checkbox"/>          Warum?</p> <p>Könnten Sie sich vorstellen, ein solches System tatsächlich zu kaufen/benützen?  <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Sehen Sie einen Nutzen in einem sochen Fußgängernavigationssystem?  <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Welche Vorteile/Nachteile sehen Sie bei Karte bzw. Sprache?</p>				
<p>Statistisches:          Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich          Alter:          Bildung:</p>				

## LEBENS LAUF

Felix Ortag

22. Mai 1982	geboren in Wien
1988 – 1992	Volksschule in Wien
1992 – 2000	Gymnasium in Waidhofen an der Thaya
Juni 2000	Matura
seit 2000	Studium an der TU Wien, Studienrichtung »Vermessung und Geoinformation«
Dezember 2002	1. Diplomprüfung, danach Studienzweig »Geoinformationswesen«

## **ERKLÄRUNG**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe und ausschließlich die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe.

Felix Ortag

Wien, im September 2005