



SOWI

Sozial- und Wirtschaftswissenschaftliche
Fakultät

Ein adaptives Modell zur Auswahl von Landmarken für die Fußgängernavigation

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (MSc)

im Masterstudium

WIRTSCHAFTSINFORMATIK

Eingereicht von:
Andreas Fremd, BSc.

Angefertigt am:
Institut für Wirtschaftsinformatik
Forschungsbereich Data & Knowledge Engineering
Johannes Kepler Universität Linz

Beurteilung:
o. Uni.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Michael Schrefl

Mitwirkung:
Dr. Stefan Berger

und am
Salzburg Research Forschungsgesellschaft
Forschungsbereich MOWI - Mobile and Web-based Information Systems

unter Anleitung von
Univ.-Doz. Dr. Siegfried Reich
Dipl.Ing. Karl Rehr

Linz, April 2013

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die vorliegende Masterarbeit ist mit dem elektronisch übermittelten Textdokument identisch.

Zusammenfassung

Menschen verlassen sich beim Anfertigen von Wegbeschreibung nicht nur auf grundlegende Elemente wie Richtungs- und Entfernungsangaben, sondern benutzen zusätzliche Orientierungshilfen, so genannte Landmarken. Landmarken stellen topographische Objekte in der Umgebung dar, welche vom Menschen schnell wahrgenommen werden und so der Orientierung dienen. Die Anzahl und Güte der verwendeten Landmarken bestimmt die Qualität einer Wegbeschreibung.

Elektronische Navigationssysteme können heute Benutzer bei ihrer Wegfindung unterstützen, verzichten jedoch in der Regel auf Landmarken als unterstützende Objekte und sind so meist für die Fußgängernavigation nicht uneingeschränkt geeignet. Um die Qualität in der Fußgängernavigation zu verbessern, muss die Wegbeschreibung für den Menschen intuitiver gestaltet werden. Dazu ist es nötig, die die Navigation beeinflussenden Personen- und Situationsdaten zu identifizieren und mithilfe dieser Faktoren den navigierenden Personen eine personalisierte und an deren Bedürfnisse angepasste Routenbeschreibung zu präsentieren.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken zu entwickeln, um den Wegsuchenden eine als qualitativ hochwertig empfundene Wegbeschreibung zur Verfügung zu stellen. Dazu muss erforscht werden, welche Faktoren für die Wegfindung in der Fußgängernavigation von Bedeutung sind. Das entwickelte Modell wird in einem Testgebiet im Raum Wels mithilfe eines Nutzertests erprobt. Abschließend wird das Ergebnis diskutiert und ein Ausblick auf mögliche Einsatzgebiete gegeben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
1.1	Motivation.....	9
1.2	Problemstellung und Ausgangssituation	10
1.3	Ziel und Vorgehensweise	10
1.4	Gliederung.....	11
2	Grundlagen	13
2.1	Navigation	13
2.1.1	Komponenten der Navigation: Lokomotion und Wegfindung	13
2.1.2	Geografische Orientierung	15
2.1.3	Kognitive Karten	16
3	Landmarken	19
3.1	Entfernung.....	20
3.2	Zeitpunkt.....	22
3.3	Standort	23
3.4	Häufigkeit des Auftretens.....	24
3.5	Charakteristika	24
3.5.1	Visuelle Anziehungskraft	25
3.5.2	Semantische / kognitive Anziehungskraft	27
3.5.3	Strukturelle Anziehungskraft	27
3.6	Bekanntheitsgrad mit Umgebung	28
3.7	Geometrische Eigenschaften	29
3.8	Alter und Geschlecht der Beobachter.....	30
3.9	Zusammenfassung der Ergebnisse	31
4	Bedeutung von Landmarken im Kontext der Fußgängernavigation ...	33
4.1	Schwächen von bisherigen Fußgängernavigationssystemen.....	33
4.2	Können die Schwächen beseitigt werden?	34
4.2.1	Kontext der Fußgängernavigation.....	34
4.2.2	Personalisierung.....	37
4.2.3	Extrahieren der wichtigsten Einflussfaktoren.....	38
5	Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken	39
5.1	Person.....	40
5.1.1	Zweck / Motivation der Bewegung	40
5.1.2	Bewegungsmodus / Art der Mobilität	41
5.1.3	Kenntnisse der Umgebung.....	43
5.1.4	Alter und Konstitution des Beobachters	43
5.2	Situation.....	44
5.2.1	Lichtverhältnisse:	44
5.2.2	Wetterverhältnisse:	44
5.2.3	Jahreszeit.....	45
5.3	Auswahl der Landmarken.....	46
5.3.1	Personenbezogene Daten:	47

5.3.2	Situationsbezogene Daten	47
5.3.3	Bewertung der Landmarken.....	48
5.4	Kategorisierung von Landmarken.....	50
5.5	Navigationsszenarien	51
5.5.1	Personen.....	51
5.5.2	Situation	52
5.5.3	Landmarken	53
5.5.4	Auswahl.....	54
5.5.5	Ergebnis	57
6	Konzept für die Implementierung des adaptiven Modells	57
6.1	Konzeption des Datenmodells.....	59
6.1.1	Persistente Daten.....	60
6.1.2	Transistente Daten	62
6.1.3	Beziehungen der Daten.....	63
6.1.4	Einfluss der Daten	64
6.2	Konzeption der User–Interface Komponente.....	67
6.2.1	Einlesen der relevanten Daten	68
6.2.2	Darstellung der Routeninformation	68
6.3	Integration in bestehende Systeme.....	69
7	Prototypische Implementierung und Evaluierung.....	70
7.1.1	Bestimmung des Kartenabschnitts und Auswahl der Landmarken	71
7.1.2	Aufbau der User-Interface Komponente	75
7.1.3	Ausgabe der Routenbeschreibung.....	76
7.1.4	Einfluss der Personen- und Situationsattribute	78
7.1.5	Gegenüberstellung mit herkömmlicher Wegbeschreibung	81
7.2	Test der prototypischen Implementierung.....	83
7.2.1	Testfälle.....	84
7.3	Benutzertest durch Evaluation	84
7.3.1	Ergebnisse des Nutzertests.....	85
8	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Folgerungen ...	87
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	87
8.2	Ausblick auf mögliche Einsatzgebiete.....	90
9	Literaturverzeichnis	92
9.1	Internetreferenzen.....	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „You are here“ Karte [Montello 2000]	16
Abbildung 2: Hexatown [aus Steck & Mallot 2000]	21
Abbildung 3: Lichtverhältnisse [aus Steck & Mallot 2000]	22
Abbildung 4: Cathedral of Learning, Pittsburgh [aus Sorrows & Hirtle 1999]	25
Abbildung 5: Beispiel für die Sichtbarkeitsfläche der Singerstraße 1	26
Abbildung 6: T-Kreuzungen haben einen geringern Wiedererkennungswert als zentrale Plätze [aus Raubal & Winter 2002]	28
Abbildung 7: Verzerrung von Gebäuden durch den Blickwinkel [eigene Aufnahme]	30
Abbildung 8: Mozart Geburtshaus [beautifulplaces]	32
Abbildung 9: Kontextmodell für mobile Kartographie. Nach Reichenbacher [2004]	35
Abbildung 10: Umgebungskontext der Wegsuchenden. Nach Sarjakoski et al. [2004]	35
Abbildung 11: Landmarkauswahl	40
Abbildung 12: Auswahl von Landmarken	46
Abbildung 13: Situation1	55
Abbildung 14: Situation 2	55
Abbildung 15: Situation 3	56
Abbildung 16: Situation 4	56
Abbildung 17: Aufbau des Fußgängernavigationssystems	58
Abbildung 18: Datenabhängigkeitsdiagramm der Landmarkenauswahl ..	63
Abbildung 19: Zusammenspiel der Daten und Komponenten	64
Abbildung 20: Einfluss der Personen- und Situationsattribute	65
Abbildung 21: Activity Diagramm Routenberechnung	66
Abbildung 22: Aufteilung des GUI	67
Abbildung 23: Funktionsbausteine GUI	68
Abbildung 24: Integration in bestehende Systeme	69
Abbildung 25: Gebiet um Krankenhaus Kreuzschwestern Wels [Google Maps] ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	72
Abbildung 26: Landmarkauswahl [Google Maps] ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	73
Abbildung 27: Zwei Lösungen für das point-in-polygon problem [Kraus 2000]	74
Abbildung 28: Kreuzprodukt [Kraus 2000]	75
Abbildung 29: Unterteilung der Benutzeroberfläche ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	75
Abbildung 30: Filterdaten	76
Abbildung 31: Routendarstellung (Karte und Beschreibung) ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	77
Abbildung 32: Marker mit Informationsfenster ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	77
Abbildung 33: Umgebungskennntnisse „mittel“ ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas	79

Abbildung 34: Lichtverhältnis „Dämmerung“ ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas.....	80
Abbildung 35: Umgebungskennntnisse „mittel“, Lichtverhältnis „Dämmerung“ ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas.....	81
Abbildung 36: Vergleich herkömmliche Routenbeschreibung – Routenbeschreibung Modell.....	82
Abbildung 37: Auswertung Frage 1 bis 5.....	86
Abbildung 38: Unterschiede bei invertierter Gewichtung der Attribute ...	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kontextbezogene Kartengenerierung abhängig vom Bewegungsmodus [ELIAS & HAMPE 2003]	42
Tabelle 2: Ausprägungen Person.....	43
Tabelle 3: Ausprägungen Situation.....	46
Tabelle 4: Personenbezogene Gewichtung.....	47
Tabelle 5: Situationsbezogene Gewichtung.....	48
Tabelle 6: Wertung von Landmarkenattributen	49
Tabelle 7: Beispiel zur Bewertung von Landmarken.....	49
Tabelle 8: Bewertung von Landmarken.....	50
Tabelle 9: Szenario Personenattribute	52
Tabelle 10: Szenario Situationsattribute	53
Tabelle 11: Szenario Ergebnistabelle	54
Tabelle 12: Bewertung der Landmarken - Ausgangsbasis.....	78
Tabelle 13: Bewertung der Landmarken – Änderung 3.....	81

1 Einleitung

Die Einleitung befasst sich mit der Motivation, der Problemstellung, der Ausgangssituation, dem Ziel und der Vorgehensweise sowie der Gliederung dieser Diplomarbeit.

1.1 Motivation

Elektronische Navigationssysteme haben die Aufgabe, Menschen mit Hilfe von Navigationsanweisungen („biegen Sie in 300m rechts ab“) an ein zuvor definiertes Ziel zu leiten. Solche Systeme werden in den letzten Jahren vermehrt in der Fahrzeugnavigation eingesetzt. Durch die immer größere Verbreitung von *Personal Digital Assistants* (PDA's) und Smartphones finden Navigationssysteme aber auch verstärkt in der Fußgängernavigation ihren Einzug. Bisherige Fußgängernavigationssysteme verwenden für Routing und Ausgabe von Information dieselbe Datenbasis wie Navigationssysteme. Dass diese Datenbasis für ihren originären Zweck, die Navigation mit Kraftfahrzeugen, aufgebaut wurde, liegt auf der Hand. Sie enthält die Struktur des Straßennetzes und die dazugehörigen Information wie zum Beispiel Straßename, Straßenart oder Geschwindigkeitsbeschränkung. Daneben gibt es noch Information zu so genannten „*Points of Interest*“, welche den navigierenden Personen weitere Zusatzinformation über die Umgebung bietet, jedoch nicht direkt in die Wegbeschreibung einfließt. „*Points of Interest*“ können zum Beispiel Hotels, Restaurants oder Tankstellen sein.

Forschungen aus dem Bereich der Wahrnehmungspsychologie zeigten, dass Personen, welche eine Wegbeschreibung anfertigen sollen (ob nun in grafischer Form oder mit Hilfe von Text), sich nicht ausschließlich nur auf grundlegende Elemente wie Richtungs- und Entfernungsangaben beschränken, sondern generell auch zusätzliche Orientierungshilfen, so genannte Landmarken, der Beschreibung hinzufügen [Tversky & Lee 1999]. Gleichermäßen hat man festgestellt, dass Personen, welche sich mit Hilfe einer Wegbeschreibung navigieren, die empfundene Qualität davon abhängig machen, ob Landmarken verwendet wurden [Lovelace et al. 1999]. Das gänzliche Fehlen von Landmarken bei Wegbeschreibungen in der Fußgängernavigation wird sogar als negativ registriert [Michon & Denis 2001]. Landmarken bezeichnen topografische Objekte im Raum, welche leicht wieder erkannt und mit einer bestimmten geografischen Umgebung in Verbindung gebracht werden können. Sie dienen dazu, eine Route im Raum zu verankern und bilden eine wichtige Basis der menschlichen Navigation. Die Anzahl und Qualität von Landmarken hat direkten Einfluss auf die empfundene Qualität von Wegbeschreibungen [Elias 2006].

In vielen Situationen wäre ein auf Fußgänger zugeschnittenes Navigationssystem wünschenswert. Sei es bei der Suche nach der nächstgelegenen Bushaltestelle, dem schnellsten Weg zum Restaurant oder einem touristischen Rundgang. Um ein solches Navigationssystem zur Verfügung stellen zu können, müssen Faktoren der menschlichen Kommunikation und Verarbeitung von Weganweisungen berücksichtigt werden. Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden wichtige Faktoren erarbeitet und in einem Modell beschrieben. Dazu müssen die die Navigation beeinflussenden Personen- und Situationsdaten identifiziert und mit Landmarken verknüpft werden. Mithilfe dieser Faktoren kann navigierenden

Personen eine personalisierte und an ihre Bedürfnisse angepasste Routenbeschreibung präsentiert werden.

1.2 Problemstellung und Ausgangssituation

Benutzer von (mobilen) Navigationssystemen werden von einem System entlang einer Route bei ihrer Wegfindung unterstützt. Dabei wird den Wegsuchenden Information in multimedialer Form, also verbal, als Bild (Karte) oder Text zur Verfügung gestellt [Bollmann 2002]. Eine solche Karte weist meist die notwendige topografischen Information auf, verzichtet jedoch in der Regel auf Landmarken als unterstützende Objekte. [Lovelace et al. 1999] schreiben jedoch, dass vor allem die Verwendung von Landmarken für die Qualität von Wegbeschreibungen ausschlaggebend ist.

Aufgrund der Eigenschaft des Menschen, Distanzen nur ungenau schätzen zu können, sind insbesondere Fußgänger mit ihren vielfältigen Bewegungsmöglichkeiten auf Wegbeschreibungen mit weiteren Hilfestellungen angewiesen. Um sich zu orientieren, benutzen Menschen Wegbeschreibungen, die Landmarken als wesentlichen Bestandteil integrieren, wie zum Beispiel „hinter der Kirche rechts abbiegen“, welche im Gegensatz zur Anweisung „nach 250 m rechts abbiegen“ für die Fußgänger wesentlich einfacher nachzuvollziehen sind [Sorrows & Hirtle 1999].

Neben dem Fehlen von Landmarken in Routenbeschreibungen ist es auch mit derzeitigen Navigationssystemen nicht möglich, die Routen und oder Routenbeschreibung an die äußeren Bedingungen und Bedürfnisse der wegsuchenden Personen anzupassen. Elias [2006] schreibt dazu, dass die Aufgabe der Navigation heute von automatischen Navigationssystemen übernommen werden kann. Die Datengrundlage der zurzeit bestehenden Systeme basiert jedoch auf der Angabe von Straßennamen und Distanzen und beinhaltet keine Information über Landmarken. Um die Qualität und Akzeptanz der Systeme in Zukunft zu verbessern, wird gefordert, diese für den Menschen intuitiver zu gestalten. Dazu ist es notwendig, die zugrunde liegenden Strukturen der menschlichen Navigation und der Kommunikation von Wegbeschreibungen zu erkennen und in Informationssystemen nachzubilden.

1.3 Ziel und Vorgehensweise

In dieser Diplomarbeit wird ein Modell entwickelt, welches für die menschlichen Bedürfnisse der Wegfindung konzipiert ist. Freksa [1999] bezeichnet die Handlung des Wegfindens als Prozess, der die Kommunikation von räumlichem Wissen beinhaltet, der kognitive Leistung erfordert, und somit Unterstützung benötigt, um diesen Aufwand zu reduzieren. Wegfinden kann auch darin bestehen, einer in der Umwelt markierten Route zu folgen, was zum einen den kognitiven Aufwand und zum anderen die Unsicherheit auf ein Minimum reduziert [Allen 1999]. Ein Beispiel für eine markierte Route könnte ein beschilderter Fußweg sein, der von einer Sehenswürdigkeit zur anderen führt. Diese Beschilderung beziehungsweise Wegweisung wird im hier beschriebenen Modell von Landmarken übernommen, welche bereits als ein essentieller Baustein in der menschlichen Wegfindung anerkannt sind [Burnett 1998, Denis et al. 1999, Lovelace et al 1999, Tversky & Lee 1998].

Wie gut sich jedoch ein topografisches Objekt als Landmarke eignet, ist kontextabhängig. Bei Dunkelheit etwa ist ein rotes Gebäude nicht mehr als solches auszumachen und daher eventuell nicht mehr als Landmarke geeignet. Eine Nutzerbefragung von Winter et al. [2004] hat gezeigt, dass zum Beispiel die Tageszeit (Tag oder Nacht) auf die Auswahl der adäquaten Landmarken einen nachweisbaren Einfluss hat. Auch Menschen haben unterschiedliche Gründe und Voraussetzungen für eine Navigation im Raum. Das bedeutet, dass nicht jede Wegbeschreibung für jeden Menschen gleich gut geeignet ist. Lovelace et al. [1999] schreibt zum Beispiel, dass ein wichtiger Faktor für die Auswahl der angezeigten Landmarken entlang einer Route das Routenwissen einer Person ist.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, ein Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken zu entwickeln. Dies ermöglicht, eine als qualitativ hochwertig empfundene Wegbeschreibung zur Verfügung zu stellen. Dazu muss erforscht werden, welche Faktoren für die Wegfindung von Bedeutung sind. Reichenbacher [2004] schreibt, dass die Fußgängernavigation vom Handlungs- und physikalischen Kontext abhängig ist. Der Handlungskontext beschreibt das Ziel und die soziale Position von Personen. Der physikalische Kontext bezieht sich auf die Umgebung sowie den Zeitpunkt der Handlung. Abhängig vom jeweiligen Kontext benötigen Fußgänger verschiedene Objekte um ihre Wegfindung erfolgreich abzuschließen. [Dix 2000].

Als erstes Ziel gilt es herauszufinden, ob und wie sich die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Auswahl der Landmarken auswirken, und ob es Unterschiede zwischen der Relevanz einzelner Faktoren gibt. Nach Bestimmung der wichtigsten Personen- und Situationsattributen müssen diese noch gewichtet werden. Eine Gewichtung ist notwendig, da wahrscheinlich nicht alle Attribute gleichen Einfluss auf die Routeninformationsauswahl haben. Es wird sich zeigen, dass die Gewichtung der Einflussfaktoren relativ komplex ist und in dieser Arbeit nur auf experimenteller Ebene geschehen kann, da in der Literatur keine Anhaltspunkte zu finden sind.

Mit diesem Wissen wird ein Modell konzipiert und prototypisch implementiert. Das Modell wird dadurch charakterisiert, dass es für die Wegbeschreibung Landmarken verwendet und die Weganweisungen nicht wie herkömmliche Navigationssysteme nur aus geometrischen Daten berechnet. Vielmehr lässt es den Kontext, in dem die Navigation stattfindet, in die Berechnung der Route mit einfließen. Dies geschieht durch Personalisierung, was bedeutet, dass die Benutzer(-innen) durch Eingabe von Daten die Möglichkeit haben, die Routenbeschreibung an den Handlungskontext und physikalischen Kontext anzupassen.

1.4 Gliederung

Zu Beginn werden in Abschnitt 2 die notwendigen Grundlagen zum Verständnis von Navigation vorgestellt. Neben der Definition von Navigation werden die Komponenten der Navigation – Wegfindung und Lokomotion – erläutert. Weiters wird auf die Orientierung des Menschen im Raum eingegangen, vor allem wie man sich Umgebungswissen erwerben und es später wieder abrufen kann.

Eine entscheidende Rolle in der Navigation spielen Landmarken. Warum das so ist, und welche Objekte als Landmarken dienen können wird in Abschnitt 3 erläutert. Dabei zeigt sich, dass Landmarken nicht nur Objekte sind, die sich durch besondere Eigenschaften oder Charakteristika von ihrer Umgebung abheben, sondern auch, dass Umwelteinflüsse und persönliche Eigenschaften der wegsuchenden Personen eine erhebliche Rolle für die Bestimmung von Landmarken spielen.

Da Landmarken in der Fußgängernavigation einen erheblichen Einfluss auf die empfundene Qualität der Routenbeschreibung haben, wird in Abschnitt 4 auf die Bedeutung von Landmarken im Kontext der Fußgängernavigation eingegangen. Hier werden als erstes die Schwächen von bisherigen Fußgängernavigationssystemen beleuchtet. Um diese Schwächen beseitigen zu können, muss bestimmt werden, wie sich der Kontext der Fußgängernavigation auswirkt. Darauf aufbauend können die Einflussfaktoren extrahiert werden.

Mit der gewonnenen Information wird in Abschnitt 5 ein Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken entwickelt. Es wird dabei auf die Person, welche die Navigation durchführt, und die Situation, in der die Navigation durchgeführt wird, eingegangen. Die in Abschnitt 4 nur ansatzweise beschriebenen Personen- und Situationsattribute werden hier in Attribut-Werte-Tabellen aufbereitet und dienen als Grundlage für die weitere Vorgehensweise. Zum Abschluss von Abschnitt 5 werden Beispielszenarien vorgestellt, welche die bisherigen Erkenntnisse grafisch darstellen und auswerten.

Abschnitt 6 befasst sich mit der Konzeption für die Implementierung des adaptiven Modells. Besonderes Augenmerk wird hier auf das Datenmodell und die Benutzeroberfläche gelegt. Anschließend erfolgt in Abschnitt 7 die Vorstellung der prototypischen Implementierung und Evaluierung des Modells. Die Implementierung zeigt eine webbasierte Lösung einer möglichen Umsetzung des Modells.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick auf mögliche Einsatzgebiete des vorgestellten Modells ab.

2 Grundlagen

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Begriffe zum Thema Navigation und Karten erläutert.

2.1 Navigation

Menschen und Tiere bewegen sich aus vielerlei Gründen durch ihre Umwelt, zum Beispiel, um an Essen oder Nahrung zu kommen, Freunde zu treffen oder Schutz zu finden. Tiere müssen außerdem eine Wegstrecke sehr effizient zurücklegen, da sie in Nahrung und Kraft limitierter sind als Menschen. Eine solche zielgerichtete und koordinierte Bewegung durch eine Umwelt nennt man Navigation [Montello 2000].

[Elias 2006] beschreibt Navigation als den Vorgang der Orientierung im Raum mit dem Ziel, einen bestimmten Ort zu erreichen. Dabei werden drei Teilbereiche unterschieden:

- **Positionierung:** Bestimmung der aktuellen Position und Orientierung im Raum.
- **Routenplanung:** Zurechtlegen der Wegstrecke zwischen aktuellem Standpunkt und Ankunftsziel durch räumliches Wissen.
- **Fortbewegung:** Bewegung auf geplanten Streckenabschnitten, dabei Halten des Kurses.

Der Begriff Navigation wird meist mit seinen Anwendungsgebieten in der See und Luftfahrt in Verbindung gebracht. Zusätzlich umschließt dieser Begriff aber auch die menschliche Fähigkeit, sich zu orientieren und einen Weg zu finden.

Navigation ist also nicht nur Schiffskapitänen, Piloten und Forschern vorbehalten, sondern ein Bestandteil des alltäglichen Lebens aller Menschen. Wenn wir zur Arbeit gehen, Freunde besuchen, oder am Morgen den Weg ins Badezimmer finden, spielt die Navigation eine Rolle. Der Mensch nützt für die Navigation ein Repertoire an kognitiven Fähigkeiten wie Wahrnehmung, Erinnerung, Verstand und andere motorische Fähigkeiten, die über kognitive Informationsverarbeitung zu einer effizienten Bewegung führen. Navigation ist also eine koordinierte und zielgerichtete Bewegung eines Organismus, oder einer intelligenten Maschine durch eine Umwelt. Sie umfasst sowohl Planung als auch Durchführung einer Bewegung und besteht aus den Komponenten Lokomotion und Wegfindung. Unter Lokomotion versteht man eine zur nahe gelegenen Umgebung koordinierte, physische Bewegung. Wegfindung ist das Planen und Entscheiden in Koordination mit der nahe gelegenen wie auch der fernen Umgebung. [Montello 2000]

2.1.1 Komponenten der Navigation: Lokomotion und Wegfindung

Montello [2000] schreibt, dass sich Navigation aus den zwei Komponenten Lokomotion und Wegfindung zusammensetzt. Lokomotion ist die, durch die nahe (über das Sinnessystem erfassbare) Umgebung, koordinierte Bewegung eines Menschen durch eine Umwelt. Bei einer Lokomotion müssen verschiedene

Verhaltensprobleme gelöst werden, wie zum Beispiel auf welchem Untergrund bewegt man sich, Hindernisse und Barrieren identifizieren und ausweichen, die Bewegung in die entsprechende Richtung steuern und aufpassen, dass man bei einer Türöffnung nicht gegen den Rahmen stößt.

Es gibt verschiedene Arten von Lokomotion. Zum einen die nicht maschinenunterstützte Lokomotion, bei der sich ein Mensch durch gehen, laufen, springen, rollen, klettern etc. fortbewegt. Zum anderen die maschinenunterstützte Lokomotion, bei der eine Fortbewegung mit Hilfe von Flugzeug, Zug, Automobil, Fahrrad etc. stattfindet. Die Art der Lokomotion hat Einfluss darauf, welcher Weg gewählt wird und welche Information für die Bewegung nötig ist. Montello [2000] unterscheidet zwischen selbstgerichteter / fremdbestimmter und aktivier / passiver Lokomotion. Von selbstgerichteter Lokomotion spricht man, wenn die sich bewegende Person ihre Bewegungsgeschwindigkeit und Richtung eigenständig wählt. Bei einer selbstgerichteten Lokomotion schenkt der Mensch seiner Umwelt und Bewegung mehr Beachtung, was scheinbar zu einem höheren Umweltlernen führt [Feldman & Acredolo 1979].

Aktive und passive Lokomotion unterscheiden sich dadurch, ob die Bewegung aus eigener Kraft vorgenommen wird. Eine Lokomotion, welche nicht maschinenunterstützt ist, ist also aktiv. Menschlich angetriebene Maschinen wie Inlineskates, Skateboards und Fahrräder verringern den aktiven Anteil der Lokomotion. Eine Lokomotion mit Hilfe von motorgetriebenen Maschinen wie Automobil oder Motorrad ist passiv. Ob eine Lokomotion aktiv oder passiv ist hat meist einen Einfluss auf die Wegdistanz der Lokomotion [Philbeck 2001].

Im Gegensatz zur Lokomotion ist die Wegfindung eine zielgerichtete und geplante Bewegung in einer Umwelt. Wegfindung benötigt ein Ziel, also eine Destination, die erreicht werden will. Wegfindung ist erfolgreich, wenn ein Zielort innerhalb von gewissen räumlichen und zeitlichen Beschränkungen erreicht wird [Rüetschi und Timpf 2004].

Meist liegt dieses Ziel jedoch nicht innerhalb der nahe gelegenen Umgebung. Daher kommt die Sinneswahrnehmung weniger zum Tragen. Bei der Wegfindung spielt Weginformation, abgespeichert im Gehirn oder auf Artefakten, wie Landkarten, eine wichtige Rolle. Bei der Wegfindung müssen Wegplanungen und Wegentscheidungen getroffen werden, wie Routenentscheidungen, globale Landmarksorientierungen, Abkürzungen und zeitliche Wegplanungen [Montello 200].

Navigation ist nun ein Zusammenspiel von Lokomotion und Wegfindung, wobei beide Komponenten gleich wichtig sind. Eine Navigation ist weder ohne Lokomotion noch ohne Wegfindung möglich. Es gibt jedoch Fälle wo kurzweilig das eine ohne das andere auskommt. Fahrgäste in einem Bus oder in einer Bahn führen eine Lokomotion ohne Wegfindung durch, außer in dem Moment in dem sie sich für den richtigen Bus/Zug entscheiden müssen [Montello 2000]. Eine Wanderung in den Bergen zeigt immer wieder auf, dass sich Wegfindung von Lokomotion unterscheidet. Das erfolgreiche Lesen einer Wanderkarte bedeutet nicht immer, dass man sicher und unbeschadet sein Ziel erreicht.

2.1.2 Geografische Orientierung

Navigation wurde als koordinierte und zielgerichtete Bewegung definiert. Eine erfolgreiche Navigation bedeutet also, dass ein Ziel in einer effizienten und unfallfreien Art und Weise erreicht wird. Um dies zu erreichen, muss eine wegsuchende Person wissen, wo sie sich gerade, relativ zum Ziel, befindet. Die Person muss sich also orientieren können. Fast alle menschlichen Verhaltensweisen benötigen eine gewisse Form von Orientierung, wie auch zum Beispiel, die Gabel zum Mund zu führen ohne sich dabei ein Auge auszustechen.

Im Weiteren ist für diese Arbeit unter Orientierung jedoch geografische Orientierung zu verstehen, also die Position einer Person in Beziehung zur Erdoberfläche. Die Orientierung von Menschen zu ihrer Umgebung tritt in verschiedenen Graden auf, zum einen in Bezug auf die Skalierung der Umgebung in der sie sich befinden, zum anderen zu ihren Fähigkeiten und Kenntnissen. Menschen können zwar wissen in welcher Stadt sie sich befinden, jedoch nicht wo genau sie in dieser Stadt sind. Oder sie wissen in welche Richtung sie sich zu ihrem Ziel bewegen müssen, jedoch nicht wie weit es noch entfernt ist oder in welche Himmelsrichtung sie sich bewegen [Montello 2000].

Es ist also eine Reihe von Wissenszuständen für den Grad der Orientierung einer Person verantwortlich.

2.1.2.1 Orientierung/Navigation mit Hilfe von Karten

Zunächst soll geklärt werden, was in dieser Arbeit unter dem Begriff Karte beziehungsweise Landkarte verstanden werden soll. Die International Cartographic Association definiert den Begriff Karte wie folgt:

„A symbolized image of geographic reality, representing selected features or characteristics, resulting from the creative efforts of cartographers and designed for use when spatial relationships are of special relevance.“

[International Cartographic Association 1995]

Landkarten sind also eine externe Repräsentation von räumlichem Wissen der Erdoberfläche. Es gibt viele verschiedene Arten von Landkarten und viele verschiedene Einsatzmöglichkeiten dieser, eine der wichtigsten davon ist Navigation. Landkarten, welche sich zur Navigation eignen sollen, müssen einen Orientierungspunkt (Orient) besitzen. Früher war der Orientierungspunkt einer Karte, der Orient, eigentlich ein Gebiet im Osten. Heutzutage sind Karten jedoch so gestaltet, dass der Orientierungspunkt am Kopf der Karte Norden markiert.

Wenn Menschen Karten für die Orientierung in der Umwelt verwenden, ist es von Vorteil, wenn Benutzer und Karte in dieselbe Richtung ausgerichtet sind [Aretz & Wickens 1992]. Montello [2000] nennt dies *forward-up* oder *track-up* Ausrichtung. Ist eine Karte anders ausgerichtet, leidet die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Navigation. So wird sich eine Person, welche eine spiegelverkehrte „*You are here*“ - Karte (siehe Abbildung 1) liest, sich wahrscheinlich in die falsche Richtung bewegen.

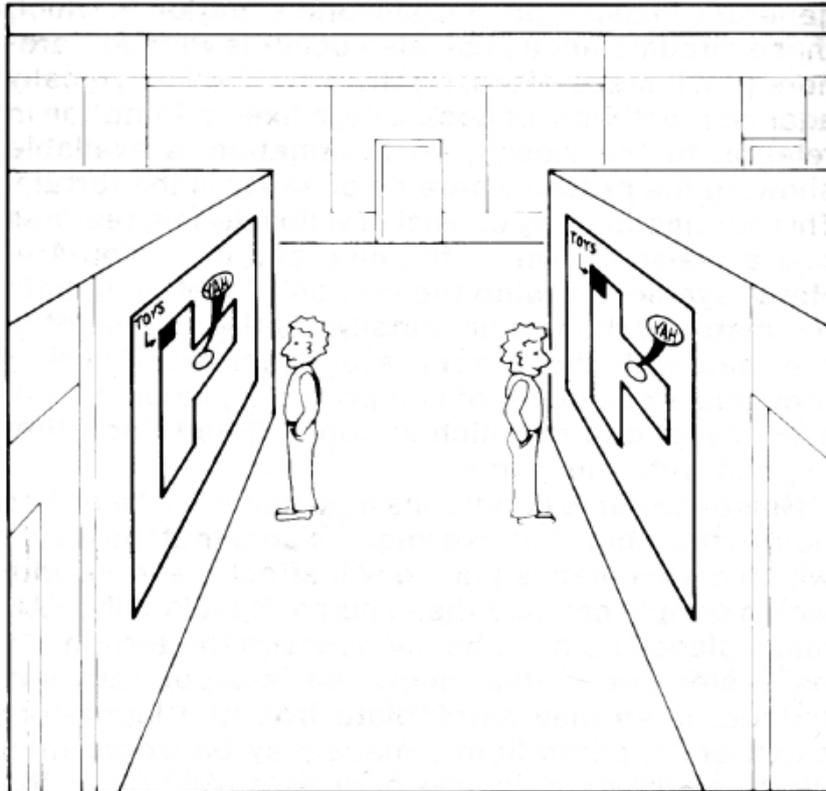


Abbildung 1: „You are here“ Karte [Montello 2000]

Es ist also wichtig, den Kartenlesern die Karte in der richtigen Ausrichtung zu präsentieren, um sie nicht zu verunsichern beziehungsweise um Fehler und Zeiteinbußen zu vermeiden [Kippel, Freska & Winter 2006].

Landkarten werden nach der Größe ihrer Darstellung, dem Maßstab, eingeteilt. Dieser gibt Aufschluss über die Genauigkeit einer Karte. Als großmaßstäblich bezeichnet man Karten mit kleiner Maßstabszahl, da sie ein kleines Gebiet groß darstellt. Analog bezeichnet man eine Karte mit großer Maßstabszahl als kleinmaßstäblich. Somit hat eine Karte mit Maßstab 1:100 einen größeren Maßstab als eine Karte mit 1:1000. [Bollmann 2002]. Die Darstellungsgenauigkeit ist vor allem für Landkarten von urbanen Gebieten wichtig. Bei kleiner werdenden Maßstäben können Objekte generalisiert, also zusammengefasst werden. Für die Fußgängernavigation sind daher eher Karten mit großen Maßstäben zu gebrauchen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Karte nicht zu überladen ist und die Benutzer nur mit der für sie wichtigen Information versorgt werden [nach Töpfer 1974].

2.1.3 Kognitive Karten

Der Begriff „kognitive Karte“ wurde von Tolman [1948] geprägt und ist heute in der Wissenschaft gebräuchlich für die interne menschliche Repräsentation von räumlicher Information.

Downs & Stea [1982] definieren kognitive Karten folgendermaßen:

„Eine kognitive Karte, als Produkt eines Menschen, ist eine strukturierte Abbildung eines Teils der räumlichen Umwelt. Eine kognitive Karte ist vor allem ein Querschnitt, der die Welt zu einem bestimmten Zeitpunkt zeigt. Kognitive Karten spiegeln ein Gebiet so wieder, wie ein Mensch glaubt, dass es ist. Solch eine Projektion muss nicht korrekt sein, Verzerrungen treten häufig auf.“

Die Verwendung von kognitiven Karten ist die bewusste und motivierte Entschlüsselung von Umgebungsinformation, um diese für Positionsbestimmungen, Objektbestimmungen, Wegsuche und Informationsweitergabe zu nutzen. Kognitive Karten sind im Gehirn als Punkte, Linien, Gebiete und Oberflächen gespeichert. Es gibt verschiedene Ebenen von räumlicher Information. Auf der fundamentalen Ebene lernen Menschen den Namen oder die Identität eines Objekts oder Platzes, dann die Lage, Größe, Häufigkeit des Auftretens und schließlich die Bestandsdauer [Golledge 1999].

Landmarken spielen bei kognitiven Karten eine wichtige Rolle. Durch ihre meist außergewöhnliche Form, Farbe, Größe oder kulturelle Eigenschaft prägen sich Landmarken beim Menschen leichter ein. Sie dienen meist als Ausgangspunkt, von dem aus andere räumliche Information aufgebaut werden.

2.1.3.1 Umgebungswissen und räumliche Repräsentation

Kognitive Karten sind im Gegensatz zu den in Abschnitt 2.1.2.1 besprochenen Landkarten nicht physisch vorhandene, sondern im Gehirn der Wegsuchenden abgespeicherte Information zu einer bestimmten Umgebung. Die kognitiven Karten von Personen beziehungsweise das Wissen zu bestimmten Gebieten entsteht durch Beobachtung und Wahrnehmung beim Reisen durch die Umwelt. Das Wissen einer Umgebung ist ein dynamischer Prozess, bei dem der Wissensstand ständig erneuert, ergänzt und neu zugeordnet wird [Golledge 1999].

Die gedankliche Repräsentation einer Umgebung stimmt nicht in jeder Beziehung mit der objektiven physikalischen Realität überein. Die „Welt in unseren Köpfen“ ist oftmals nur eine verzerrte Nachbildung der Umgebung mithilfe von gesammelten Erfahrungen. Solche kognitiven Karten sind für uns jedoch notwendig um uns in unserer Umwelt sicher zu bewegen, Wegbeschreibungen zu geben oder den kürzesten Weg zwischen zwei Orten zu finden. [Jansen-Osmann 1997].

2.1.3.2 Erwerb von Umgebungswissen

Es gibt viele Wege wie man das Wissen über eine Umgebung erwerben kann [Tellevik 1992]. Ist eine Umgebung für Personen neu oder unerforscht, gibt es folgende mögliche Lernstrategien, um sich diese vertraut zu machen:

1. Aktives Durchsuchen und Erforschen der Umgebung
2. Sekundäre Informationsquellen wie Landkarten, Zeichnungen, verbale Beschreibungen, Fotos oder Videos der Umgebung studieren

3. Wahrnehmen der Umgebung durch kontrollierte Navigationsmechanismen wie

- Erforschen von Wegen ausgehend vom Ausgangspunkt
- Erforschungs- und Nachverfolgungsmethoden
- Erforschung von Grenzlinien
- Nachbarschaftserforschung
- etc.

Die am häufigsten angewandten Methoden, sich Wissen über ein Gebiet anzueignen, sind Wahrnehmung der Umgebung mittels Durchreisen und Lernen der Umgebung mittels Fotografieren oder Landkarten. Das Lernen über die Umgebung aus der Ich-Perspektive, also beim Durchreisen der Umwelt, unterscheidet sich von dem via Landkarten. In der Literatur werden diese zwei Arten von Umgebungslernen als *route based knowledge* und *survey knowledge* bezeichnet (in Srinivas & Hirtle [2007], Golledge, Dougherty & Bell [1995]).

Man muss weiters zwischen dem Erlernen einer Route und dem routenbasierten Lernen unterscheiden. Das Erlernen einer Route beinhaltet einen Ausgangspunkt und einen Endpunkt und bezieht sich auf das Erlernen der einzelnen Routensegmente, Abzweigungen und die Abfolge der einzelnen Segmente und Abzweigungen. Hier ist es also wichtiger die Struktur der Route zu erlernen, als die Umgebung, durch die die Route führt.

Routenbasiertes Umgebungslernen ist die gebräuchlichste Art, sich Wissen einer Umgebung anzueignen [MacEachren 1986]. Menschen lernen im täglichen Leben ständig mehr über ihre nahe und ferne Umgebung. Routenbasiertes Lernen findet statt, indem spezifische Routen, Gebiete und Landmarken integriert, kombiniert und überlagert werden. Überlagerungsprozesse dienen dazu, verschiedene Eindrücke unterschiedlicher Erfahrungen miteinander zu einem einheitlichen Bild zu kombinieren [Golledge, Dougherty & Bell 1995].

2.1.3.3 Kognitive Aspekte der Wegfindung

Die Hauptfunktion von Umgebungswissen ist es, Navigation durch die reale Welt zu ermöglichen und dafür zu sorgen, dass man sich nicht verirrt [Siegel & White 1975]. Es gibt eine allgemeine Einteilung in drei in ihrer Komplexität zunehmenden Stufen von räumlichem Wissen, die inhaltlich aufeinander aufbauen [Siegel & White 1975, Thorndyke 1981, Herrmann et al. 1998, Golledge 1999]:

- **Landmarkenwissen:** Unter Landmarkenwissen versteht man Wissen, bei dem nur eine Menge von Landmarken ohne Zusammenhang erinnert wird [Schmauks 1998].
- **Routenwissen:** Das Wissen, wie man von einem Ort zum anderen gelangt (oder von einer Landmarke zur nächsten), nennt man Routenwissen [Wender 1998].

- **Überblickswissen:** Werden die einzelnen Sequenzen von Routenwissen miteinander verknüpft, entsteht Überblickswissen. Dazu sind die verschiedenen Objekte und Routenverbindungen in eine gemeinsame globale Gebietsstruktur integriert worden, so dass auch Alternativrouten, Abkürzungen oder Umwege bereitgestellt werden können [Schmauks 1998].

Die führende Rolle der Landmarken beim Aufbau eines räumlichen mentalen Modells scheint auf eine besondere Fähigkeit des Menschen bei der Erinnerung an Bilder hinzuweisen [Elias 2006]: die Wiedererkennung im speziellen Kontext (Recognition-in-Context [Siegel & White 1975]). Zum Zeitpunkt biologisch bedeutsamer Ereignisse speichert das Nervensystem ein multimodales Bild vom Ereignis, dem Kontext und der Situation des Organismus ab. Der Umfang dieses Bildes hängt vom Grad der Bedeutung, der Neuheit oder des Emotionswertes ab, den das Ereignis für die Person hat. Geht man davon aus, dass die Ausführung einer Entscheidung im Rahmen einer Fortbewegung innerhalb einer Route (z. B. ein Richtungswechsel) ein solch biologisch bedeutsames Ereignis ist, das über einen "Schnappschuss" festgehalten wird, kann man sich die Basis von mentalen räumlichen Repräsentationen als Bildersammlung von kritischen Wegpunkten vorstellen. Diese wird in dem Moment, in dem das Bild in der realen Welt wieder erkannt wird, abgefragt und der dazugehörige Kontext (zum Beispiel in welche Richtung abzubiegen ist) aus dem Gedächtnis aufgerufen [Elias 2006].

3 Landmarken

Der Begriff Landmarke stammt aus dem Englischen (*landmark*) und stand ursprünglich für ein vom Meer aus sichtbares Objekt an Land, das als Markierung in einer Seekarte eingetragen ist [Stams und Klippel 2002]. Nach gängigen Lexika, wie Encyclopedia Britannica, wird eine Landmarke als Wahrzeichen, Meilenstein oder Grenzstein verstanden. Eine der ersten und prägendsten Versuche, den Begriff Landmarke zu definieren, wurde von Lynch [1960] unternommen. Bei der Untersuchung von drei Städten in Amerika (Los Angeles, Boston und Jersey City) beschrieb er unter anderem die Bedeutung von Landmarken (in der deutschen Übersetzung „Merkzeichen“):

„Bei den Personen, die mit der Stadt gut vertraut waren, konnte man eine Neigung beobachten, sich zur Orientierung weitgehend auf ein System von Merkzeichen zu verlassen und eher auf Einmaligkeit und Spezialisierung als auf Kontinuität zu achten. Da die Benutzung eines Merkzeichens voraussetzt, dass aus einer Fülle von Möglichkeiten ein Element ausgesondert wird, ist das Hauptcharakteristikum dieser Kategorie Einmaligkeit beziehungsweise ein in diesem Zusammenhang einzigartiger oder merkwürdiger Anblick. Merkzeichen werden leichter erkannt und mit größerer Wahrscheinlichkeit als bedeutungsvoll angesehen, wenn ihre Form klar und einfach ist; wenn sie in starkem Kontrast zum Hintergrund stehen oder wenn die räumliche Situation besonders auffallend ist.“

Diese Betrachtungsweise ist allgemein anerkannt und Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen. In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Charakteristika

- Entfernung
- Zeitpunkt
- Standort
- Häufigkeit
- Visuelle Anziehungskraft
- Kognitive Anziehungskraft
- Strukturelle Anziehungskraft
- Bekanntheitsgrad der Umgebung
- Geometrische Eigenschaften
- Alter und Geschlecht der beobachtenden Person

untersucht.

3.1 Entfernung

Die Entfernung zwischen Betrachtern und Landmarke spielt eine wesentliche Rolle, ob eine mögliche Landmarke überhaupt als solche wahrgenommen wird. Es können hier zwei verschiedene Arten von Landmarken unterschieden werden, lokale Landmarken und globale Landmarken [Steck & Mallot 2000].

Man spricht von **lokalen Landmarken**, wenn der Abstand zwischen Fußgängern und Objekt nur gering sein muss, damit dieses als Landmarke erkannt wird, also zum Beispiel ein bestimmtes Gebäude an einem Pfad oder einer Straßenkreuzung. Vor allem in Städten sind solche lokale Landmarken für die Orientierung und Navigation von großer Bedeutung.

Globale Landmarken sind im Gegensatz dazu Objekte, welche bereits aus großer Entfernung sichtbar sind. Globale Landmarken dienen in der Navigation als Referenzpunkte und ändern sich nicht, wenn die Beobachter einen kurzen Weg zurücklegen. Sie ähneln einem Kompass, der bei der Wegfindung immer eine Richtung angibt. Beispiele hierfür sind Berge, Stadtsilhouetten oder hohe Gebäude.

Steck & Mallot [2000] haben eine Studie durchgeführt, welche den Einfluss der beiden Landmarkentypen bei der Orientierung untersucht hat. In dieser Studie wurde eine virtuelle Stadt „Hexatown“ (Abbildung 2) konzipiert. Hexatown besteht aus einem oktagonalen Grundriss, der von einem flachen Hintergrund und mit unregelmäßigen Bergketten und einer Stadtsilhouette umgeben ist. Die Berge, Turm und die Stadtsilhouette stellen die **globalen Landmarken** dar. Es wurde ein hexagonales Straßennetz eingefügt, dessen Kreuzungen 100 m von einander entfernt sind. In jede Kreuzung münden drei Straßen in einem Winkel von 120° zueinander. In jedem der drei Straßenecken einer Kreuzung wurden verschiedene Objekte platziert (Gebäude, Tankstellen, etc.). Zusätzlich ist jede

Kreuzung noch von einer Baumreihe umgeben, um lediglich die Aussicht auf die drei Objekte an der Kreuzung zuzulassen, welche somit als **lokale Landmarken** dienen.

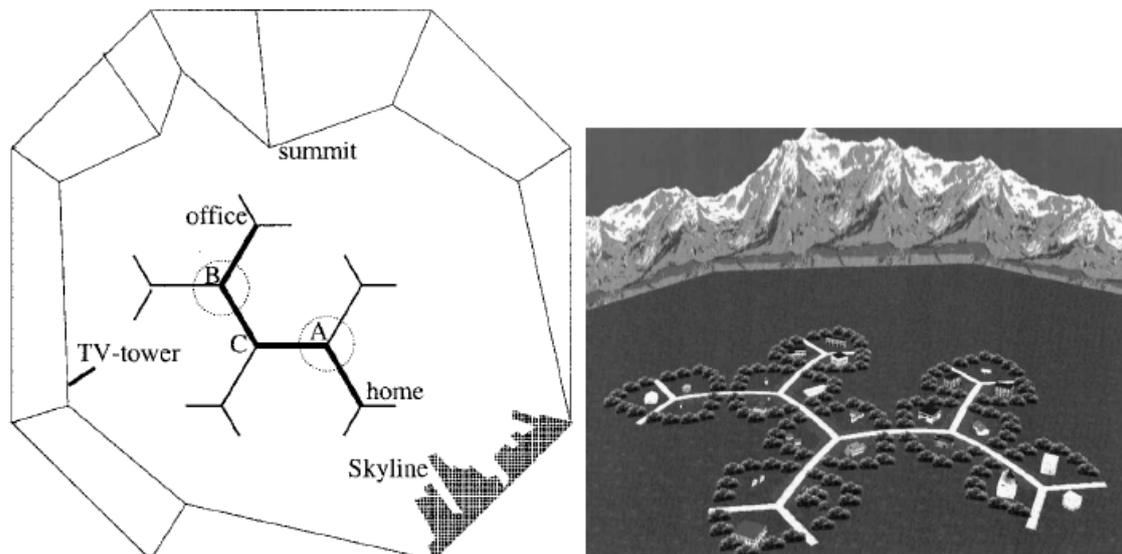


Abbildung 2: Hexatown [aus Steck & Mallot 2000]

Der Aufbau der Kreuzung als Y-Typ führt zu einer binären Wegentscheidung für die Wegsuchenden. Das Experiment besteht aus drei Phasen, zwei Trainings- und einer Testphase. In der ersten Phase soll von den Testpersonen die kürzeste Strecke zwischen dem virtuellen „home“ (A) und „office“ (B) in beiden Richtungen gelernt werden. In der zweiten Trainingsphase sollen die Punkte „home“ oder „office“ von beliebigen Startpunkten aus gefunden werden. Die Trainingsphasen endeten, sobald sie von den Probanden fehlerfrei absolviert wurden.

Vor den beiden Trainingsphasen wurden zwei verschiedene Zustände eingeführt. Ein Kontrollzustand, der dieselbe Landmarken-Konfiguration wie in den Trainingsphasen benutzt, sowie ein Konfliktzustand, bei dem die bevorzugten Strategien der Wegfindung herausgefunden werden sollen. Beim Konfliktzustand wurden die Objekte an den Kreuzungen umgestellt, die **globalen Landmarken** blieben jedoch wie in den Trainingsphasen, wodurch **globale** und **lokale Landmarken** verschiedene Entscheidungen hervorrufen sollten. Das Ziel war ausschlaggebend dafür, ob **lokale** oder **globale Landmarken** für die Orientierung benutzt wurden. In Richtung des Ziels „home“ war eine Stadtsilhouette sichtbar, an die sich die Probanden halten konnten. Beim Ziel „office“ war keine globale Landmarke hervorstechend sichtbar, und hier wurden stattdessen **lokale Landmarken** für die Wegfindung genutzt.

Ein interessantes Ergebnis der Studie ist, dass mehr als 60% der Testpersonen keinen Konflikt wahrgenommen haben. Das bedeutet, dass Menschen sich anscheinend in Konfliktsituationen unbewusst an nur einer Sorte von Landmarken orientieren. Es wurden für die Richtungsentscheidung **lokale**, **globale** oder **beide Landmarkentypen** verwendet, je nachdem, an welcher Position die Richtungsentscheidung geschah. Daher kann aus dem Experiment der Schluss gezogen werden, dass beide Typen Einfluss auf die Orientierung

haben. Ob nun **lokale** oder **globale Landmarken** für die Richtungsentscheidung genutzt wurden, hing davon ab, welche von beiden besonders hervor stachen. Die Landmarken bei der Position B „office“ – eine Tankstelle und ein Turm – unterschieden sich stärker von normalen Gebäuden wie Häuser etc. und wurden daher besser im Gedächtnis behalten. Die Landmarken bei der Position A „home“ waren drei eher unauffällige Gebäude, was dazu führte, dass hier vermehrt die Stadtsilhouette im Hintergrund, also eine **globale Landmarke**, für die Orientierung verwendet wurde.

3.2 Zeitpunkt

Bei der Beschreibung einer Route ist darauf zu achten, dass diese auch bei Dämmerung oder Dunkelheit zum Ziel führt. Dies haben Steck & Mallot [2000] in ihrem zweiten Experiment in der virtuellen Stadt „Hexatown“ verdeutlicht.

Für dieses Experiment wurde dasselbe Szenario wie in 3.1 verwendet, jedoch mit verschiedenen Lichtverhältnissen. Es wurden drei Lichtverhältnistypen simuliert. Eine Tageslichtphase, bei der sowohl **globale** wie **lokale Landmarken** sichtbar waren, eine Nachtlichtphase, bei der nur **lokale Landmarken** sichtbar waren, und eine Dämmerungsphase, bei der nur **globale Landmarken** sichtbar waren. Die folgende Abbildung 3 stellt die unterschiedlichen Lichtverhältnisse dar.

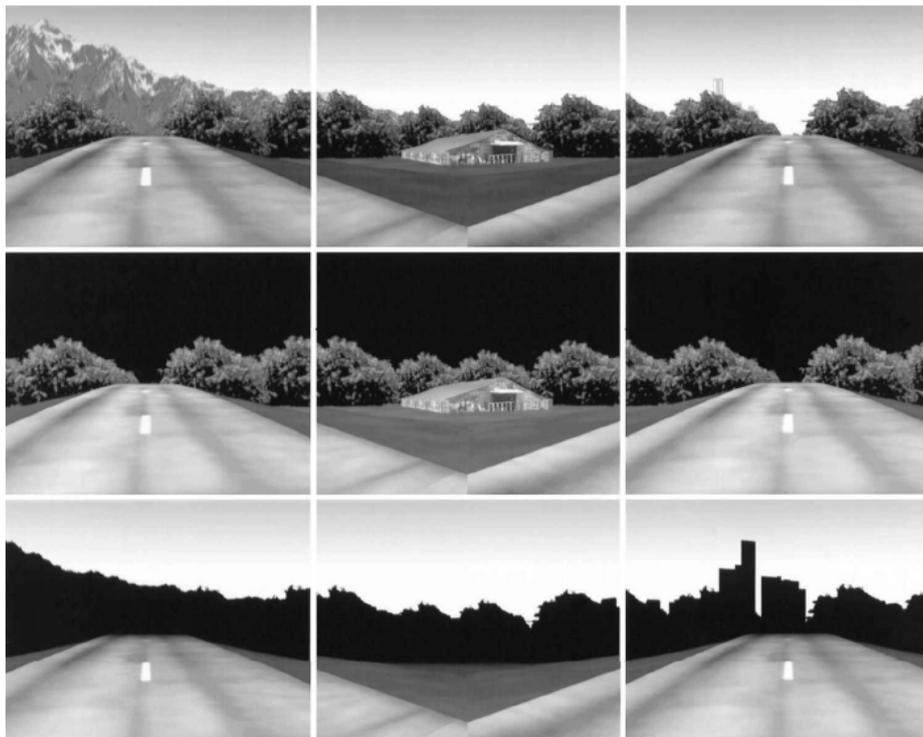


Abbildung 3: Lichtverhältnisse [aus Steck & Mallot 2000]

Der Ablauf des Experiments lief wie beim ersten Versuch. Die Probanden mussten zuerst eine Trainingsphase durchlaufen, um sich mit der Situation vertraut zu machen. In den Testphasen mussten die Teilnehmer dann in einem der drei Lichtverhältnisse entweder von „home“ nach „office“ oder entgegengesetzt navigieren. Es gab statt Kontroll- und Konfliktzustand, wie im

ersten Experiment, drei verschiedene Belichtungszustände (Tag, Nacht, Dämmerung). Damit sollte überprüft werden, ob Teilnehmer, welche im ersten Experiment zum Beispiel **lokale Landmarken** bevorzugt haben, auch Kenntnis über **globale Landmarken** haben und diese nutzen können. Dabei wurde festgestellt, dass beide Arten von Landmarken im Gedächtnis vorhanden sind und bei Bedarf auch benutzt werden.

Für die Fußgängernavigation, vor allem im urbanen Gebiet, sollten bei Dämmerung oder Dunkelheit mehr **lokale** als **globale Landmarken** verwendet werden. Ein wichtiger Aspekt hierfür ist die Beleuchtung eines Objekts. Wird eine **globale Landmarke** in der Nacht beleuchtet, ist sie weiterhin sichtbar und kann für eine Wegbeschreibung verwendet werden. Weiters wird die Sichtbarkeit von Landmarken durch das Wetter beeinflusst. Bei Nebel oder „Smog“ ist die Sicht auf **globale Landmarken** stark eingeschränkt, daher sollten hier vermehrt **lokale Landmarken** für eine Wegbeschreibung verwendet werden. Wird die Routenbeschreibung für einen späteren Zeitpunkt angefordert, kann jedoch die Wetterlage bereits ganz anders sein.

3.3 Standort

Der geografische Standort, an dem sich Landmarken befinden, spielt für die Wegbeschreibung eine große Rolle. Grob wird zwischen Landmarken an potentiellen Entscheidungspunkten und Landmarken an Punkten, an denen man sich nicht entscheiden muss, unterschieden.

Lovelace et al. [1999] unterscheiden vier verschiedene Standortmöglichkeiten für Landmarken.

- **Landmarks at route choice points:** So werden Landmarken bezeichnet, welche an Punkten (Kreuzungen) liegen wo eine Wegentscheidung getroffen werden muss.
- **Landmarks at potential choice points:** Sind Landmarken, welche an Kreuzungen liegen, an denen jedoch kein Richtungswechsel vorgenommen wird.
- **On route Landmarks (non-choice points):** Sind Landmarken entlang einer Route, die jedoch nicht an Entscheidungspunkten liegen.
- **Off route Landmarks:** Sind Landmarken welche nicht direkt am Weg liegen, jedoch für eine grobe Orientierung genutzt werden können. Beispiele hierfür sind Berge, Ozeane oder Stadtsilhouetten.

Die durchgeführte Studie ergab, dass für eine Wegbeschreibung zum Großteil Landmarken verwendet wurden, welche sich nicht direkt an Entscheidungspunkten befanden, sondern an „**potential choice points**“ oder „**non-choice points**“ lagen. Diese Landmarken sind deshalb besonders wichtig, weil sie den Wegsuchenden immer eine Rückmeldung geben, ob sie (die Wegsuchenden) sich noch auf dem richtigen Weg befinden. Dieses Wissen verringert das Gefühl des Verlorenseins und die Verunsicherung vor allem in unbekanntem Umgebungen.

3.4 Häufigkeit des Auftretens

Objekte müssen sich, um als Landmarke zu dienen, vom Rest der Umwelt abheben. Sorrows & Hirtle [1999] haben in ihren Untersuchungen zwei Charakteristika aufgeführt: entweder ihre **Einzigkeit** oder ihr scharfer Kontrast zu ihrer Umwelt. Die Einzigartigkeit eines Gebäudes wird dadurch bestimmt, ob es sich aus seiner unmittelbaren Umgebung durch eine hervorstechende Gestalt, Größe, Standort, Klarheit oder Alter hervorhebt. Als Beispiel nennen die Autoren die „*Cathedral of Learning*“ auf der Universität in Pittsburgh (siehe Abbildung 4), welche sich stark von den umliegenden kleineren Gebäuden abhebt und vom gesamten Campus aus sichtbar ist.

Eine zweite charakteristische Eigenschaft von Landmarken, die Sorrows & Hirtle [1999] aufführen, ist die „**prototypicality**“. Als prototypisch gilt ein Gebäude dann, wenn es für ein bestimmtes Gebiet typisch ist. Ein weißes traditionelles Haus mit grünen Fenstern ist beispielsweise prototypisch für die Region Aussee in der Steiermark. In einer anderen Region wäre solch ein Haus, gerade weil sie nicht sehr oft vorkommt, eher eine Landmarke aufgrund ihrer Einzigartigkeit.

Die Unterscheidung zwischen einzigartig und prototypisch ist nicht sehr einfach durchzuführen. Der Wiener Stephansdom ist prototypisch für die Wiener Innenstadt, aber auch einzigartig aufgrund seiner Größe, Architektur sowie kulturellen und historischen Bedeutung. Prototypische Landmarken lassen sich von Menschen relativ einfach erlernen, haben einen hohen Wiedererkennungswert und sind einfach einzuordnen. Im größeren räumlichen Maßstab können Prototypen auch gesamte Regionen repräsentieren, wie zum Beispiel der Eiffelturm — Paris, oder das Brandenburger Tor — Berlin.

3.5 Charakteristika

Sorrows & Hirtle [1999] unterscheiden drei Kategorien von Landmarken: **visuelle** (*visual*), **kognitive** (*cognitive*) und **strukturelle** (*structural*) Landmarken.

Eine **visuelle** Landmarke ist ein Objekt, welches sich in Größe, Form, Lage, Alter oder Reinlichkeit von seiner Umgebung unterscheidet. Als Beispiel geben Sorrows & Hirtle [1999] die „*Cathedral of Learning*“ auf der Universität in Pittsburgh an (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Cathedral of Learning, Pittsburgh [aus Sorrows & Hirtle 1999]

Bei einer **kognitiven** Landmarke steht die Bedeutung im Vordergrund. Ein Objekt kann aus zwei Gründen zur Landmarke werden. Entweder durch eine bestimmte Bedeutung, oder dadurch, dass es untypisch für die Umgebung ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt als **kognitive** Landmarke erkannt wird steigt mit dem Kontrast des Objekts zur Umwelt. Sorrows & Hirtle [1999] führen hier folgendes Beispiel an: Das Zimmer eines Studentenvertreters in einem Studentenwohnheim, obwohl strukturell und visuell identisch zu den anderen Zimmern, kann durch seinen einmaligen Status zur Landmarke für die Heimbewohner werden. Daraus ist zu erkennen, dass **kognitive** Landmarken persönlicher Natur sind, und von Personen, die mit der Umgebung nicht vertraut sind, oft nicht wahrgenommen werden.

Als **strukturelle** Landmarke gelten laut Sorrows & Hirtle [1999] Objekte, die eine bestimmte Rolle oder Platz im Raum einnehmen. Dies sind vor allem Landmarken, welche besonders gut zugänglich sind oder einen bekannten Standort haben, wie zum Beispiel die Dreifaltigkeitssäule am Linzer Stadtplatz oder der Praterstern in Wien.

Die drei Kategorien, **visuell**, **kognitiv** und **strukturell** umfassen grob die Unterschiede zwischen möglichen Landmarken. Es ist jedoch zu beachten, dass keine dieser Landmarkenkategorien eigenständig ist. Eine „starke“ Landmarke wird aus Eigenschaften aller drei Kategorien bestehen.

Raubal & Winter [2002] haben sich mit der Kategorisierung von Sorrows & Hirtle [1999] beschäftigt und haben ihrerseits Merkmale definiert. Sie vermuten, dass die visuelle, kognitive und strukturelle Anziehungskraft eines Objekts dafür ausschlaggebend ist, ob es in einer Umwelt als Landmarke erkannt wird.

3.5.1 Visuelle Anziehungskraft

Landmarken zeichnen sich als visuell anziehend dadurch aus, dass sie in Kontrast zu ihrer Umwelt stehen. Raubal & Winter [2002] führen vier Eigenschaften im

Bezug auf die visuelle Anziehungskraft an: Farbe, Form, Fassade und Sichtbarkeit eines Objekts.

- **Fassade:** Unter einer Fassade versteht man den sichtbaren, oft gestalteten, Teil eines Gebäudes beziehungsweise Objekts. Sie ist eine wichtige Eigenschaft dafür, wie stark sich ein Objekt von seiner Umgebung abhebt. Menschen neigen dazu, Objekte mit einer signifikant höheren oder niedrigeren Fassade als die der umgebenden Objekte schneller wahrzunehmen.
- **Form:** Die geometrische Eigenschaft eines Objekts ist auch ausschlaggebend für die visuelle Anziehungskraft. Vor allem unkonventionelle Formen stechen besonders ins Auge. Raubal & Winter [2002] sprechen außerdem von einem Formfaktor, welcher die Proportion von Höhe und Breite eines Objekts beschreibt. Je höher der Formfaktor, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt als Landmarke dienen kann. Wolkenkratzer haben zum Beispiel einen hohen Formfaktor, lange, niedrige Gebäude hingegen einen niedrigen Formfaktor.
- **Farbe:** Ein Objekt kann sich von seiner Umgebung auch durch seine Farbe abheben. Die Farbeigenschaft eines Objekts als visuelles Erkennungsmerkmal zu verwenden kann jedoch problematisch sein. Beleuchtung, Reflexion/Absorption, Oberflächenbeschaffenheit und vor allem der in Abschnitt 3.2 besprochene Zeitpunkt der Beobachtung, also Tag/Nacht/Dämmerung, haben Einfluss auf die visuelle Wahrnehmung.
- **Sichtbarkeit:** Die Sichtbarkeit ergibt sich aus einer Fläche, von der aus das Objekt sichtbar ist. Je größer die Sichtbarkeitsfläche eines Objekts im Gegensatz zu den umliegenden Objekten ist, desto höher ist die Chance, dass es auffällt. Als Beispiel führen Raubal & Winter [2002] die Sichtbarkeit des Gebäudes der Singerstraße 1 in der Wiener Innenstadt an (siehe Abbildung 5). Das Gebäude ist nur innerhalb der blauen Markierung zu sehen.

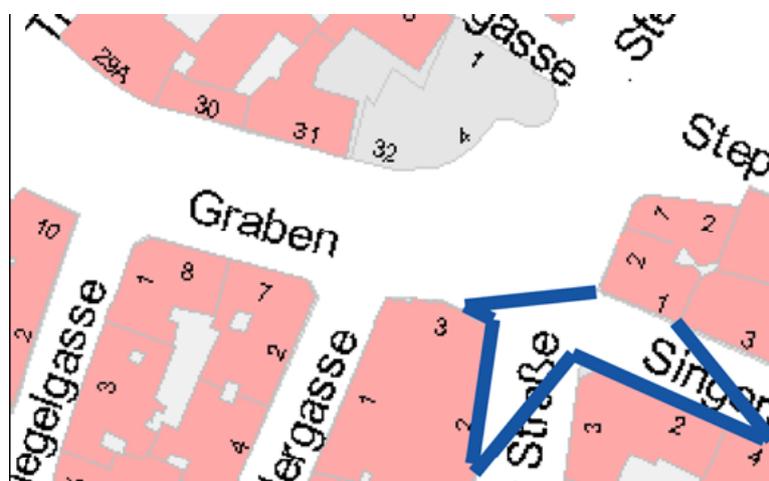


Abbildung 5: Beispiel für die Sichtbarkeitsfläche der Singerstraße 1
[aus Raubal & Winter 2002]

3.5.2 Semantische / kognitive Anziehungskraft

Die semantische Anziehungskraft beschreibt, ähnlich wie kognitive Landmarken, die Bedeutung eines Objekts. Raubal & Winter [2002] nennen als Eigenschaften für die semantische Anziehungskraft eines Objekts eine kulturelle und historische Bedeutung oder eine Beschilderung des Objekts.

- **Kulturelle und historische Bedeutung:** Beispiel hierfür ist das für seine Jugendstilarchitektur bekannte ‚Looshaus‘ im ersten Wiener Gemeindebezirk. Information über kulturell und historisch bedeutende Objekte einer Stadt kann oft aus einer dafür vorgesehenen Datenbank gewonnen werden. Die Stadt Wien bietet hierfür das Kulturgüterkataster, eine Datenbank über historische, archäologische und historische Schätze Wiens an. Dadurch ist es möglich solche Objekte relativ einfach als Landmarken zu identifizieren und für Wegbeschreibungen zu nutzen.
- **Beschilderung:** Für einen Wegsuchenden kann ein Schild an einer Gebäudefront die semantische Bedeutung des Gebäudes eindeutig spezifizieren. Wenn ein Gebäude zum Beispiel mit „Kaffeehaus X“ oder „Museum Y“ beschildert ist, sagt dies etwas über das Gebäude aus, was rein aus den visuellen Eigenschaften nicht hergeleitet werden kann.

3.5.3 Strukturelle Anziehungskraft

Eine strukturelle Anziehungskraft haben Objekte dann, wenn sie sich durch auffällige Merkmale von ihrer Umwelt abheben oder eine wichtige Rolle in ihrer Umwelt einnehmen. Die von Raubal & Winter [2002] genannten strukturellen Landmarken sind zum Beispiel Kreuzungen oder Plätze in der Innenstadt, die durch auffällige Merkmale einen Bekanntheitsgrad besitzen. Für die menschliche Wegfindung in Städten sind vor allem Knotenpunkte von Wegen und Grenzen interessant.

- **Knotenpunkte:** Unter Knotenpunkten versteht man weitläufig eine Kreuzung. Für Autofahrer sind dies meist Straßenkreuzungen, für Fußgänger können es Plätze sein, für Geschäftsreisende Flughäfen. Ein Knotenpunkt zeichnet sich also dadurch aus, dass sich zumindest zwei Weglinien kreuzen. Die strukturelle Anziehungskraft eines solchen Knotenpunkts hängt davon ab, wie viele Weglinien zusammentreffen. Eine T-Kreuzung ist in Wegnetzwerken weit verbreitet und wirkt nicht so auffallend wie zum Beispiel ein Platz (siehe Abbildung 6).
- **Grenzen:** Raubal & Winter [2002] stellen die Hypothese auf, dass eine Verbindung besteht zwischen der Energie, die aufgewendet werden muss um eine Grenze zu übertreten, und der Wahrnehmung der strukturellen Eigenschaften dieser Grenze. Zum Beispiel: die Westbahnlinie in Wien trennt zwei Gemeindebezirke und kann nur über eine von zwei Brücken oder einen Tunnel überquert werden. Ein weiteres Beispiel ist der Donaukanal in Wien, der das Straßennetz des ersten und zweiten Gemeindebezirks trennt. Je schwerer also eine Grenze zu überwinden ist, desto auffälliger ist sie.

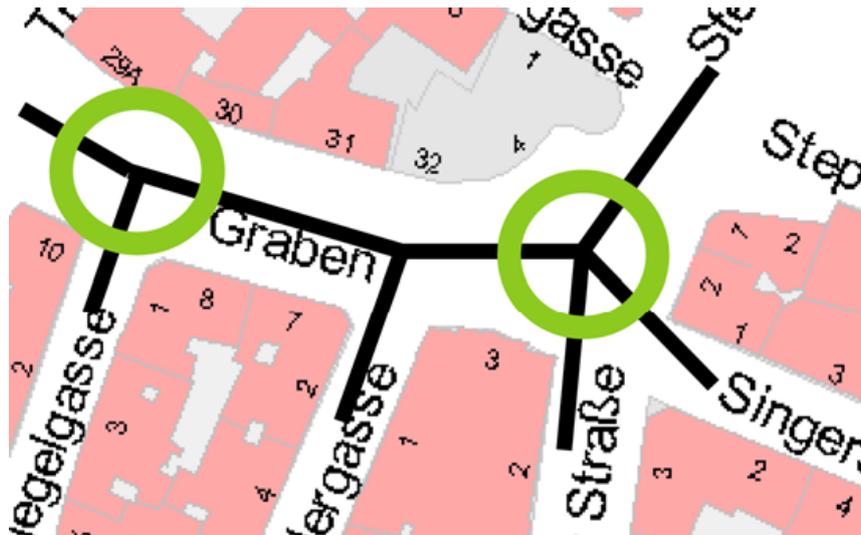


Abbildung 6: T-Kreuzungen haben einen geringern Wiedererkennungswert als zentrale Plätze
[aus Raubal & Winter 2002]

3.6 Bekanntheitsgrad mit Umgebung

Die Qualität der Wegbeschreibung hängt stark davon ab, ob den Wegsuchenden die Umgebung, für die sie die Wegbeschreibung bekommen haben, vertraut ist oder nicht [Lovelace et al. 1999]. Es gibt jedoch auch Landmarken, die generell bekannt sind. Dies sind meist Gebäude mit hoher Bekanntheit oder Berühmtheit, wie zum Beispiel der Stephansdom in Wien oder der Big Ben in London. Sorrows & Hirtle [1999] bezeichnen diese Eigenschaft als **prominence** und verbinden sie damit, dass ein Objekt von weitem her erkennbar ist oder, dass es direkt an einem Knotenpunkt steht.

Jedoch ist hier zu beachten, dass ein Gebäude nur, weil es von weitem zu sehen ist, nicht allgemein bekannt sein muss. Unter **prominence**, was in der deutschen Übersetzung soviel wie „hervortretend“ bedeutet, versteht man also ein besonders hervortretendes – hervorstechendes Gebäude. Damit ein Gebäude als „hervortretend“ erkannt wird, assoziiert jedoch mit der Bekanntheit der Umgebung. Sorrows & Hirtle [1999] sprechen hier von **kognitiven Landmarken**. Das bedeutet, dass, je besser man seine Umwelt kennt, desto wahrscheinlicher werden auch diese optisch auffälligen Gebäude als Landmarken betrachtet.

Lovelace et al. [1999] haben eine Studie durchgeführt, bei der Wegbeschreibungen in bekannten und unbekanntem Umgebungen untersucht wurden. Die Studie sollte zeigen, welche Unterschiede auftreten bei der Anzahl, Art und Position der für die Wegbeschreibung in bekannten und unbekanntem Umgebungen verwendeten Landmarken. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass je besser Personen mit der Umgebung vertraut sind, desto präziser werden die von ihnen erstellten Wegbeschreibungen. In unbekanntem Umgebungen sind Wegbeschreibungen meist vereinfacht, unvollständig oder falsch. Getestet wurde diese Hypothese durch eine Personenbefragung. Die Personen mussten innerhalb eines Universitätscampus in ihnen vertrauten und nicht vertrauten Umgebungen Wegbeschreibungen mit Hilfe von Landmarken erstellen.

Ergebnis des Tests war, dass bei vertrauten Umgebungen die Wegbeschreibung kompletter und genauer war als in nicht vertrauten Umgebungen. Verschiedene Arten von Landmarken waren ausschlaggebend für die Qualität der Wegbeschreibung in bekannten beziehungsweise unbekanntem Umgebungen. Es wurde zwischen vier verschiedenen Landmarkpositionen unterschieden (siehe Abschnitt 2.3): *route choice points*, *potential choice points*, *on route*, *not at choice points* und *off route* Landmarken.

Am Wichtigsten für eine Wegbeschreibung in unbekanntem Umgebungen waren Landmarken an Entscheidungspunkten (*route choice points*). Für das Qualitätsempfinden der Routenbeschreibung waren vor allem Landmarken entlang der Route (*on route*, *not at choice points*) ausschlaggebend, da diese immer wieder Rückmeldungen an die Wegsuchenden lieferten, ob sie sich noch am richtigen Weg befanden. Kaum verwendet wurden Landmarken an potentiellen Entscheidungspunkten (*potential choice points*) und Landmarken, welche nicht direkt am Weg lagen (*off route*). Bei Wegbeschreibungen in bekannten Umgebungen wurden ebenfalls Landmarken an Entscheidungspunkten und Landmarken entlang der Route verwendet. Zusätzlich wurden hier Landmarken an potentiellen Entscheidungspunkten gewählt, um alternative Wege offen zu lassen.

3.7 Geometrische Eigenschaften

Die geometrische Form von Objekten, wie die Höhe, Breite und Tiefe, ist ein wichtiges Entscheidungskriterium, ob dieses Objekt als Landmarke genutzt werden kann. Hierbei spielt weniger die geometrische Eigenschaft des einzelnen Objekts an sich eine Rolle, sondern wie es sich zu den umliegenden Objekten verhält. In einer Stadt wird ein sehr hohes, breites oder tiefes Gebäude erst dann auffallen, wenn es sich dadurch von den umliegenden Gebäuden abhebt. Ein besonders breites oder schmales Gebäude wird von Fußgängern, vor allem im städtischen Bereich, oft nicht als auffallend wahrgenommen. Das liegt daran, dass es für Fußgänger alleine durch ihren Blickwinkel oft nicht möglich ist, die Breite eines Gebäudes abzuschätzen (siehe Abbildung 7). [Raubal & Winter 2002]

Die Tiefe eines Gebäudes kann von Fußgängern nur wahrgenommen werden, wenn sich das Gebäude nicht in einer Häuserzeile befindet und genügend Abstand zu den Nachbargebäuden aufweist. Aber auch dann ist die Tiefe eines Gebäudes nicht unbedingt ein herausstehendes Merkmal. Ist ein Gebäude besonders hoch (oder niedrig) und hebt sich somit von seiner Umgebung ab, so kann dies ein wichtiges Merkmal sein. Solche Gebäude können in Städten von Fußgängern oft schon von weitem erkannt werden. Damit kann einem sich abhebenden sehr hohen Gebäude auch die Eigenschaft einer globalen Landmarke zukommen. Jedoch wurde die Höhe eines Gebäudes bis jetzt nicht als einziges Kriterium für eine Landmarke untersucht, sondern immer nur im Zusammenhang zum Beispiel mit der Einzigartigkeit oder Sichtbarkeit betrachtet. [Raubal & Winter 2002]



Abbildung 7: Verzerrung von Gebäuden durch den Blickwinkel [eigene Aufnahme]

Die geometrische Form von Objekten alleine ist also nicht unbedingt ausschlaggebend, ob dieses Objekt nun als Landmarke genutzt werden kann. Vor allem die Höhe von Objekten kann aber ein wichtiges Merkmal sein.

3.8 Alter und Geschlecht der Beobachter

Die Wahrnehmung der Umwelt ist alters- und geschlechtsabhängig. Bei der Altersabhängigkeit stechen vor allem Kinder und Senioren hervor. Für die Einschätzung der Entfernung von Objekten ist die Tiefenschärfen-Wahrnehmung von großer Bedeutung. Diese Fähigkeit ist erst im neunten Lebensjahr vollständig ausgebildet. Jüngere Kinder können noch kaum Entfernungen schätzen. Forschungsarbeiten zu diesem Thema zeigen, dass erst im Alter von acht Jahren ca. 90% der Kinder die Entfernungen einigermaßen gut schätzen können [Limbourg 1995]. Cornell & Heth [2006] schreiben in ihrer Studie, dass es bei Kindern ab 12 Jahren keine bis wenige Unterschiede bei der Wiedererkennung von Landmarken und Orten im Vergleich zu Erwachsenen gibt.

Maguire et al. [1999] untersucht die Geschlechtsabhängigkeit in der Navigation. Die dazu durchgeführte Studie in einer virtuellen Umgebung fand heraus, dass Männer, im Unterschied zu Frauen, zusätzlich zu Landmarken auch noch geometrische Information zur Orientierung nützen. Als Gründe wurden einerseits evolutionäre Unterschiede andererseits das Ergebnis einer Studie von Schmitz [1997] angeführt, die besagt, dass Frauen vorsichtiger durch eine unbekannte Umgebung gehen.

3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Welche Arten von Landmarken nun für ein Fußgängernavigationssystem eine bedeutende Rolle spielen und welche Arten von Landmarken vernachlässigt werden können, wird im folgenden Abschnitt behandelt.

- **Globale Landmarken** dienen bei der Fußgängernavigation der groben Richtungsorientierung, **lokale Landmarken** hingegen beschreiben die Route an sich. Eine Routenbeschreibung wird demnach vor allem aus **lokalen Landmarken** bestehen.
- **Der Zeitpunkt**, zu dem eine Routenbeschreibung benötigt wird, ist wichtig dafür, welche Landmarken benutzt werden können. Meist wird bei der Ausgabe einer Routenbeschreibung der **Zeitpunkt** nicht berücksichtigt und davon ausgegangen, dass alle Landmarken **sichtbar** sind (d.h. Tageslicht). Auch verschiedene Wetterzustände werden außer Acht gelassen. Das Modell dieser Arbeit bietet die Möglichkeit, Licht- und Wetterverhältnisse in Routenberechnungen einfließen zu lassen. Damit spielt der **Zeitpunkt** der Navigation für die Auswahl der Landmarken eine wesentliche Rolle.
- Für das Modell dieser Arbeit werden nur „*on route*“ Landmarken, also Landmarken entlang der Route, verwendet. Es muss jedoch unterschieden werden, ob sich der **Standort** an einem Knotenpunkt oder entlang der Route/Kante befindet. Aus Abschnitt 3.3 und 3.6 geht hervor, dass Landmarken an Knotenpunkten („*route choice points*“) eine größere Bedeutung für eine Routenbeschreibung haben als Landmarken entlang eines Pfades, da an Knotenpunkten Entscheidungen über den weiteren Verlauf der Route getroffen werden müssen. Landmarken entlang einer Route dienen hauptsächlich dazu, den Benutzern eine Rückmeldung darüber zugeben, ob sie sich noch auf dem richtigen Weg befinden. Daher sollten für eine Routenbeschreibung zusätzlich zu den Landmarken entlang der Route an allen möglichen Entscheidungspunkten Landmarken zur besseren Orientierung zur Verfügung stehen.
- Die Häufigkeit des Auftretens von Landmarken (prototypisch oder einzigartig) ist nicht sehr einfach zu bestimmen. Kulturelle und historische Gebäude sind zwar grundsätzlich sehr interessant für eine Wegbeschreibung, jedoch kann nicht automatisch daraus geschlossen werden, dass sich diese von der Umgebung abheben (zum Beispiel Mozart's Geburtshaus in Salzburg siehe Abbildung 8). Meist unterscheiden sich jedoch historische und kulturelle Gebäude auch durch **Größe** und **Form** von ihrer Umgebung und sind bei Dunkelheit oft **beleuchtet**. Grundsätzlich wird in dem Modell dieser Arbeit darauf geachtet, dass einzigartige Landmarken, falls dies die Benutzer wünschen, immer in die Routenbeschreibung einfließen, sei es auch nur um den Benutzern die Möglichkeit zu bieten, diese bei der Begehung der Route zu besichtigen.



Abbildung 8: Mozart Geburtshaus [beautifulplaces]

- Der **Bekanntheitsgrad** einer Umgebung ist insofern wichtig, da mit unterschiedlichem Bekanntheitsgrad auch Anzahl und Auswahl der Landmarken variieren müssen. Damit ist es wichtig, dass die Benutzer in diesem Modell die Routenbeschreibung und somit die Auswahl der Landmarken an ihr **Umgebungswissen** anpassen können.
- Bei den **geometrischen Eigenschaften** eines Objekts spielt vor allem die Höhe eine Rolle. Ein hoher Turm fällt aus dem Rahmen seiner Umgebung, und kann unter Umständen zusätzlich als globale Landmarke verwendet werden. Auch sehr niedrige, breite oder schmale Objekte sind auffällig, jedoch erst wenn man sich in deren unmittelbarer Umgebung befindet, und sind somit nur als lokale Landmarken dienlich.
- **Alter** und **Geschlecht** spielen für die Auswahl, ob ein Objekt als Landmarke einzustufen ist, eine untergeordnete Rolle. Nicht zu verwechseln mit der Priorität einzelner Landmarken für eine **Geschlechts-** beziehungsweise **Altersgruppe**. Das bedeutet, dass zum Beispiel ein Fußballstadion auf jeden Fall eine Landmarke sein wird, jedoch für Männer und Frauen unterschiedlich auffallend sein kann.

4 Bedeutung von Landmarken im Kontext der Fußgängernavigation

Der folgende Abschnitt untersucht die Problematik von herkömmlichen Fußgängernavigationssystemen und beschreibt mögliche Lösungsansätze.

4.1 Schwächen von bisherigen Fußgängernavigationssystemen

Bisherige Navigationssysteme arbeiten meist nur mit Richtungs- und Entfernungsangaben und sind nicht an die kognitiven Fähigkeiten und Bedürfnisse von Fußgängern angepasst. Werden Landmarken bei der Routenbeschreibung miteinbezogen, sind diese meist sehr allgemein und nicht auf die Benutzer beziehungsweise deren Situation angepasst und unterstützen somit die Wegsuchenden nur unzureichend.

Elias [2002] beschreibt es folgendermaßen:

„Heutige Navigationssysteme benutzen zur Übermittlung der Navigationsinformationen überwiegend reine Strecken und Richtungsangaben („in 200 m rechts abbiegen“). Für die sich ausbreitende Anwendung der Location Based Services für PDA oder Mobiltelefone werden mangels praktikabler Alternativen die Konzepte der heutigen Navigationssysteme übernommen. Die bisherigen Routenanweisungen haben jedoch einen großen Nachteil: sie sind für die menschlichen Bedürfnisse der Wegfindung nicht umfassend genug konzipiert.“

Elias [2002] schreibt weiters, dass Untersuchungen aus dem Bereich der Wahrnehmungspsychologie gezeigt haben, dass Personen, welche eine Wegbeschreibung anfertigen sollen, sich nicht ausschließlich auf Richtungen und Neuorientierungspunkte beschränken (im üblichen Fall also Straßennamen und Wegpunkte), sondern meistens auch auf Landmarken zurückgreifen. Umgekehrt hat sich gezeigt, dass die zusätzliche Verwendung von Landmarken die empfundene Qualität einer Wegbeschreibung für die Wegsuchenden erhöht [Lovelace et al. 1999]. Das völlige Fehlen von Landmarken bei einer Wegbeschreibung wird als negativ registriert [Michon & Denis 2001].

Elias [2002] folgert daraus, dass die bisher generierten Wegbeschreibungen, welche Großteils lediglich aus Straßennamen, Entfernungen zwischen den Knotenpunkten und Abbiegevorschriften bestehen, für die Wegfindung eines Menschen nicht optimal geeignet sind. Außerdem bieten heutige Navigationssysteme kaum die Möglichkeit einer Personalisierung. Das bedeutet, dass die Benutzer des Navigationssystems meist nur Start und Zielpunkt wählen können, die Routenbeschreibung sich jedoch nicht an deren kognitive Eigenschaften und Bedürfnisse oder auf Umwelteinflüsse anpasst.

4.2 Können die Schwächen beseitigt werden?

Um die Schwächen der bisherigen Fußgängernavigationssysteme beseitigen zu können, muss analysiert werden, welche kognitiven Aspekte bei der Wegfindung gelten.

Das räumliche Wissen der meisten Menschen stammt von Karten oder aus eigenen Erfahrungen. Sie bewegen sich durch die Welt, nehmen Objekte, deren Standort und Routen wahr, legen diese Information in ihrem Gedächtnis ab und integrieren alle Erkenntnisse zu einem einzigen, in sich schlüssigen Modell der Welt [Thorndyke 1981]. Die Grundbestandteile dieses Modells sind verschiedenartige geografische Objekte. Die Basiselemente sind Wege, Grenzlinien, Bereiche, Brennpunkte und Landmarken. Des Weiteren beinhaltet das Modell die Position der Grundelemente, sowie die Distanzen zwischen ihnen und das benötigte Wissen, um sich in der Umgebung zurechtzufinden. Die primäre Funktion dieser räumlichen Repräsentation ist es, Ortsbestimmungen und Bewegungen durch die reale Welt zu ermöglichen und dafür zu sorgen, dass man sich nicht verirrt [Elias 2006].

Ein wichtiger Schritt für die Beseitigung der Schwächen ist zu untersuchen, welche Parameter Einfluss auf die Fußgängernavigation haben. Dazu wird im Folgenden der Kontext der Fußgängernavigation näher betrachtet.

4.2.1 Kontext der Fußgängernavigation

Dey und Abowd [1999] definieren den Begriff Kontext folgendermaßen:

„Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and application themselves.“

In der Literatur gibt es einige Ansätze wie sich der Kontext der Fußgängernavigation zusammensetzt. Nach Reichenbacher [2004] umfasst der Kontext in mobilen Situationen die Situation, Nutzer, Aktivität, Information und das System. Eine mobile Situation stellt eine Navigation mit mobilen Geräten und (Mobil)Funknetze dar, welche im Zuge der Mobilität an jedem Ort und zu jeder Zeit verwendet werden können. Abbildung 9 zeigt das Kontextmodell von Reichenbacher [2004].

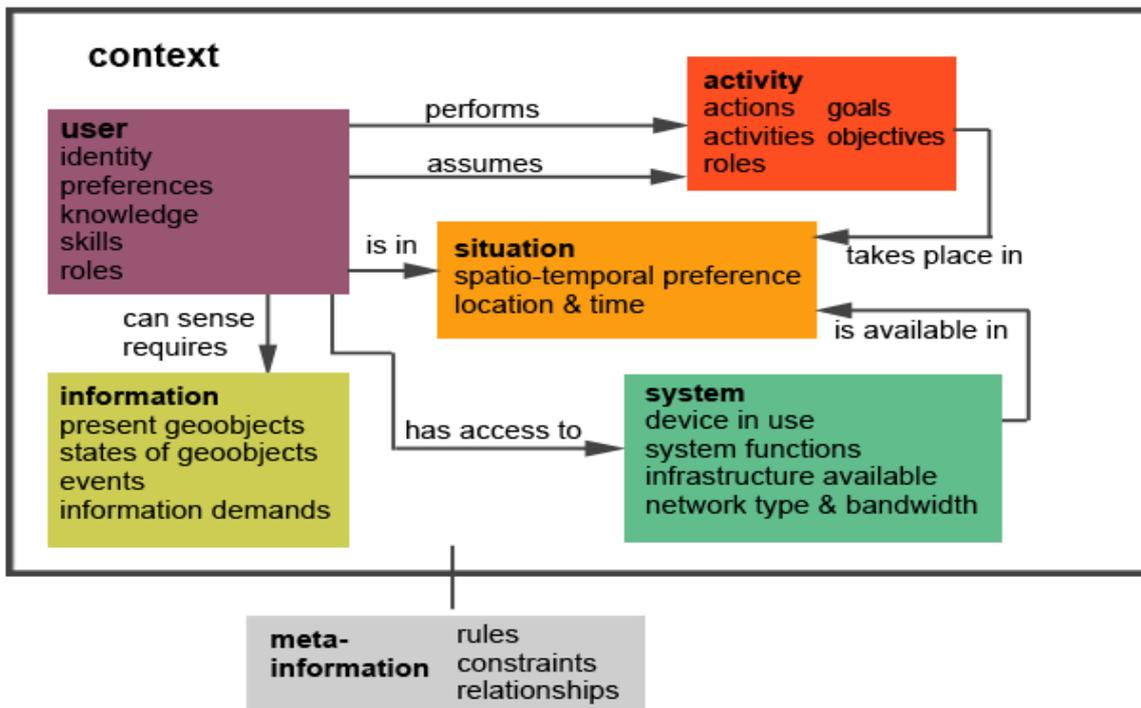


Abbildung 9: Kontextmodell für mobile Kartographie. Nach Reichenbacher [2004]

Nivala und Sarjakoski [2003] haben die Kontextelemente ausgewählt, aus denen der gesamte Umgebungskontext der Wegsuchenden besteht und die den Inhalt von mobilen Karten beeinflussen (siehe Abbildung 10).

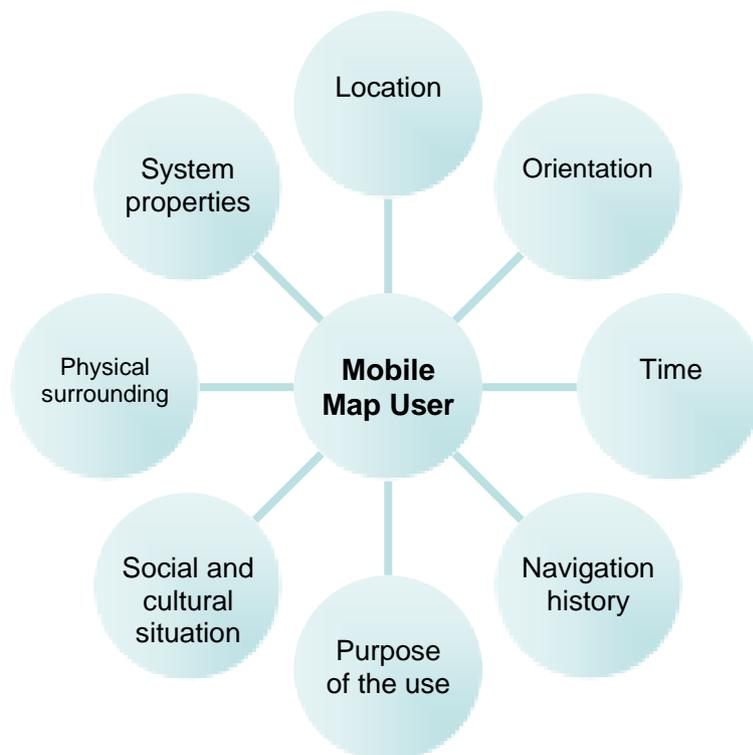


Abbildung 10: Umgebungskontext der Wegsuchenden. Nach Sarjakoski et al. [2004]

Zipf [2003] teilt die notwendige Information in die Individualisierung und Anpassung an die jeweiligen Endanwender (Personalisierung) und die

Berücksichtigung des wechselnden Umfeldes im Verlauf der mobilen Nutzung durch kontextuelle Parameter ein. Dix [2000] unterteilt die Kontextarten nach Art der notwendigen Information in einen Handlungskontext, einen technischen und einen physikalischen Kontext. Diese Unterteilung wird im Folgenden näher beschrieben.

4.2.1.1 Handlungskontext:

Das Ziel und die soziale Position von Personen definieren den Handlungskontext. Touristen zum Beispiel, die sich zu Fuß durch die Innenstadt bewegen, nehmen am Straßenverkehr teil und gehören zur Gemeinschaft der Fußgänger. Diese müssen gewisse Regeln gegenüber anderen Fußgängern und Verkehrsteilnehmern, wie Auto- und Radfahrern, berücksichtigen. Fußgängern kann rollenspezifisches Wissen zugeordnet werden, wie das Wissen über Verkehrsregeln. Der Zweck ihrer Handlung kann der direkte Weg zu einem neuen Ziel oder auch das touristische Erkunden einer neuen Umgebung sein [Kruschel 2006].

Portugali und Stern [1999] charakterisieren wegsuchende Personen durch ihre Kenntnisse über die Umgebung. Sie schreiben, dass das räumliche Wissen als Basis für Entscheidungsprozesse während der Fortbewegung dient und es abhängig davon ist, wie vertraut die Personen mit der spezifischen Umgebung sind. Die Vertrautheit steht in enger Verbindung mit bereits vorhandenen Erfahrungen der Akteure und beinhaltet zwei Komponenten. Zum einen die spezifische Erfahrung einer gegebenen Umgebung und zum anderen die globale Erfahrung hinsichtlich städtischer Strukturen, zum Beispiel in Bezug auf die Hierarchie von Straßen oder Hinweisschildern.

Allen [1999] unterscheidet, abhängig von Handlungsziel, folgende Handlungen beim Wegfindungsprozess: Fortbewegung zwischen bekannten Standorten, Erkunden eines Raumausschnitts, Fortbewegung zu einem unbekanntem Zielort.

- Die Fortbewegung zwischen zwei bekannten Standorten entspricht der allgemeinen Form des Navigierens und wird mit dem Ziel vollzogen, einen bekannten Zielpunkt zu erreichen. Die Route könnte sich zum Beispiel zwischen Wohnung und Arbeitsplatz von Personen befinden. Das Wegfinden findet hier auf der Basis von bereits erworbenem räumlichem Wissen statt.
- Die Erkundung eines Raumausschnitts verläuft meist mit dem Ziel, zu einem bekannten Ausgangspunkt zurückzukehren. Das Erkunden der Umgebung kann sich zum Beispiel beim Besuch einer neuen Stadt oder durch einen Umzug in eine andere Gegend vollziehen. Die Personen prägen sich bewusst den zurückgelegten Weg ein, um später darauf zurückgreifen zu können.
- Das Fortbewegen zu einem unbekanntem Zielort beinhaltet das Navigieren in einer unbekanntem Umgebung. Hier findet geführtes Wegfinden mittels Karten oder verbalen Beschreibungen statt, und das Erreichen des Zielpunktes geschieht durch das Vertrauen auf externe

räumliche Information, die der Person mitgeteilt / zur Verfügung gestellt wird. Dieses Handlungsziel trifft häufig auf Touristen zu.

4.2.1.2 Technischer und physikalischer Kontext:

Neben dem Handlungskontext gibt es noch den technischen und physikalischen Kontext, welche den Wegfindungsprozess ebenfalls beeinflussen.

Der **technische Kontext** bezieht sich auf Netzwerkcharakteristika, wie Hardware- und Software-Parameter, mobile Netze und Positionstechnologien. Diese beeinflussen die Übermittlung und Visualisierung von Information [Reichenbacher 2004]. Die Hardware-Parameter des jeweiligen mobilen Endgeräts, wie Displaygröße, Farbtiefe oder Auflösung, haben starken Einfluss auf die Kartendarstellung und müssen deshalb bei der Entwicklung des Kartensystems berücksichtigt werden [Zipf 2003].

Der **physikalische Kontext** bezieht sich auch auf den Startpunkt beziehungsweise auf die Umgebung der Handlung sowie den Zeitpunkt der Handlung. Kaasinen [2002] gliedert den physikalischen Kontext in Beleuchtung, Temperatur und Wetter. Es bestehen beispielsweise unterschiedliche Lichtverhältnisse im Sommer und Winter sowie zu verschiedenen Tageszeiten. Vor allem die Lichtverhältnisse sind ausschlaggebend zur Identifizierung von Objekten im Raum [Winter et al. 2004].

Fußgängernavigation findet also in einem Handlungs- sowie einem technischen und physikalischen Kontext statt. Da in dieser Arbeit nur ein Modell entwickelt werden soll, wird der technische Kontext nicht weiter berücksichtigt. Der physikalische Kontext ist für jede Route unterschiedlich und auch die wegsuchenden Personen ändern sich, daher ist es notwendig die Einflussparameter in die Routenbeschreibung einfließen zu lassen. Dies erfolgt über eine Personalisierung der Routenbeschreibung mittels Berücksichtigung des Handlungs- und physikalischen Kontexts.

4.2.2 Personalisierung

Es gibt keine allgemein anerkannte Definition, was unter Personalisierung zu verstehen ist, da dieser Begriff auch in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet wird: Anpassung von Produkten an Kundenwünsche, Software-Konfiguration, Anpassung von Webseiten an Kunden oder Besucher und vieles mehr [Sonntag 1998]. Eine wirtschaftliche Definition von ContentManager [2003] bezeichnet Personalisierung als ein mehrwertiges Kundenbindungsinstrument, von dem sich Vorteile informationeller Art, durch eine individuelle Anpassung von jeglichem Inhalt oder Information auf der Basis des persönlichen Benutzerprofils, ergeben. Für die Informationstechnik bedeutet dies also, dass ein Programm so modelliert werden muss, dass es sich an die Vorlieben, Abneigungen, Bedürfnisse und Fähigkeiten der Benutzer anpasst. Von Personalisierung erhoffen sich die Anwender eine bessere / angepasste Bedienung eines Programms oder Angebotes. Unternehmen versuchen ihrerseits, Dienste bzw. Waren anzubieten, welche den vermuteten Vorlieben der potenziellen Kunden entsprechen.

Ein Beispiel ist die Anpassung eines Internetportals an persönliche Vorlieben der Benutzer. Das kann durch die Nutzer selbst geschehen (explizite Personalisierung), ebenso kann sich das Portalsystem aber auch an das beobachtete Benutzerverhalten anpassen (implizite Personalisierung). Weiters muss zwischen formaler und inhaltlicher Personalisierung unterschieden werden. Formal ist zum Beispiel die Hintergrundfarbe oder die Anzahl der Spalten einstellbar. Inhaltlich kann die angezeigte Information auf die Vorlieben und Bedürfnisse der Anwender angepasst werden [Sarabjot & Mobasher 2005].

Personalisierung erlaubt also die Anpassung der Navigationsinformation an den vorherrschenden Handlungs- und physikalischen Kontext. Für diese Arbeit ist vor allem die inhaltliche Personalisierung von Bedeutung. Diese kann explizit und implizit erfolgen. Bei der expliziten Personalisierung stellen die Benutzer direkt die Information zur Verfügung, die sie favorisieren.

Im konkreten Fall der Navigation können das Personen- und Situationsdaten sein, welche vor der Routenberechnung von Benutzern bekannt gegeben werden. Ein Beispiel hierfür wären die Umgebungskenntnisse der Benutzer oder die derzeitigen Wetterverhältnisse. Bei der impliziten Personalisierung wird die Information über die Benutzer indirekt gesammelt. Das heißt, das Verhalten der Benutzer wird beobachtet, gespeichert und analysiert. Implizite Personalisierungsdaten in der Navigation können Daten sein, welche sich im kürzeren Zeitrahmen nicht ändern, wie zum Beispiel Geburtsdatum oder Geschlecht.

Zipf [2003] beschreibt die Anforderungen an eine personalisierte Routenbeschreibung folgendermaßen:

"The tour shall consider personal interests and needs, social and cultural backgrounds (age, education, gender) as well as other circumstances (from season, weather, traffic conditions to time and financial resources). For every location on the tour individualized information should be presented to the user."

Daraus lässt sich schließen, dass vor allem die persönlichen Interessen der Benutzer und die Umweltsituation, in der die Navigation stattfinden soll, eine wesentliche Rolle für eine Personalisierung spielen. Mithilfe einer expliziten und impliziten Personalisierung sollte es möglich sein, das Maß an Information so zu filtern, dass wegsuchenden Personen nur die Daten zur Verfügung gestellt werden, welche sie benötigen.

4.2.3 Extrahieren der wichtigsten Einflussfaktoren

Aus dem beschriebenen Handlungs- und physikalischen Kontext der Fußgängernavigation können folgende interessante Attribute für eine Personalisierung extrahiert werden. Die Auswahl basiert auf Grundlage der von Reichenbacher [2004], Dix[2000] und Nivala und Sarjakoski [2003] beschriebenen Kontextelemente:

- Handlungskontext
 - Zweck der Handlung / Bewegung
 - Vertrautheit mit der Umgebung
 - Art der Bewegung
 - Persönlichkeit und soziodemografische Daten
 - Alter
 - Geschlecht
 - Handicap

- Physikalischer Kontext
 - Temperatur
 - Lichtverhältnisse
 - Wetterverhältnisse / Jahreszeit

Mit den hier extrahierten Einflussfaktoren und dem Wissen, dass Landmarken starken Einfluss auf die Qualität der Wegfindung haben, wird im nächsten Abschnitt ein Modell entwickelt, welches versucht die Schwächen bisheriger Navigations-systeme zu beseitigen. Dazu wird auf die hier extrahierten Einflussfaktoren näher eingegangen und versucht ihren Einfluss zu konkretisieren. Für den physikalischen Kontext wird die Temperatur im weiteren Verlauf der Arbeit nicht berücksichtigt, da der technische Aufwand einer (genauen) Temperaturmessung für die Benutzer zu groß wäre. Statt Temperatur wird das Attribut Jahreszeit hinzugefügt, welches leichter zu erfassen ist und ebenfalls Temperaturunterschiede berücksichtigt.

5 Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken

Im Folgenden wird ein Modell entwickelt, welches die Vorteile eines personalisierten, auf Landmarken basierenden, Fußgängernavigationssystems aufzeigt. Grundsätzliche Idee ist es, Landmarken im Bezug auf die jeweilige Person und Situation zur Verfügung zu stellen, um so dem Handlungs- und physikalischen Kontext der wegsuchenden Person zu entsprechen. Die Benutzer müssen dazu ihre Eigenschaften und Interessen sowie die Situation, unter der die Navigation stattfinden soll, bekannt geben. Mit Hilfe dieser Information wird eine personalisierte Auswahl von Landmarken beziehungsweise Routenbeschreibung zur Verfügung gestellt.

Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Eingabe der notwendigen Daten für die Benutzer nicht zu komplex und zeitaufwendig wird. Klippel et al. [2005] schreiben hier:

“One difficulty may be that people have a hard time identifying their personal style or that they may be unwilling to interact with the navigation

system after some time of futile calibration attempts and thus miss the chance to find out which style suits them best."

Um eine zeitaufwendige Dateneingabe zu vermeiden, kann die Personalisierung in eine implizite und explizite aufgeteilt werden. Die implizite Personalisierung deckt Daten ab, die sich in einem kürzeren Zeitraum nicht ändern (können). Dies sind im gegebenen Fall Personendaten wie Alter und Geschlecht. Die restlichen Einflussfaktoren müssen mit expliziter Personalisierung abgedeckt werden. Die Auswahl der Landmarken, welche für die Routenbeschreibung zur Verfügung gestellt werden, ist also abhängig von den wegsuchenden Personen, deren Interessen, sowie der Situation in der die Navigation stattfindet (siehe Abbildung 11).

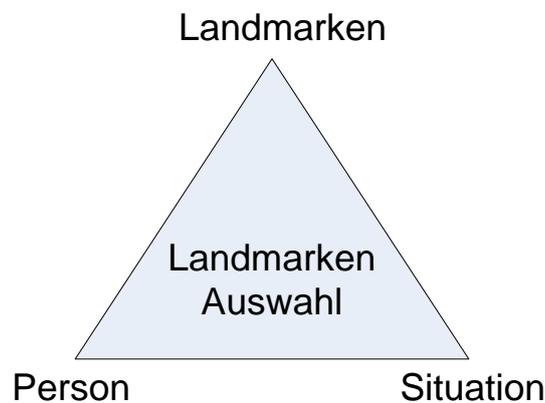


Abbildung 11: Landmarkenauswahl

In den folgenden Punkten werden die für das Modell verwendeten Personen- und Situationsattribute näher beschrieben.

5.1 Person

Elias & Hampe [2003] schreiben über wichtige Einflussfaktoren in der Fußgängernavigation, welche sich mit den in Abschnitt 4.2.3 extrahierten Attributen decken. Dabei nennen die Autoren folgende Einflussfaktoren:

- 1) Zweck / Motivation der Bewegung
- 2) Bewegungsmodus / Art der Mobilität
- 3) Kenntnisse der Umgebung
- 4) Alter und Konstitution des Beobachters

5.1.1 Zweck / Motivation der Bewegung

Der Zweck beziehungsweise die Motivation der Bewegung ist ausschlaggebend für die gewählte Route. Elias & Hampe [2003] unterscheiden hier:

- direkter Weg zum Ziel
- (touristischer) Rundgang

- weitere: zum Beispiel kürzeste, schnellste Route, bestimmte Länge, besonders reizvolle, sichere oder leichte Route.

Die Person muss also, um eine angepasste Wegbeschreibung zu bekommen, bekannt geben welche/n Motivation/Zweck die Wegbeschreibung erfüllen soll. Bei einem direkten Weg zum Ziel soll eine Person nur mit den wichtigsten Landmarken oder der wichtigsten Weginformation versorgt werden. Anders bei einem touristischen Rundgang, wo vor allem Landmarken mit kulturellem und historischem Hintergrund hervorgehoben werden sollen.

5.1.2 Bewegungsmodus / Art der Mobilität

Elias & Hampe [2003] unterscheiden hier zwischen:

- Auto (motorisiert)
- Fahrrad
- Fußgänger

Die Bewegungsfreiheit und die zur Auswahl stehenden Wege für eine Navigation sind abhängig vom Bewegungsmodus. Wenn Personen mit dem Auto fahren, sind sie an Verkehrsregeln und das Straßennetz gebunden. Radfahrer haben meist mehr Möglichkeiten, wobei auch hier eine Reihe von Restriktionen anfallen. Fußgänger haben die größte Bewegungsfreiheit und können sich in alle Richtungen bewegen. Auch die Zusammenstellung der Objekte, welche in der Wegbeschreibung als Landmarken angezeigt werden sollen, müssen an die Fortbewegungsart der Benutzer angepasst werden (siehe Tabelle 1). Autofahrer haben im Gegensatz zu Fußgängern eine vergleichsweise hohe Fortbewegungsgeschwindigkeit, jedoch ein eingeschränktes Blickfeld und sind an das vorhandene, für den Verkehr freigegebene, Straßennetz gebunden. [Elias & Hampe 2003]

[Michon & Denis 2001] schreiben, dass in Wegbeschreibungen für Fußgänger Gebäude, Geschäfte, Knotenpunkte, Parks etc. verwendet werden sollen. Eine Studie von Burnett et al. [2001] zeigt wiederum, dass für die Fahrzeugnavigation Angaben über die Straßeninfrastruktur als Landmarken von großer Bedeutung sind. Demnach müssen die Landmarken für die unterschiedlichen Fortbewegungsarten gezielt ausgewählt werden. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Abhängigkeiten von Auto-, Fahrrad- und Fußgängernavigation zeigt Tabelle 1.

Bewegungsmodus	Bewegungsfreiheit	Geschwindigkeit	Sichtfeld	Anzeige/Ausgabe	Interaktion	Aufmerksamkeit für Karte	Bedürfnis nach Zusatzinfos
Auto	Gebunden an Straßennetz, Beschränkungen (Einbahnstraßen, Abbiegebeschränkungen, Fußgängerzonen)	50(-100) km/h (15 m/s)	Windschutzscheibe, primär geradeaus fixiert ca. +/- 60° in Fahrtrichtung	Akustische Ausgabe (wegen Ablenkungsgefahr) eine Graphik (auch Karten)	Keine Bedienung im Prozess (Hände am Steuer) Bedienung lediglich beim stehenden Fahrzeug	Sehr wenig (nur Gehör)	Während Fahrsituation sehr gering, Beschränkung auf das Wesentliche; Abruf von Zusatzinfos, wenn Fahrzeug steht
Fahrrad	Straßen und Fahrradwege, Zusätzlich: Wald- und Feldwege, Freigabe von Einbahnstraßen, Zeitlich beschränkte Freigabe von Fußgängerzonen	20 km/h (6 m/s)	Vorwiegend in Bewegungsrichtung, Blick rechts und links (und nach hinten) ist aber möglich ca. +/- 90° in Fahrtrichtung	Akustisch / Karte	Keine Bedienung (Hände am Lenker)	Blickkontakt möglich	Bedürfnis nimmt zu
Fußgänger	Prinzipiell alle Richtungen frei (Fußwege + Straßen), Fußgängerüber- oder Unterführungen	5 km/h (1,5 m/s)	In Bewegungsrichtung orientiert, aber prinzipiell +/- 180° in Blickrichtung	Karte	Bedienung/ Eingabe/ Auswahl von Hand möglich	Volle Aufmerksamkeit it Blickkontakt, Bedienung	Bedürfnis nach Zusatzinfos und Funktionen
Folgerung:	Verschiedene Datengrundlagen für passendes Routing nötig	Unterschiedlich viel Zeit für Suche nach Objekt	Unterschiedliche Sichtbarkeitsberechnung für Landmarken	Zerlegung der Route in Anweisungen -> Karte	Automatischer Ablauf -> manuelle Beeinflussung	Simple Graphik (Pfeile) -> detaillierte Karte	Angebot an Funktionen erweitern

Tabelle 1: Kontextbezogene Kartengenerierung abhängig vom Bewegungsmodus [ELIAS & HAMPE 2003]

5.1.3 Kenntnisse der Umgebung

Die Kenntnis der Umgebung ist ausschlaggebend dafür, welche Objekte als Landmarken wahrgenommen werden. Außerdem ist sie maßgeblich für die Anzahl und Art der für die Routenbeschreibung notwendigen Landmarken (siehe Abschnitt 3.6).

5.1.4 Alter und Konstitution des Beobachters

Das Alter von Personen kann Information über die Wahrnehmung von Objekten als Landmarken liefern. So werden zum Beispiel Kinder einen Spielplatz als wichtige Landmarke sehen. Zum anderen gibt das Alter von Personen an, wie viele Landmarken für die Route zur Verfügung gestellt werden müssen, da alte und sehr junge Menschen ein dichteres Landmarken-Netz benötigen. Auch die Konstitution und etwaige Handicaps der Personen haben Einfluss auf die Auswahl der Landmarken.

5.1.4.1 Ausprägungen

Im Folgenden werden in Tabelle 2 den Personenattributen Ausprägungen zugewiesen und festgelegt ob diese innerhalb des Modells änderbar sind. Welche Attribute änderbar sind, hängt von deren Beständigkeit ab. So wird sich das Geburtsdatum einer Person während der Navigation nicht ändern, jedoch kann sich Zweck der Bewegung ändern. Die Ausprägung der Änderbarkeit wird nach expliziter / impliziter Personalisierung kategorisiert.

Attribut	Typ (intern)	Ausprägung	Personalisierung
Geburtsdatum	Datum	TT.MM.JJ	implizit
Geschlecht	Zahl	Mann / Frau	implizit
Handicap	Zahl	keine Gehbehinderung Sehbehinderung	implizit
Zweck der Bewegung	Zahl	Kürzester schnellster sicherster touristischer Rundgang	explizit
Bewegungsart	Zahl	Fußgänger Fahrrad Auto	explizit
Umgebungskenntnis	Zahl	Sehr gut bis schlecht (%)	explizit

Tabelle 2: Ausprägungen Person

5.2 Situation

Der Faktor Situation beschreibt die Umweltbedingungen unter der die Navigation stattfindet. Für die Auswahl der Landmarken werden folgende Einflussfaktoren herangezogen:

- Lichtverhältnisse
- Wetterverhältnisse
- Jahreszeit

5.2.1 Lichtverhältnisse:

Licht ist eine der wichtigsten Hilfsfunktionen der terrestrischen Navigation. Für die Auswahl der Landmarken stehen die Unterscheidungsstufen Tageslicht, Dämmerung und Dunkelheit zur Verfügung.

- **Tageslicht:** Dieses Lichtverhältnis tritt in der Zeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang auf, also in jener Zeit, in der die Sonne zu sehen ist. Tageslicht kann als Standardlichtverhältnis angesehen werden und hat keinen Einfluss auf die Auswahl der Landmarken.
- **Dämmerung:** Als Dämmerung bezeichnet man den fließenden Übergang zwischen Tag und Nacht. Also die Zeit des Sonnenaufgangs beziehungsweise des Sonnenuntergangs. Da die Sichtweite der Wegsuchenden bei Dämmerung bereits eingeschränkt ist, wird die Anzahl der auf der Wegstrecke angezeigten Landmarken erhöht und aktiv sowie passiv beleuchtete Landmarken bekommen eine höhere Priorität.
- **Dunkelheit:** Dunkelheit bezeichnet die Abwesenheit von Licht, also die Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. Die Sichtweite der Wegsuchenden ist stark eingeschränkt. Die Anzahl der auf der Wegstrecke angezeigten Landmarken wird erhöht und aktiv sowie passiv beleuchtete Landmarken bekommen eine sehr hohe Priorität.

5.2.2 Wetterverhältnisse:

Wetter ist der Zustand der Atmosphäre zu einem gegebenen Augenblick oder während einer kurzen Zeitspanne (höchstens 24 Stunden), dagegen wird als Witterung der atmosphärische Zustand über einem bestimmten Ort während eines längeren Zeitintervalls (mehrere Tage, Wochen, Monate) bezeichnet. [FAZ].

Wetter kann sich ähnlich wie Licht auf den Wahrnehmungsbereich beziehungsweise auf die Sichtweite der Wegsuchenden auswirken. Schlechtes Wetter bedeutet schlechtere Sicht, daher muss es eine angepasste Auswahl von Landmarken für die verschiedenen Wetterlagen geben. Bei den von den Benutzern wählbaren Wetterverhältnissen wird zwischen Schönwetter, Regen, Nebel und Schneefall unterschieden.

- **Schönwetter:** Unter Schönwetter fallen alle Wetterstufen von wolkenlos bis bedeckt. Schönwetter wird als Standardwetter angenommen und hat keinen Einfluss auf die Auswahl der Landmarken.
- **Regen:** Aus den Wolken fallender flüssiger Niederschlag, dessen Tröpfchen größer sind als 0,5 Millimeter, maximal haben sie einen Durchmesser von 7 Millimetern; die Fallgeschwindigkeit beträgt je nach Größe 1 bis 8 Meter pro Sekunde. Man unterscheidet Landregen, Starkregen (Wolkenbruch) und Regenschauer [FAZ]. Da Regen die Sichtweite des Benutzers bereits einschränken kann, wird die Menge der auf der Wegstrecke angezeigten Landmarken erhöht.
- **Nebel:** Nebel ist eine dem Boden aufliegende Wolke aus kleinen Wassertröpfchen, in der die Sichtweite unter einem Kilometer liegt. [FAZ]. Die Sichtweite kann bei Nebel bereits deutlich eingeschränkt sein und globale Landmarken sind oft nicht mehr erkennbar. Die Menge der angezeigten Landmarken wird erhöht, und es werden vermehrt gut sichtbare, beleuchtete Landmarken für die Wegbeschreibung verwendet.
- **Schneefall:** Schneefall ist die Auslösung von Niederschlag in Form von Schnee und führt wie Nebel zu einer erheblichen Sichtweitereinschränkung [FAZ]. Die Menge der angezeigten Landmarken wird erhöht und es werden vor allem gut sichtbare, beleuchtete Landmarken für die Wegbeschreibung verwendet.

5.2.3 Jahreszeit

Die Jahreszeiten unterteilen das Jahr in unterschiedliche Abschnitte, die sich durch charakteristische, klimatische und astronomische Eigenschaften auszeichnen beziehungsweise unterscheiden. Im alltäglichen Gebrauch sind damit hauptsächlich meteorologisch deutlich voneinander unterscheidbare Jahresabschnitte gemeint; in gemäßigten Breiten sind dies Frühling, Sommer, Herbst und Winter. [WIKIPEDIA]

Für die Auswahl von Landmarken in der Fußgängernavigation sind die Jahreszeiten vor allem dahingehend interessant, da es bestimmte Landmarken nur zu bestimmten Jahreszeiten gibt beziehungsweise diese nur zu bestimmten Jahreszeiten als solche wahrgenommen werden. Für die urbane Fußgängernavigation ist der Faktor Jahreszeit weniger interessant als zum Beispiel im ländlichen Bereich, da sich vor allem die Natur und somit natürliche Landmarken wie Bäume etc. über die Jahreszeiten hinweg verändern.

5.2.3.1 Ausprägungen

In Tabelle 3 werden den Situationsattributen Ausprägungen zugewiesen und festgelegt, ob diese innerhalb des Modells änderbar sind. Da es sich bei den verwendeten Situationsattributen um von Menschen nicht beeinflussbare Umweltsituationen handelt, sind alle dynamisch änderbar.

Attribut	Typ (intern)	Ausprägung	Personalisierung
Lichtverhältnis	Zahl	Tageslicht Dämmerung Dunkelheit	explizit
Wetterverhältnis	Zahl	Schönwetter Regen Nebel Schneefall	explizit
Jahreszeit	Zahl	Frühling Sommer Herbst Winter	implizit

Tabelle 3: Ausprägungen Situation

5.3 Auswahl der Landmarken

Die Auswahl basiert auf in Abschnitt 5.1 bis 5.2 angeführten Kriterien. Eine Landmarke wird mit verschiedenen Kriterien gewichtet und mit den Benutzervorgaben verglichen. Passt die Landmarke in die erforderlichen Kriterien, wird sie zu der Menge der angezeigten Landmarken aufgenommen (siehe Abbildung 12).

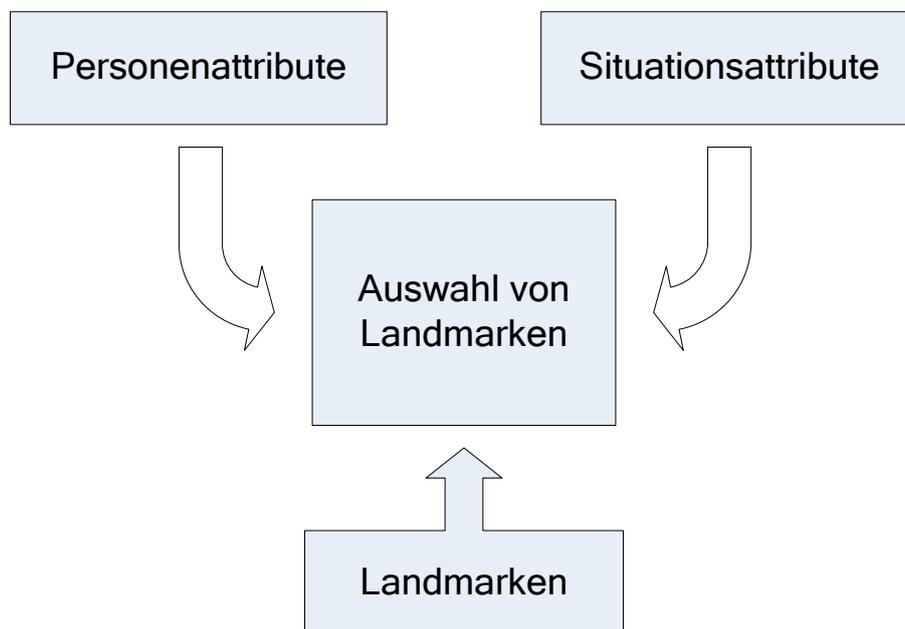


Abbildung 12: Auswahl von Landmarken

Da nicht alle Personen- und Situationsattribute von gleicher Bedeutung sind, müssen diese gewichtet werden. In der Literatur gibt es keine konkreten Hinweise auf die Wichtigkeit der einzelnen Personen- und Situationsattribute, daher findet die Gewichtung in dieser Arbeit auf experimenteller Ebene statt. Da es sich hier nur um ein Modell und kein fixes System oder eine Implementierung

handelt, kann die Gewichtung jederzeit verändert beziehungsweise angepasst werden, sobald es neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu diesem Thema gibt. Im Folgenden werden die einzelnen Attribute gewichtet und die Gewichtung wird begründet. So sind zum Beispiel die Lichtverhältnisse, unter denen die Navigation stattfindet, von höherer Bedeutung als das Geschlecht der wegsuchenden Person. Einige der Attribute stehen auch in Abhängigkeit zueinander, wie zum Beispiel Lichtverhältnisse und Alter der Person. Laut einer Studie von Pitts [Pitts 1982] benötigen Menschen ab dem sechzigsten Lebensjahr dreimal so viel Licht wie ein Zwanzigjähriger um ein Objekt klar erkennen zu können. Die Abhängigkeit zwischen Attributen wird für die Gewichtung aus Komplexitätsgründen außer Acht gelassen.

In den folgenden Tabellen (Tabelle 4, 5 und 6) wird die Gewichtung der Attribute der Benutzerdaten und Situation vorgenommen. Die Gewichtung erfolgt im Zahlenbereich von eins bis zehn, je höher die Zahl desto wichtiger ist das Attribut. Im Modell dieser Arbeit werden Situationsattribute im Schnitt höher bewertet als Personenattribute. Grund dafür ist, dass Situationsattribute, vor allem die Lichtverhältnisse, einen sehr hohen Einfluss auf die allgemeine Sichtbarkeit von Landmarken haben. So ist etwa ein Schuhgeschäft, welches für eine (junge) Frau von hohem Interesse sein kann, nicht als Landmarke zu gebrauchen wenn die Navigation bei schlechter Sicht oder Nacht stattfindet und das Gebäude nicht beleuchtet ist.

5.3.1 Personenbezogene Daten:

Tabelle 4 zeigt die Gewichtung der personenbezogenen Daten.

Attribut	Gewichtung
Alter	2
Geschlecht	3
Handicap	4
Bewegungsart	5
Zweck der Bewegung	8
Umgebungskenntnis	6

Tabelle 4: Personenbezogene Gewichtung

Begründung:

Die beste Wertung, mit einer Gewichtung von „8“, hat das Attribut „Zweck der Bewegung“, da dieses Attribut ein allgemeines Ziel einer Fußgängerhandlung ist (vgl. Abschnitt 2.3). Die Umgebungskenntnisse mit einer Gewichtung von „6“ sind ein wichtiger Indikator für die Art und Anzahl der Landmarken (vgl. Abschnitt 3.6). Die Bewegungsart gibt zum einen Aufschluss über die Route (Fußgänger und zum Beispiel Autofahrer können oft nicht dieselben Verkehrswege nützen) zum anderen aber auch über die Auswahl der Landmarken (vgl. Abschnitt 5.1.2). Alter, Geschlecht und Handicap dienen mehr einer „Feinabstimmung“ der auszuwählenden Landmarken.

5.3.2 Situationsbezogene Daten

Tabelle 5 zeigt die Gewichtung der situationsbezogenen Daten.

Attribut	Gewichtung
Lichtverhältnisse	10
Wetterverhältnisse	7
Jahreszeit	4

Tabelle 5: Situationsbezogene Gewichtung

Begründung:

Die Lichtverhältnisse mit einer Gewichtung von „10“ sind das am höchsten bewertete und somit für die Auswahl der Landmarken wichtigste Attribut. Grund dafür ist die Annahme, dass eine Navigation unter verschiedenen (Tages)Lichtverhältnissen stattfinden kann (vgl. Abschnitt 3.2). Bei schlechten Lichtverhältnissen werden verstärkt bis ausschließlich beleuchtete (aktiv oder passiv) Landmarken verwendet. Die Wetterverhältnisse verhalten sich ähnlich den Lichtverhältnissen, haben aber einen nicht so starken Einfluss. Die Jahreszeit spielt bei temporären Landmarken, wie Christbäumen oder Strandbädern, eine Rolle, welche nur zu bestimmten Jahreszeiten präsent oder von Interesse sind.

5.3.3 Bewertung der Landmarken

Von Landmarken werden zwei Arten von Daten gespeichert. Zum einen die Charakteristiken der Landmarke, wie Form, Farbe etc. und zum anderen eine Wertetabelle mit ihren Eignungen zu den Personen- und Situationsattributen. In Tabelle 6 werden diese Daten abgebildet. Die in der Spalte „Wert“ eingetragene Zahl beschreibt die Eignung einer Landmarke bezüglich des jeweiligen Personen-beziehungsweise Situationsattributs. Die Bewertung basiert auf den in Abschnitt 5.1.4.1 und 5.2.3.1 beschriebenen Ausprägungen. Die Ausprägungen werden als Zahlen dargestellt um diese später gewichten zu können.

So wird zum Beispiel die Ausprägung der Lichtverhältnisse „Tageslicht / Dämmerung / Dunkelheit“ mit „0 / 1 / 2“ bewertet, wobei ein Wert von „2“ bedeutet, dass die Landmarke auch bei Dunkelheit noch wahrgenommen werden kann. Ein Wert von „0“ bedeutet, dass ein Objekt nur bei Tageslicht gut erkennbar ist.

Attribut	Wert	Beschreibung
Alter	1-10	1 bis 10 kennzeichnet das Alter einer Person in Zehnjahres-Schritten.
Geschlecht	0,1	0 – weiblich 1 – männlich
Handicap	0,1,2	0 – kein Handicap 1 – Gehbehinderung 2 – Sehbehinderung
Bewegungsart	0,1,2	0 – Fußgänger 1 – Fahrrad 2 – Motorisiert
Zweck der Bewegung	0,1,2,3	0 – kürzester

		1 – schnellster 2 – sicherster 3 – schönster Weg
Umgebungskenntnis	0,1,2	0 – gut 1 – mittel 2 – schlecht
Lichtverhältnisse	0,1,2	0 – Tageslicht 1 – Dämmerung 2 – Dunkelheit
Wetterverhältnisse	0,1,2,3	0 – Schönwetter 1 – Regen 2 – Nebel 3 – Schneefall
Saison	0,1,2,3	0 – Frühling 1 – Sommer 2 – Herbst 3 – Winter

Tabelle 6: Wertung von Landmarkenattributen

Bei der Auswahl der Landmarken werden nun die gespeicherten Einträge einer Landmarke mit den Benutzervorgaben verglichen. Gibt eine Person zum Beispiel an, dass die Navigation unter dämmerigen Lichtverhältnissen stattfindet, kommen nur Landmarken mit einem Wert von größer oder gleich „1“ in Frage. Hat eine Landmarke einen solchen Wert, wird dieser noch mit der Gewichtung multipliziert.

Zum Beispiel:

Lichtverhältnisse: Dämmerung (Dämmerung hat Wert „1“)

	Wert	≥ 1 ?		Punkte
Landmarke 1	2	✓	Multipliziert mit Gewichtung 10	20
Landmarke 2	1	✓		10
Landmarke 3	0	x		0

Tabelle 7: Beispiel zur Bewertung von Landmarken

Die Landmarken mit der höchsten Gewichtung werden dann für die Routenbeschreibung verwendet. Die Auswahl der Landmarken erfolgt folgendermaßen:

Attribut	Vergleich	Attribut der Landmarke		Gewichtung
Alter	\leq	Alter	Multipliziert	2
Geschlecht	=	Geschlecht		3
Handicap	=	Handicap		4
Bewegungsart	\leq	Bewegungsart		5
Zweck der Bewegung	=	Zweck der Bewegung		8
Umgebungskenntnis	\leq	Umgebungskenntnis		6
Lichtverhältnis	\leq	Lichtverhältnis		10

Wetterverhältnis	< =	Wetterverhältnis	7
Jahreszeit	=	Jahreszeit	4

Tabelle 8: Bewertung von Landmarken

5.4 Kategorisierung von Landmarken

Um eine durchgehende Darstellung der Routeninformation zu gewährleisten, muss eine einheitliche Darstellungsmethode gefunden werden. Hier bietet sich die Gliederung nach dem LATCH Prinzip von Wurman [1996] an.

Das LATCH Prinzip gliedert Daten nach fünf verschiedenen Gesichtspunkten – Ort (*Location*), Alphabet (*Alphabet*), Zeit (*Time*), Kategorie (*Category*), Hierarchie (*Hierarchy*), kurz – LATCH.

[INFORMIT] erläutert die verschiedenen Punkte des LATCH Prinzips folgendermaßen:

- Der **Ort** repräsentiert die Lage eines Objekts innerhalb eines festgelegten Raums. Er dient dazu, Information von Objekten in verschiedenen Lagen zu organisieren und zu vergleichen.
- Das **Alphabet** ist eine sehr spezifische und effektive Weise Information zu kategorisieren. Eine alphabetische Sortierung bietet sich bei großen Datenmengen an (zum Beispiel Namen im Telefonbuch) und hat den Vorteil eines einfachen Datenzugriffs und einer einfachen Datenhandhabung. So liefert eine alphabetische Sortierung automatisch ein Histogramm.
- Die **Zeit** organisiert Information in einer kontinuierlichen positiven Dimension (wie zum Beispiel auch Höhe oder Temperatur).
- Die **Kategorie** fasst Information zu Gruppen zusammen. Eine Gruppierung kann zum Beispiel nach Farbe, Typ, Model, etc. geschehen.
- Die **Hierarchie** sortiert Information nach Größenordnungen. Von klein nach groß, von billig nach teuer, nach Wichtigkeit etc. Eine Organisation von Information wird häufig verwendet wenn man nach Wichtigkeit oder Wert sortieren möchte.

Eine Gliederung von Information nach dem LATCH-Prinzip hilft nur, die für die Wegsuchenden gerade nötige beziehungsweise interessant Information darzustellen. Wurman beschreibt das Problem von unstrukturierter beziehungsweise zu hoher Informationsdarstellung auf Karten in einem Interview in dem Onlinemagazin De-bug [2006] folgendermaßen:

„Karten sind oftmals viel zu kompliziert. Zu viele Farben. Zu viele Information. Diese Karten zeigen nicht die groben Anhaltspunkte auf, die helfen würden, das Ziel zu finden. Man will damit nur zeigen, dass man all diese Dinge verwirklichen kann. Die besten Karten sind die, auf denen man sofort das System-, das Informationsmuster erkennt.“

Als Beispiel für Landmarken kann das LATCH-Prinzip wie folgt angewendet werden:

- **Ort:**
 - o Wo befindet sich die Landmarke?
 - o Wie weit ist die Landmarke von hier weg?
 - o Wie komme ich hin?

- **Alphabet:**
 - o Wie heißt die Landmarke?
 - o Wie heißt der Ort wo sie sich befindet?

- **Zeit:**
 - o Seit wann gibt es die Landmarke?
 - o Wie lange brauche ich zu dieser Landmarke?
 - o Öffnungszeiten (falls Geschäft)?

- **Kategorie:**
 - o Zählt die Landmarke zu den Sehenswürdigkeiten?
 - o Ist die Landmarke ein Geschäft?

- **Hierarchie:**
 - o Ist diese Landmarke für mich relevant?

5.5 Navigationsszenarien

Im Folgenden wird anhand von fiktiven Navigationsszenarien gezeigt, wie sich unterschiedliche Personen und Situationen auf die Qualität der Auswahl von Landmarken auswirken können. Dabei werden die unterschiedlichen Ausprägungen und Einflüsse von Personen- und Situationsattributen sichtbar. Ausgangssituation ist eine Route innerhalb einer größeren Stadt zwischen zwei Punkten A und B. Für diese Route steht eine Auswahl von zehn Landmarken zur Verfügung. Bei den Testfällen beschreiten vier unterschiedliche Personen die Route. Jeder Testfall findet in einem von vier unterschiedlichen Situationsszenarios statt. Daraus ergeben sich 16 Szenarios, mit unterschiedlich bewerteten Landmarken, für diese Route.

5.5.1 Personen

Für den Testfall sind vier möglichst unterschiedliche Personen ausgewählt worden.

Person 1:

Person 1 ist ein männlicher Teenager im Alter von 15 Jahren. Er ist zum ersten Mal in der Stadt und sucht den kürzesten Weg zu Punkt B. Er bewegt sich zu Fuß fort.

Person 2:

Hier handelt es sich um eine junge Frau Mitte 20, welche mit dem Fahrrad unterwegs ist. Sie sucht ebenfalls den kürzesten Weg nach Punkt B, kennt sich jedoch in der Stadt sehr gut aus.

Person 3:

Person 3 ist ein vierzigjähriger Mann. Er ist zu Fuß unterwegs und mit der Umgebung ein wenig vertraut. Der Zweck seiner Bewegung ist ein touristischer Rundgang.

Person 4:

Die vierte Person ist eine 70 Jahre alte Frau. Sie ist zu Fuß unterwegs und bereits leicht geh- und sehbehindert. Ihre Umgebungskennntnisse sind sehr gut und sie ist vor allem an kulturellen und historischen Gebäuden interessiert. Sie ist eine typische Touristin, die schon öfters in dieser Stadt war.

Personen – Zusammenfassung

Tabelle 9 zeigt die Auswahl der Werte für die Personenattribute der vier Testpersonen. Die Attribute zu den Personen sind frei gewählt. Um jedoch ein breites Spektrum abzudecken, sind diese nach Möglichkeit sehr unterschiedlich ausgesucht.

Geschlecht: 0 – Mann, 1 – Frau
Handicap: 0 – keines, 1 – Gehbehinderung, 2 – Sehbehinderung
Bewegungsart: 0 – Fußgänger, 1 – Fahrrad, 2 – Auto
Zweck der Bewegung: 0 – kürzester, 1 – schnellster, 2 – sicherster, 3 – schönster Weg
Umgebungskennntnisse: 0 – sehr gut, 1 – mittel, 3 – schlecht

Pnr.	Alter	Geschlecht	Handi- cap	Bewegungs- art	Zweck der Bewegung	Umgebungs- Kenntnis
1	15	0	0	0	0	2
2	25	1	0	1	0	0
3	40	0	0	0	3	1
4	70	1	2	0	3	0

Tabelle 9: Szenario Personenattribute

5.5.2 Situation

Die vier verschiedenen Umweltsituationen der Testumgebung sollen die Einflüsse von Wetter, Licht und Saison auf die Auswahl der Landmarken aufzeigen.

Situation1:

Situation 1 beschreibt einen sonnigen Frühlingstag um die Mittagszeit. Der Himmel ist wolkenlos und es bestehen beste Sichtverhältnisse.

Situation 2:

Hierbei handelt es sich um einen verregneten Sommertag. Die Tageszeit ist früher Nachmittag, daher herrschen den Umständen entsprechend gute Lichtverhältnisse.

Situation 3:

Situation 3 beschreibt einen nebeligen Herbsttag. Die Sonne ist gerade beim untergehen und die Lichtverhältnisse sind bereits eingeschränkt.

Situation 4:

Die vierte Situation spiegelt einen verschneiten Wintertag wieder. Die Sichtverhältnisse sind aufgrund des massiven Schneefalls und der bereits eingetretenen Dunkelheit sehr schlecht.

Situation- Zusammenfassung

Tabelle 10 zeigt die Auswahl der Werte für die Situationsattribute der vier Testsituationen. Die Attribute zu den Situationen sind frei gewählt. Um jedoch ein breites Spektrum abzudecken, sind diese sehr unterschiedlich ausgesucht.

Lichtverhältnisse: 0 – Tageslicht, 1 – Dämmerung, 2 – Dunkelheit
Wetterverhältnisse: 0 – Schönwetter, 1 – Regen, 2 – Nebel, 3 – Schneefall
Saison: 0 – Frühling, 1 – Sommer, 2 – Herbst, 3 – Winter

Situationsnr.	Lichtverhältnis	Wetterverhältnis	Saison
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	2	2
4	2	3	3

Tabelle 10: Szenario Situationsattribute

5.5.3 Landmarken

Die Landmarken des Testszenarios zeigen typische Objekte einer Innenstadt auf. Es wurde darauf geachtet, dass sich die zehn zur Verfügung stehenden Landmarken stark voneinander unterscheiden. Darunter finden sich große historische Gebäude, welche auch bei Nacht beleuchtet sind, wie zum Beispiel eine Kirche oder ein Theater. Aber auch ein Nagelstudio oder ein Spielplatz, welche bei schlechten Lichtverhältnissen weniger auffallend sind.

Landmarken – Zusammenfassung

Tabelle 11 zeigt die Landmarken und deren Bewertung für die einzelnen Personen- und Situationsattribute. Die Zeilenüberschriften bezeichnen die verschiedenen Landmarken, die Spaltenüberschriften geben die Situations- (blaue Umrahmung) und Personenattribute (rote Umrahmung) an. Die eingetragenen Werte zeigen auf wie gut die jeweilige Landmarke für die entsprechenden Situations- beziehungsweise Personenattribute geeignet ist. Die eingetragenen Werte sind frei gewählt und dienen lediglich zur Illustration.

Situation 1:

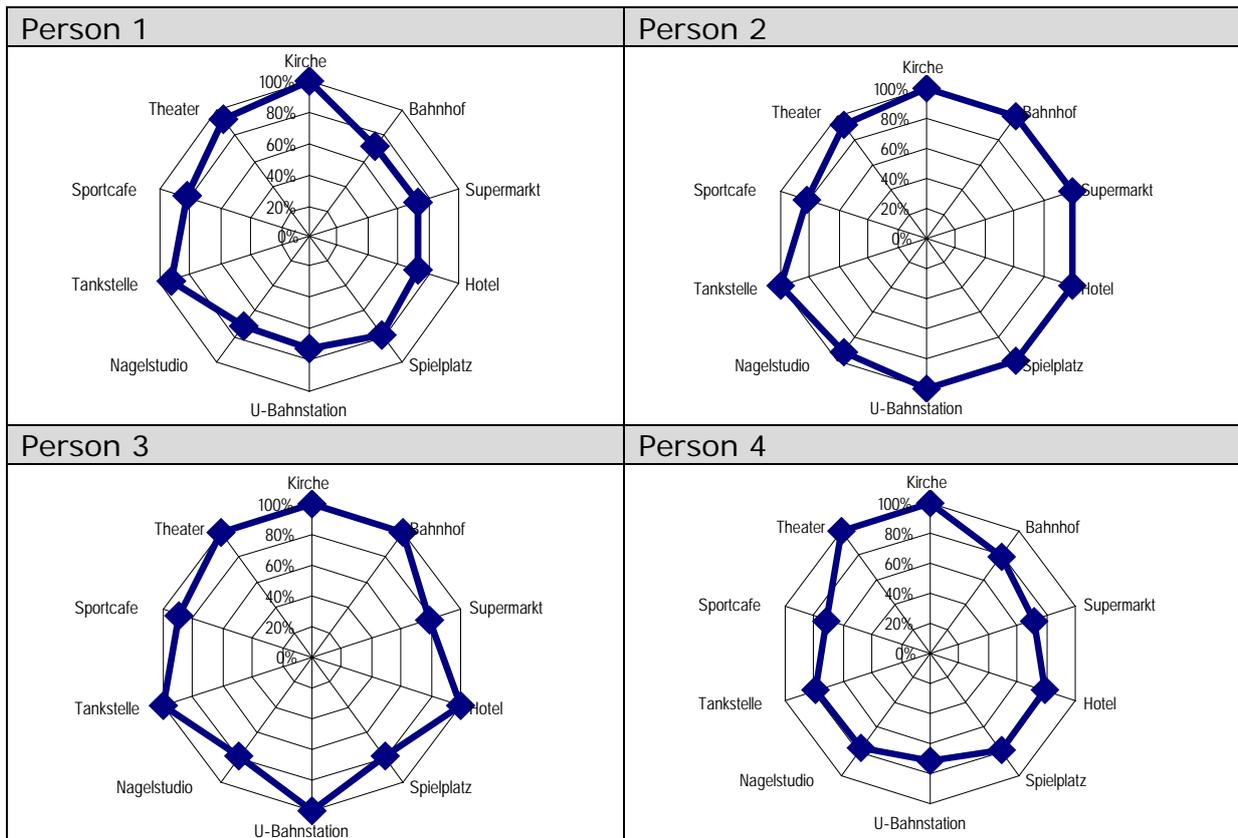


Abbildung 13: Situation 1

Situation 2:

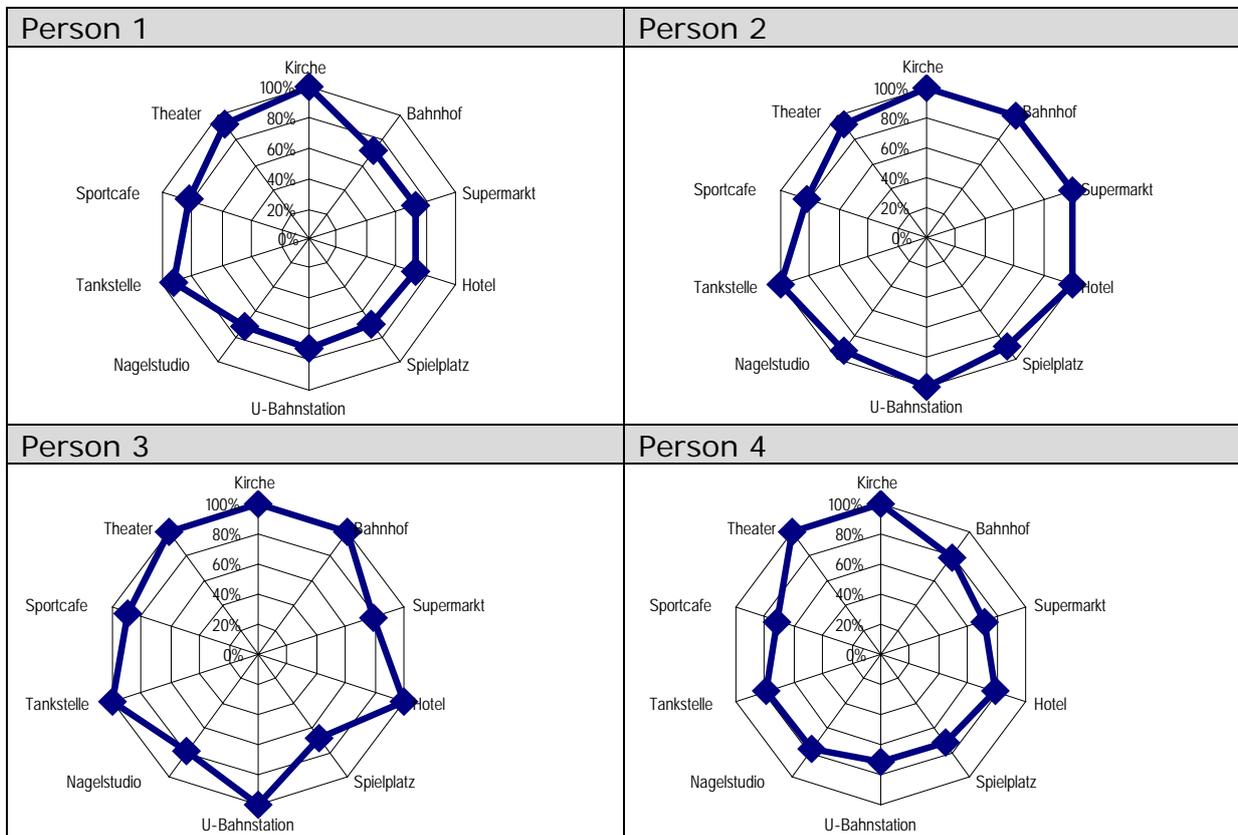


Abbildung 14: Situation 2

Situation 3

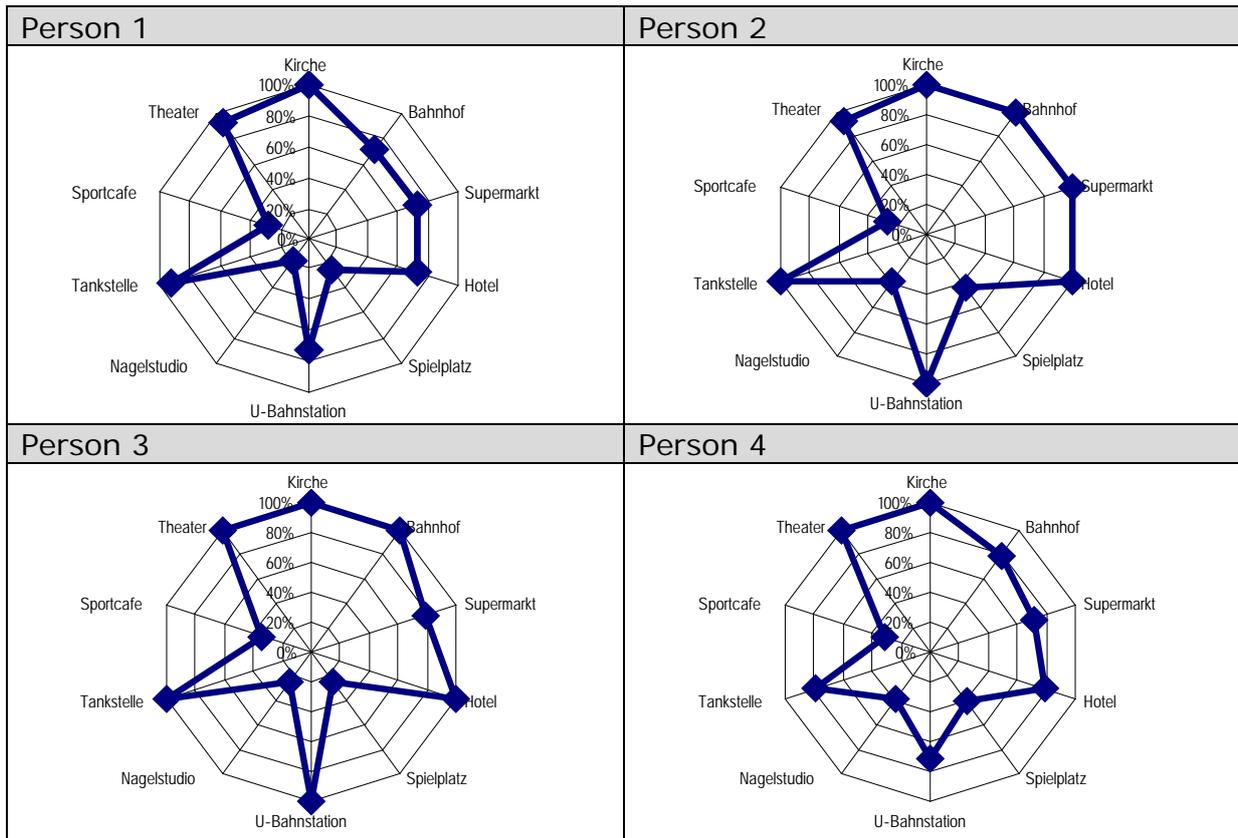


Abbildung 15: Situation 3

Situation 4:

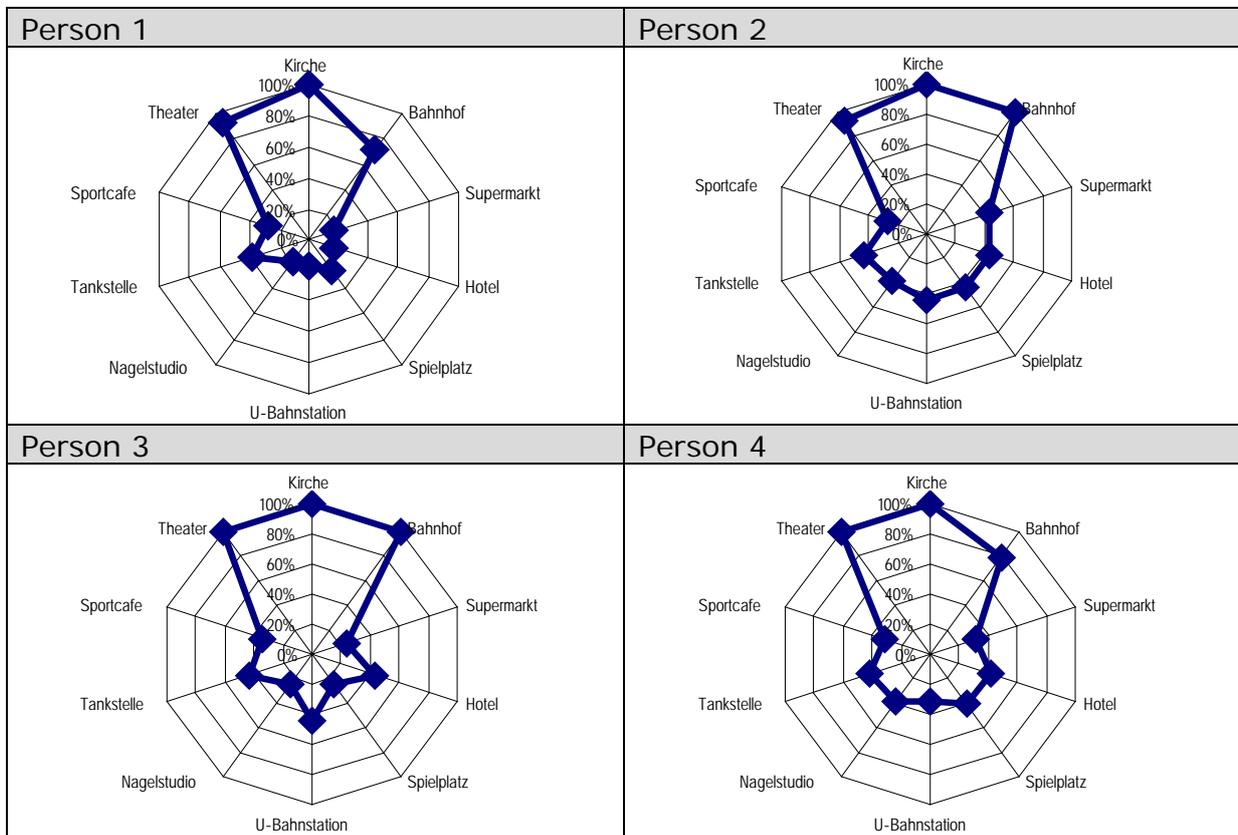


Abbildung 16: Situation 4

5.5.5 Ergebnis

Die in Abschnitt 5.5.4 dargestellten Netzdiagramme zeigen die Eignung der verschiedenen Landmarken. Die vier Situationen unterscheiden sich stark voneinander. Innerhalb einer Situation gibt es jedoch nur wenig Abweichung. Daraus kann man erkennen, dass die Auswahl der Landmarken in derzeitiger Form sehr stark von den Situationsdaten und nur geringfügig von der Person, welche die Route beschreitet, abhängig ist.

In **Situation 3** ist zu erkennen, dass das Sportcafe, das Nagelstudio und der Spielplatz bereits sehr wenige Prozente erreicht haben, da diese weder passiv noch aktiv beleuchtet sind und so bei eingeschränkten Sichtverhältnissen kaum auffallen.

In **Situation 4** sind nur noch Theater, Kirche und Bahnhof gut bewertet worden. Ausschlaggebend dafür ist vor allem die aktive Beleuchtung dieser drei Landmarken, da es in **Situation 4** Nacht ist und Schneefall herrscht. Tankstelle, U-Bahn und Hotel sind aufgrund ihrer Beschilderung beziehungsweise passiven Beleuchtung noch vergleichsweise gut bewertet worden.

Personendaten sind nur bei guten Umweltbedingungen, wie sie in **Situation 1** und **2** auftreten, von größerer Bedeutung. Man erkennt, dass es je nach Person unterschiedliche Präferenzen gibt, wobei hier grundsätzlich alle Landmarken gut bewertet worden sind. Bei männlichen Testpersonen ist zum Beispiel das Wettbüro immer (leicht) besser bewertet als das Nagelstudio.

Im nächsten Abschnitt wird die Konzeption des Modells mit den hier festgelegten Attributen vorgestellt. Daran anschließend wird eine beispielhafte Implementierung des Modells gezeigt. Die dabei verwendete Gewichtung der Attribute basiert nicht auf wissenschaftlich gefestigten Aussagen und ist somit nur eine mögliche Variante der Umsetzung. Das Modell ist jedoch generisch aufgebaut, sodass sowohl die Attribute und deren Gewichtung als auch die Bewertung der Landmarken jederzeit änderbar sind, ohne dass das Modell angepasst werden muss.

6 Konzept für die Implementierung des adaptiven Modells

In Abschnitt 5 wurden die für die Thematik der Fußgängernavigation in urbanen Gebieten wichtigen Attribute und deren Gewichtung beschrieben. Darauf aufbauend behandelt dieser Abschnitt das Konzept für ein solches Modell und geht dabei auf die einzelnen Komponenten ein.

Das hier entwickelte adaptive Modell für die Fußgängernavigation in urbanen Gebieten soll die Schwächen bisheriger Systeme beseitigen. Um dies bewerkstelligen zu können, müssen die zur Verfügung stehenden Daten so verarbeitet werden, dass den Wegsuchenden angepasste und als qualitativ hochwertig empfundene Routeninformation zur Verfügung gestellt werden kann. Ausgangspunkt sind die aus dem Kontext der Fußgängernavigation extrahierten Personen- und Situationsattribute. Diese Daten müssen erfasst und verarbeitet

werden. Bei der Erfassung der Daten ist darauf zu achten, dass die Eingabe einfach und schnell bewerkstelligt werden kann. Die erfassten Daten müssen dann mit der gespeicherten Routeninformation abgeglichen werden. Dieser Abgleich erfolgt auf Basis der in Abschnitt 5 bestimmten Gewichtung. Die daraus berechnete Routeninformation wird grafisch sowie als Text aufbereitet und den Benutzern präsentiert. (siehe Abbildung 17)

Daraus lassen sich die drei wesentlichen Teile des Modells ableiten:

- Datenmodell
- Berechnung der Routeninformation
- Präsentation

Die Funktion des Datenmodells ist die Speicherung und Bereitstellung von Landmarkendaten und Personendaten für die implizite Personalisierung. Von Personen sind die statischen Daten, sowie Benutzername und Passwort gespeichert. Von Landmarken ist qualitative Ortsinformation, Sach- und Bewertungsdaten gespeichert. Qualitative Ortsinformation definiert die Lage des Objekts. Sachdaten enthalten Information über die Landmarke und die Bewertungsdaten, d.h. die Werte der Landmarke zu den Personen- und Situationseigenschaften.

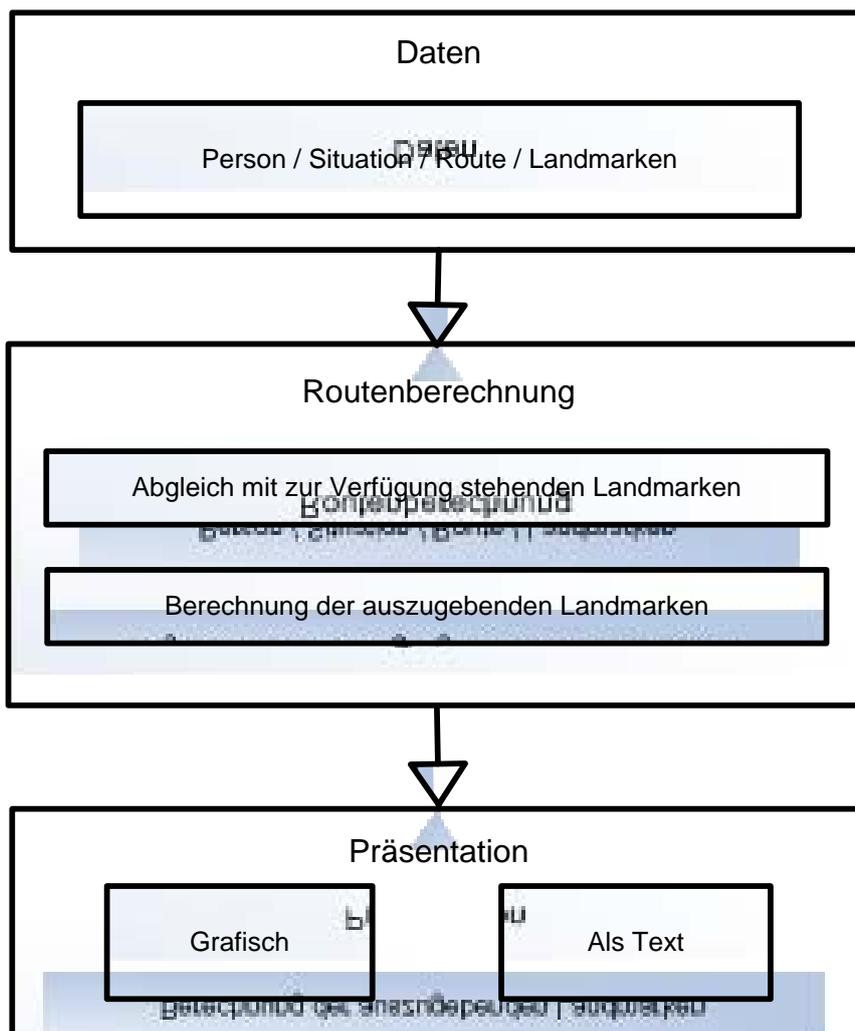


Abbildung 17: Aufbau des Fußgängernavigationssystems

Die Routenberechnungs-Komponente berechnet aus den eingelesenen Personen- und Situationsattributen sowie den angegebenen Start- und Zielpunkten die Route und wählt die Landmarken aus. Außerdem wird hier die Adaption von Route und Landmarken an veränderte Personen- und Situationsdaten durchgeführt.

Die Präsentationsschicht, im weiteren Text GUI (*Graphical User Interface*) genannt, gliedert sich in zwei Teile. Zum einen die Eingabe der Daten (Start-Zielpunkt und explizite Personalisierungsdaten) und zum anderen die Ausgabe der berechneten Route und Routeninformation. Die Eingabe der Daten ist, je nach technischen Möglichkeiten, so einfach wie möglich zu halten. Die Ausgabe der Routeninformation erfolgt grafisch sowie als Text. Das GUI bietet des Weiteren noch die Möglichkeit zur Echtzeitpersonalisierung der Route. Das bedeutet, dass die expliziten Personalisierungsdaten jederzeit an sich ändernde Bedingungen oder Bedürfnisse angepasst werden können und sich sofort auf die dargestellte Routeninformation auswirken.

6.1 Konzeption des Datenmodells

Das Datenmodell umfasst alle benötigten Daten und beschreibt deren Beziehungen untereinander. Die Daten werden grob in persistente und transistente Daten unterteilt. Als persistente Daten werden im Folgenden solche Daten bezeichnet, die bereits bekannt und nicht mehr von den Benutzern veränderbar sind. Alle persistenten Daten sind in einer Datenbank abgelegt.

Persistente Daten:

- Qualitative Ortsinformation des Kartenabschnitts
- Qualitative Ortsinformation der Landmarken
- Personen- und Situationsattribute der impliziten Personalisierung
- Gewichtung der Personen- und Situationsattribute
- Bewertungsdaten der Landmarken
- Information zu Landmarken

Als transistente Daten werden die Daten bezeichnet, welche direkt von den Benutzern verändert werden können.

Transistente Daten:

- Personen- und Situationsattribute der expliziten Personalisierung
- Start- und Zielpunkt der Navigation

6.1.1 Persistente Daten

Als nächstes werden die persistenten Daten näher beschrieben.

Qualitative Ortsinformation der Landmarken:

Diese beschreiben die Lage der Landmarken im Raum. Dazu werden die Längen- und Breitengrade aller zur Verfügung stehenden Landmarken gespeichert.

Qualitative Ortsinformation der Route:

Der Raum, in der die Navigation stattfindet, ist unterteilt in die möglichen Knotenpunkte (*route choice points* und *potential choice points*). Für jeden dieser Punkte wird der Längen- und Breitengrad gespeichert.

Personen- und Situationsattribute:

Die in Abschnitt 5 für die implizite Personalisierung festgelegten Personen- und Situationsattribute.

Gewichtung der Personen- und Situationsattribute:

Die Gewichtung der einzelnen Attribute ist modular gespeichert, um eine einfache und rasche Änderung zu gewährleisten, ohne dass das Datenmodell grundsätzlich verändert werden muss.

Bewertungsdaten der Landmarken:

Ebenso wie die Gewichtung der Personen- und Situationsattribute sind auch die Bewertungsdaten der Landmarken modular gespeichert, um eine Änderbarkeit zu gewährleisten.

Information zu Landmarken:

Diese beschreiben die für die Navigation verwendeten Landmarken näher. Hier wird die für die Benutzer wichtige Information zu Landmarken, wie zum Beispiel Typ und Farbe des Objekts gespeichert.

Die Daten müssen in einer verständlichen und präzisen Form abgelegt werden. Außerdem ist eine Überforderung der Benutzer mit Information zu vermeiden. Dazu entwickelte Wurman eine Strategie, das **LATCH-Prinzip** (siehe Kapitel 5.4 Kategorisierung von Landmarken). Die einheitliche Gliederung nach diesem Prinzip deckt alle notwendigen Bereiche ab und stellt sicher, dass jegliche Information geordnet abgelegt wird. Jedoch sind beim LATCH-Prinzip nicht alle Kriterien für die Strukturierung von Information gleich gut geeignet. Alphabet ist mehr eine Sortierungsrichtlinie und kann im Grunde auf jedes Attribut angewendet werden. Auch die Unterteilung zwischen Kategorie und Hierarchie schwimmt bei manchen Attributen. So könnte man zum Beispiel **historisch** sowohl in **Kategorie** als auch in **Hierarchie** einordnen, da es einerseits ein ja/nein Attribut einer Landmarke ist, andererseits kann man bei Landmarken ein historisches Objekt hierarchisch höher einstufen als ein nicht historisches. Als nächstes werden die verwendeten Attribute nach dem LATCH-Prinzip kategorisiert, und es wird festgelegt in welcher Form die Information den Benutzern präsentiert wird (Zahl, Zeichenkette, etc.).

Ort:

Funktionalität: Der Ort beschreibt die geografische Position der Landmarke im Raum.

- Die **Lage** gibt allgemeine Objektinformation wieder, wie etwa den Straßennamen und die Hausnummer der Landmarke (falls es sich um ein Gebäude handelt).

Ausgabewerte: Lage (Zeichenkette)

Alphabet:

Funktionalität: Das Alphabet kategorisiert die Landmarken nach ihren Namen.

- Der **Name** benennt die Bezeichnung der Landmarke (zum Beispiel „Südbahnhof“, „Stephansdom“).

Ausgabewerte: Name (Zeichenkette)

Zeit:

Funktionalität: Die Kategorie Zeit bezieht sich zum einen auf die Beständigkeit und/oder das Alter beziehungsweise Baujahr einer Landmarke (bei historischen Gebäuden), zum anderen auf die Öffnungszeiten.

- Der Punkt **Beständigkeit** betrifft Landmarken, welche nur zu bestimmten Tages/Nachzeiten, Jahreszeiten etc. sichtbar sind (zum Beispiel Weihnachtsbaum am Stadtplatz).
- Das **Baujahr** gibt das Jahr der Entstehung der Landmarke an und ist vor allem für historische und kulturelle Landmarken interessant.
- Die **Öffnungszeit** beschreibt, falls möglich, die Zeitspanne in der die Landmarke zugänglich ist. Dieser Punkt ist vor allem für Geschäfte, Museen, Hotels etc. interessant.

Ausgabewerte: Beständigkeit(Zeichenkette), Baujahr(Zahl), Öffnungszeiten(Zeit)

Kategorie:

Funktionalität: Die Kategorie wird verwendet um Attribute verschiedener, nicht hierarchischer, Ausprägungen zu klassifizieren.

- **Prototypisch** gilt ein Objekt dann, wenn es für ein bestimmtes Gebiet typisch ist.
- **Historisch** beschreibt ob, ein Gebäude im Allgemeinen als historisches Gebäude gilt.
- **Kulturell** bezeichnet Landmarken mit kulturellem oder künstlerischem Hintergrund.
- **Typ** beschreibt um welche Art beziehungsweise Kategorie es sich bei einer Landmarke handelt (zum Beispiel Geschäft, Lokal, Sehenswürdigkeit...)

- **Fassade** gibt die Form der Fassade an.
- **Farbe** gibt die Farbe(n) der Landmarke an.
- **Knotenpunkt** beschreibt, ob sich die Landmarke an einem „*choice point*“ oder „*potential choice point*“ befindet, also an Kreuzungen oder Weggabelungen.
- **Beschilderung** beschreibt, ob die Landmarke mit einem Schild gekennzeichnet ist.

Ausgabewerte: prototypisch (Wahrheitswert), historisch (Wahrheitswert), kulturell (Wahrheitswert), Typ (Zeichenkette), Fassade (Zeichenkette), Farbe (Zeichenkette), Knotenpunkt (Wahrheitswert), Beschilderung (Wahrheitswert)

Hierarchie:

Funktionalität: Hierarchie beschreibt hierarchische Eigenschaften einer Landmarke.

- **Sichtbarkeit** beschreibt die prozentuelle, visuelle Sichtbarkeit einer Landmarke.
- **Höhe** und **Breite** geben die geometrischen Maße einer Landmarke in Metern an.
- **Global** beschreibt die Sichtbarkeit einer Landmarke. Ist ein Objekt bereits aus großer Entfernung sichtbar und ändert sich nicht, wenn der Beobachter einen kurzen Weg zurücklegt, ist es global. Globale Landmarken dienen in der Navigation als Referenzpunkte.

Ausgabewerte: Sichtbarkeit (Wahrheitswert), Höhe (Zahl), Breite (Zahl), global (Wahrheitswert).

6.1.2 Transistente Daten

Transistente Daten sind die Daten der expliziten Personalisierung und können von den Benutzern bei jeder Routenberechnung angegeben werden.

Start- und Zielpunkt der Navigation:

Die Benutzer müssen bekannt geben, zwischen welchen Positionen (Start und Ziel) eine Route berechnet werden soll. Diese beiden Punkte sind natürlich Pflichtfelder, ohne die keine Routenberechnung stattfinden kann.

Ausprägung der Personenattribute:

Die Benutzer können die Routenberechnung und dargestellten Information mit einer Angabe zu den in Abschnitt 5.1 festgelegten Personenattributen beeinflussen.

Ausprägung der Situationsattribute:

Ebenso wie bei den Personenattributen, sind auch für die in Abschnitt 5.2 festgelegten Situationsattribute die Ausprägungen von den Benutzern auszuwählen.

Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute sind, im Gegensatz zu Start- und Zielpunkt, nicht notwendig um eine Route zu berechnen. Diese Punkte unterscheiden das Modell jedoch von bisherigen Navigationssystemen, denn genau mit Hilfe dieser Ausprägungen ist es möglich eine personalisierte Route zu generieren.

6.1.3 Beziehungen der Daten

Das ER-Modell des Datenmodells in Abbildung 18 zeigt die Beziehungen der Daten untereinander. Das Ergebnis des Zusammenspiels der Daten sind die Route, die Routenbeschreibung und die Auswahl der angezeigten Landmarken.

- Die **Route** berechnet sich grundsätzlich aus Start- und Zielpunkt. Einen Einfluss auf den Routenverlauf können aber auch Personen- und Situationsattribute, wie zum Beispiel der Zweck der Bewegung, haben.
- Die **Routenbeschreibung** wird für die ausgewählten Landmarken generiert. Einfluss auf die Art und den Umfang der Routenbeschreibung haben die Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute. Ein Beispiel hierfür wäre, dass bei Personen, welche mit der Umgebung nicht vertraut sind, die Informationsdichte höher ist als bei Personen denen die Umgebung geläufig ist.
- Die **Auswahl der Landmarken** wird grundsätzlich durch den Routenverlauf bestimmt. Diese Menge wird anschließend durch die gewichteten Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute noch gefiltert.

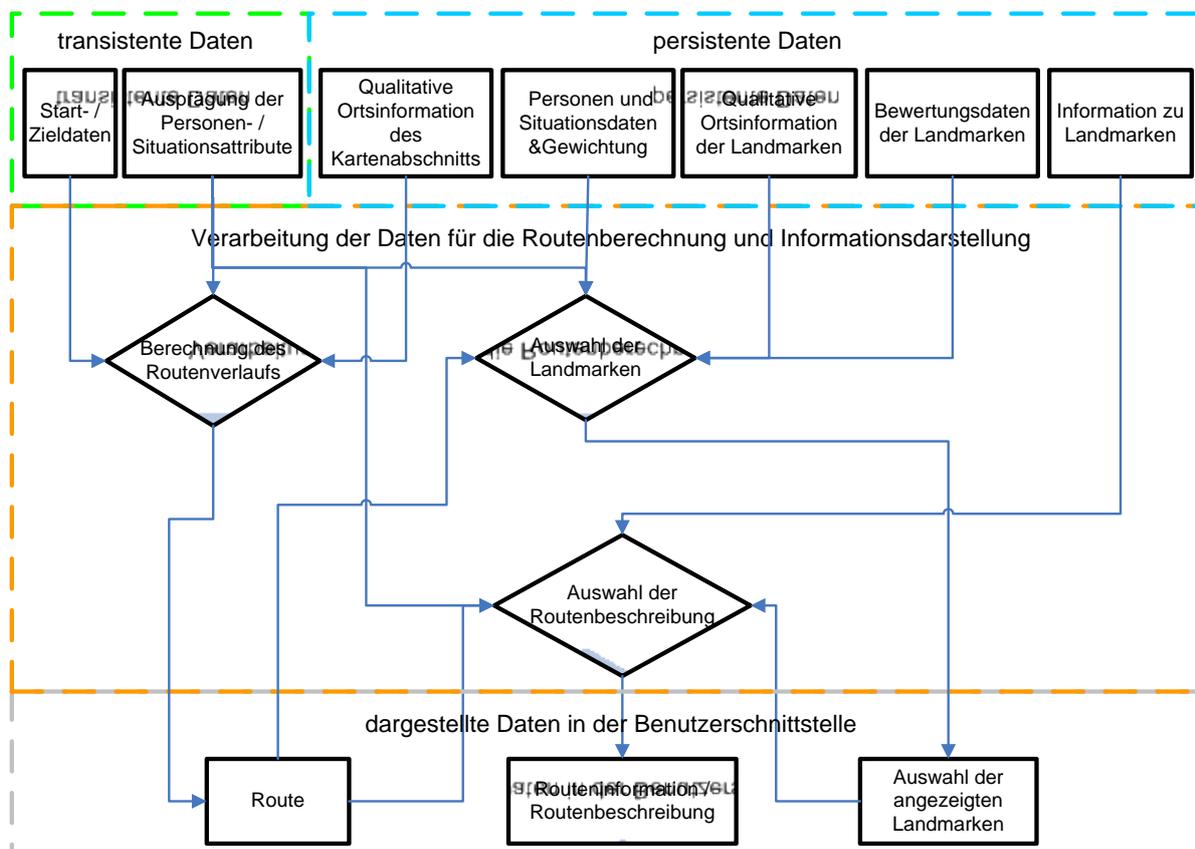


Abbildung 18: Datenabhängigkeitsdiagramm der Landmarkenauswahl

Im Weiteren wird der Einfluss der Personen- und Situationsattribute noch näher erläutert. Die Berücksichtigung und die Möglichkeit der Personalisierung dieser Attribute stellen den größten Unterschied des Modells zu bisherigen Navigationssystemen dar. Die Ausprägungen der Attribute beeinflussen nicht nur die Auswahl der Landmarken, sondern auch die Berechnung des Routenverlaufs selbst. So können zum Beispiel je nach Ausprägung des Attributes „Zweck der Bewegung“ unterschiedliche Routenverläufe generiert werden.

6.1.4 Einfluss der Daten

Mit den vorhandenen Daten muss, neben der eigentlichen Routenberechnung, auch die Auswahl der Landmarken erfolgen und die Routeninformation berechnet werden. Im Folgenden wird erklärt, welche Daten Einfluss auf die Auswahl der Landmarken und der Routeninformation haben. Abbildung 19 zeigt das Zusammenspiel der Daten und Komponenten schematisch.

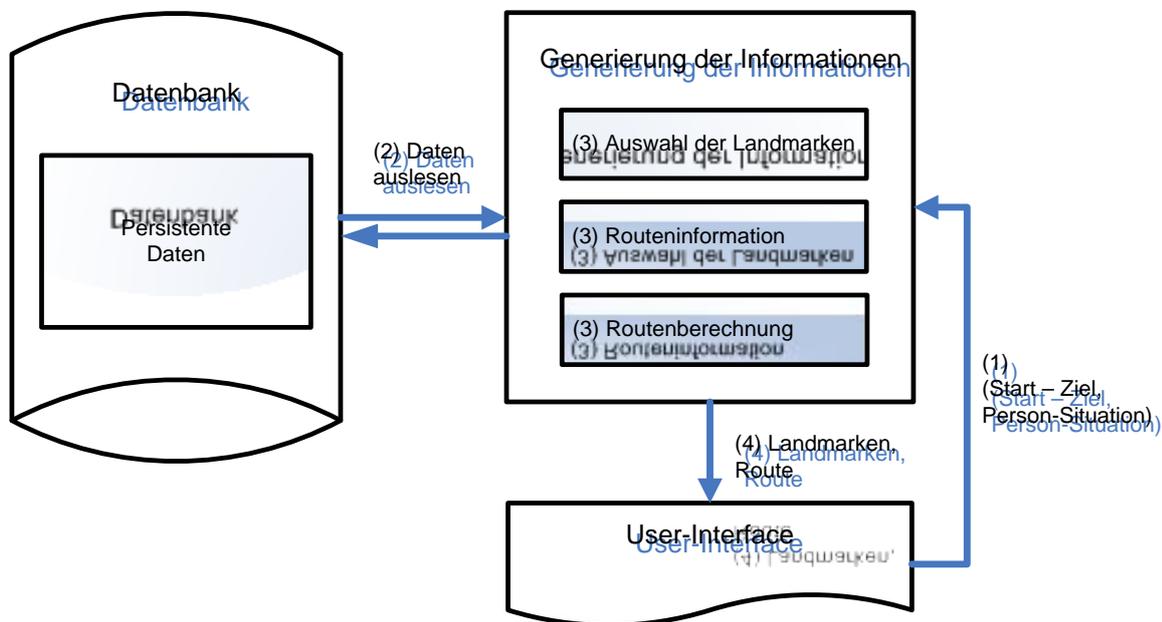


Abbildung 19: Zusammenspiel der Daten und Komponenten

Die Berechnungen basieren auf dem in Abschnitt 5 vorgestellten adaptiven Modell. Grundstein dafür sind die in Abschnitt 6.1 erläuterten Daten. Dabei sind Start- und Zielpunkt der Rahmen für die Routenberechnung, Personen- und Situationsdaten bestimmen Information innerhalb des Rahmens. Abbildung 21 zeigt den schematischen Ablauf der Routenberechnung anhand eines Activity Diagramms, aufgeteilt in vier Abschnitte.

In Abschnitt 1 werden die benötigten Daten über das GUI eingelesen. Die Start- und Zielpunkt Daten dienen ausschließlich der Berechnung der eigentlichen Route. Die Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute haben Einfluss auf den Routenverlauf, die Auswahl der Landmarken und die dargestellte Routeninformation. Abbildung 20 zeigt den Einfluss der Attribute auf die jeweilige Komponente. So haben alle Attribute Einfluss auf die Auswahl der Landmarken. Auf die Berechnung der Route wirkt sich nur der Zweck der Bewegung aus. Der

Grund dafür ist, dass für einen „touristischen Rundgang“ ein anderer Routenverlauf gewünscht ist als für den „kürzesten Weg“ zwischen Start- und Zielpunkt. Auch bei der Auswahl der Routeninformation spielt der Zweck der Bewegung eine Rolle. Hier wird bei der Auswahl „touristischer Rundgang“ initial jegliche historische und kulturelle Information zu Landmarken ausgegeben beziehungsweise angezeigt. Die strichlierten Linien in Abbildung 20 zeigen den Einfluss der Route auf die Auswahl der Landmarken, dieser wiederum auf die Auswahl der Routeninformation.

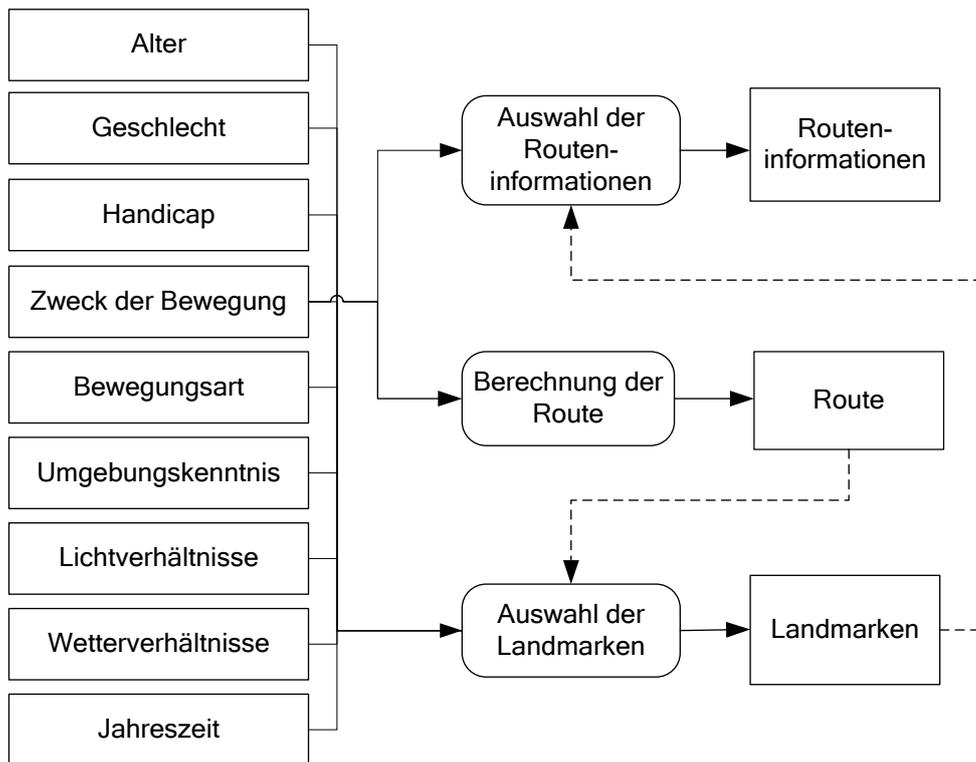


Abbildung 20: Einfluss der Personen- und Situationsattribute

In Abbildung 21, Abschnitt 2 wird die eigentliche Berechnung der Route, die Auswahl der Landmarken und der Routeninformation, dargestellt. Im ersten Schritt wird die Route berechnet. Mit dem Wissen der Route kann eine Vorauswahl der Landmarken getroffen werden. Dazu werden aus der Summe aller verfügbaren Landmarken jene gefiltert, die sich geografisch innerhalb des Routenabschnitts befinden. Danach müssen die Bewertungsdaten der möglichen Landmarken mit den Ausprägungen der Personen- und Situationsattributen sowie deren Gewichtungen abgeglichen werden. Die Ergebnismenge ist eine Menge von Landmarken, welche für die angegebenen Daten geeignet sind. Zuletzt wird noch die Information über Landmarken, in Abhängigkeit zum Attribut „Zweck der Bewegung“, ausgelesen und an das Userinterface weitergegeben.

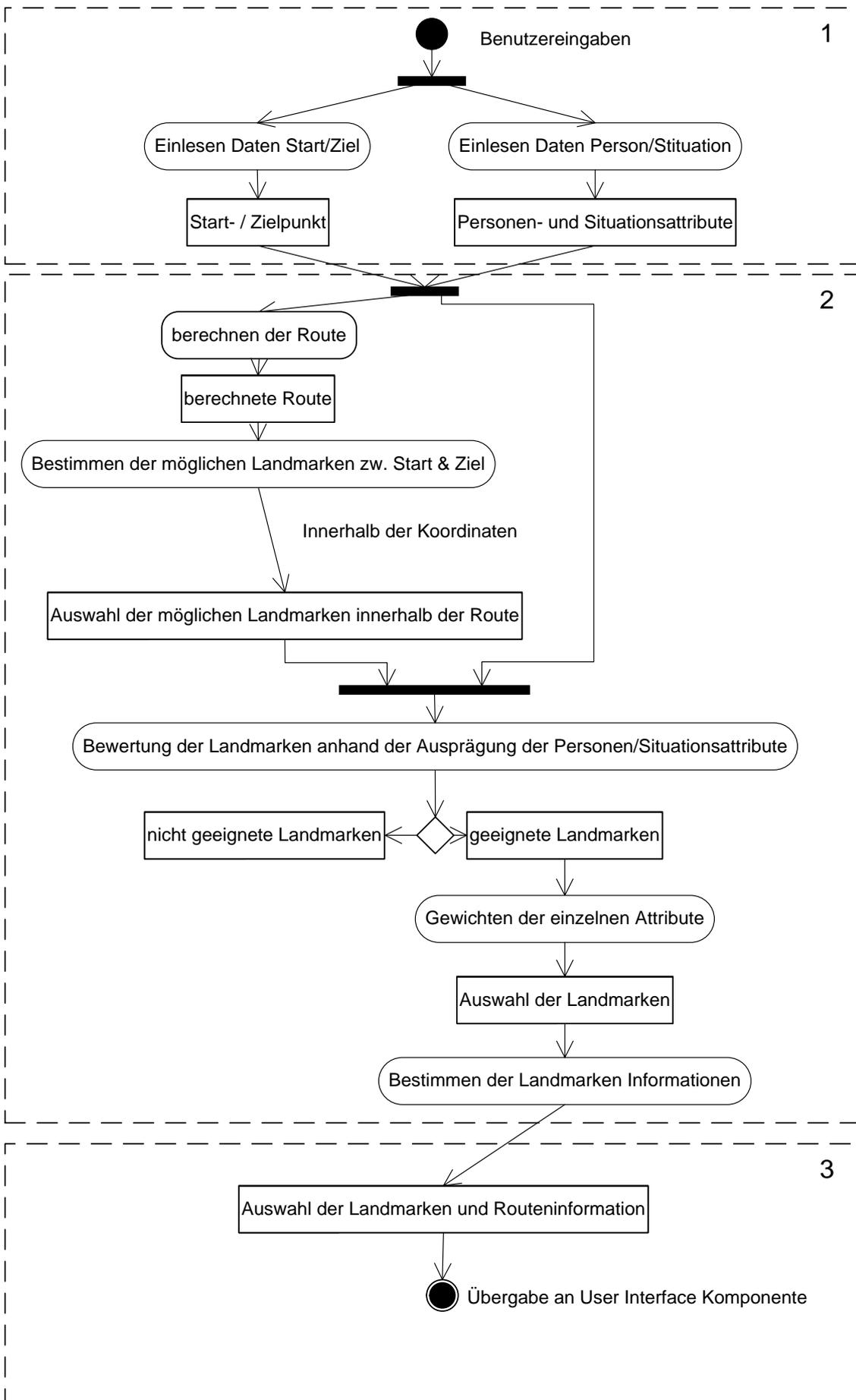


Abbildung 21: Activity Diagramm Routenberechnung

6.2 Konzeption der User-Interface Komponente

Die User-Interface Komponente hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Zum einen das Einlesen der für die Navigation relevanten Daten, zum anderen die Ausgabe der von der Routenberechnungskomponente berechneten Route und die dazugehörige Routeninformation. Dazu wird das GUI grafisch in die zwei Bereiche „Einlesen der Daten“ und „Darstellung Routeninformation“ unterteilt. Der für die Benutzer wesentliche Teil ist die Darstellung der Routeninformation. Die Eingabe der relevanten Daten ist nur Mittel zum Zweck und sollte somit nicht zuviel Platz in Anspruch nehmen. Eine mögliche Aufteilung des GUI zeigt Abbildung 22.

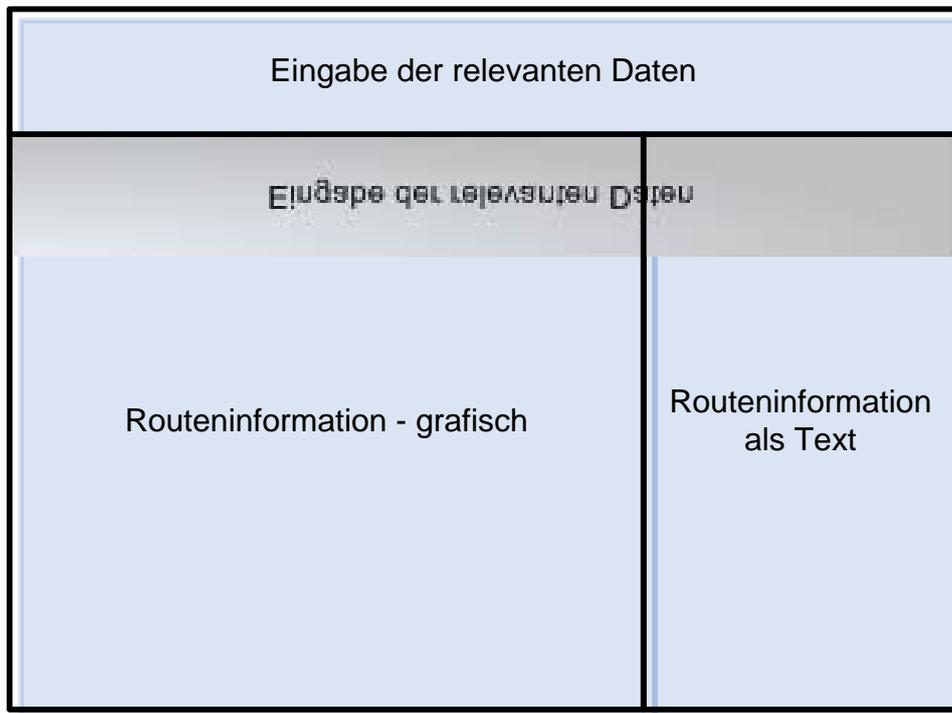


Abbildung 22: Aufteilung des GUI

Zusätzlich muss das GUI so aufgebaut sein, dass es eine „Echtzeitpersonalisierung“, also eine sofortige Übernahme von geänderten navigationsrelevanten Daten, unterstützt. Im Folgenden wird auf die einzelnen Funktionen (siehe Abbildung 23), welche das GUI erfüllen muss, eingegangen.

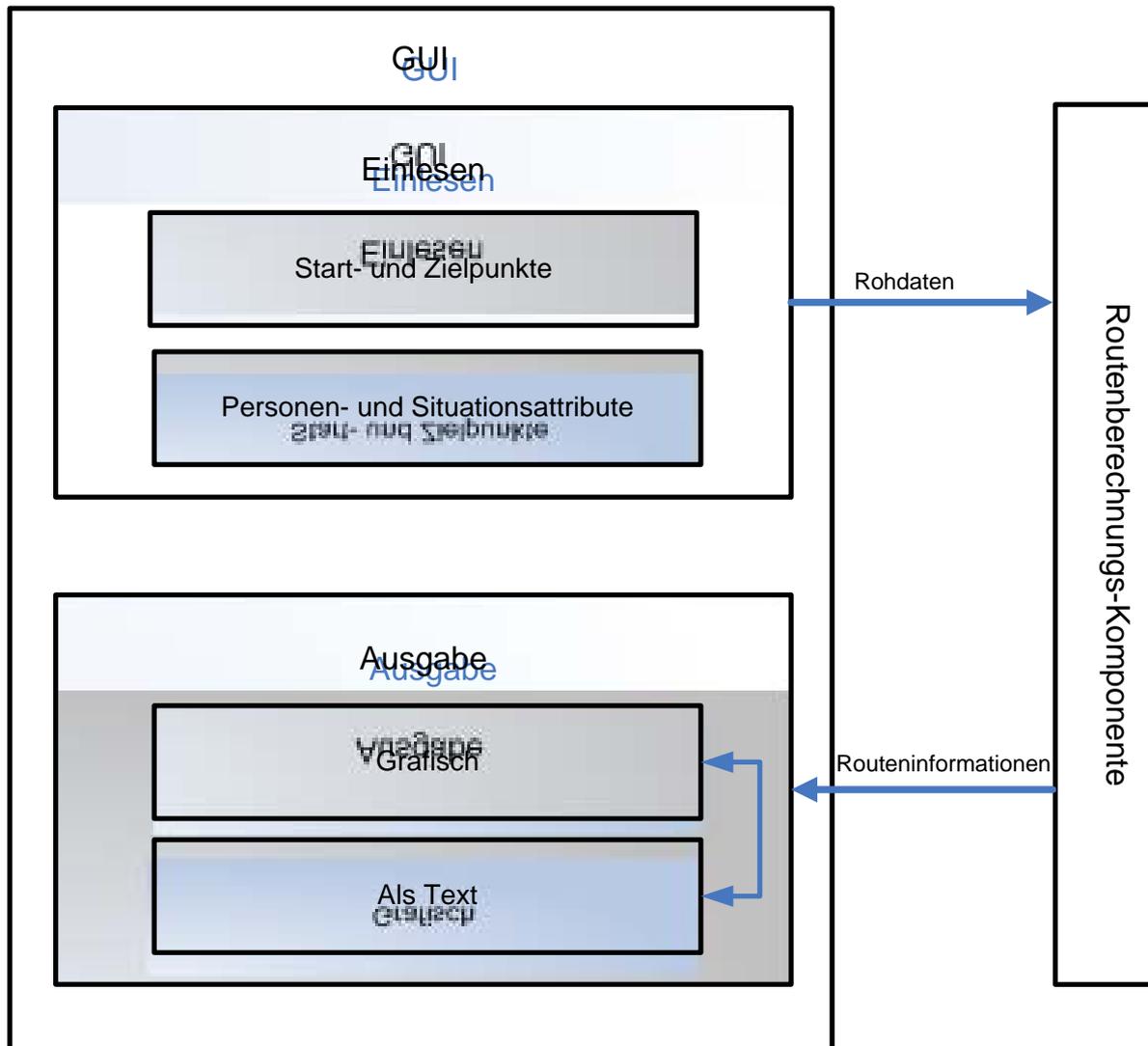


Abbildung 23: Funktionsbausteine GUI

6.2.1 Einlesen der relevanten Daten

Einlesen des Start- und Zielpunkts:

Das Einlesen des Start- und Zielpunkts unterscheidet sich nicht von herkömmlichen Navigationssystemen und kann zum Beispiel als Text- oder Auswahlfeld realisiert werden.

Einlesen der Personen- und Situationsdaten (explizite Personalisierung):

Den Benutzern muss die Möglichkeit gegeben werden, die in Abschnitt 5 beschriebenen Attribute dem Modell bekannt zu geben. Hier ist für jedes einzelne Attribut ein Eingabefeld vorgesehen. Es ist darauf zu achten, dass die Eingabe für die Benutzer so einfach wie möglich gestaltet ist.

6.2.2 Darstellung der Routeninformation

Nach Eingabe der relevanten Daten erfolgt die Berechnung der Route. Das Ergebnis der Routenberechnung ist die Routeninformation, welche von der GUI grafisch und auch als Text ausgegeben wird.

Die grafische Darstellung:

Basis der grafischen Darstellung ist eine schematische Karte der Umgebung, in der die Navigation stattfindet. Innerhalb dieser Karte werden Start- und Zielort sowie die Route farblich gekennzeichnet. Kernstück ist die Darstellung der berechneten Routeninformation als Landmarken. Diese werden auf der Karte entlang der Route eingezeichnet. Zu jeder Landmarke sind Information sowie ein Foto hinterlegt, so können sich Benutzer jederzeit über eine Landmarke näher informieren.

Die Darstellung als Text:

Zusätzlich zur grafischen Darstellung wird die Route auch noch mit Text erklärt. Hier finden sich Information über die Route an sich (ungefähre Weglänge des derzeitigen Wegabschnitts, Straßenname, Richtungswechsel und derzeit sichtbare Landmarken inklusive Information dieser)

Um eine bestmögliche Unterstützung der Orientierung der Benutzer zu gewährleisten, sind grafische und Text Darstellung miteinander verknüpft. Das bedeutet, dass zum Beispiel bei einem Klick auf eine im Text ausgewiesene Landmarke diese in der grafischen Darstellung hervorgehoben wird. Dies soll dazu beitragen, dass sich die Benutzer jederzeit neu orientieren können, indem sie eine Landmarke im grafischen oder im Text erklärten Routenverlauf anklicken und Information dieser Landmarke dargestellt bekommen.

6.3 Integration in bestehende Systeme

Es gibt natürlich keine allgemeingültige Lösung für die Integration in bestehende Navigationssysteme. Ein grober Überblick der notwendigen Schnittstellen und Anpassungen kann jedoch getroffen werden (Abbildung 24). Grundlage für eine Integration ist eine Schnittstelle zur berechneten Route und eine Möglichkeit zur Erweiterung im *User Interface*.

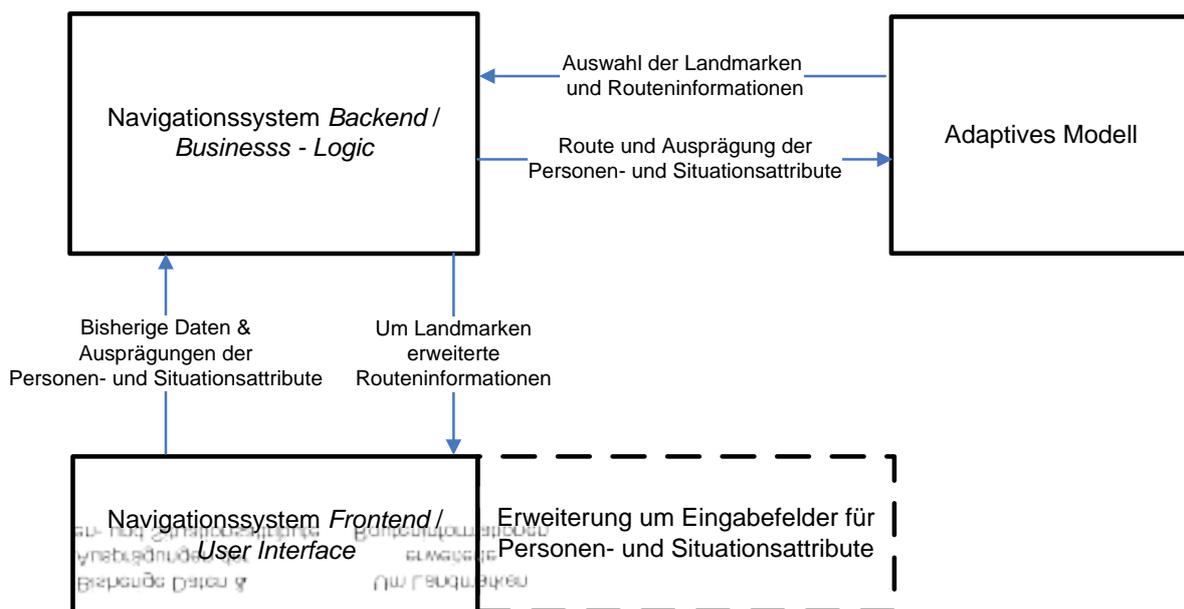


Abbildung 24: Integration in bestehende Systeme

Neben den technischen Voraussetzungen einer Integration bestehen auch noch inhaltliche Voraussetzungen an das zugrunde liegende Kartenmaterial. Das Modell basiert auf der Tatsache, dass eine Vielzahl von Landmarken zur Verfügung stehen und diese auch mit den eingegebenen Daten abgeglichen werden können. Dies wird wahrscheinlich die größere Hürde bei einer Integration in ein bestehendes Navigationssystem darstellen, da zurzeit Landmarken noch nicht (in ausreichender Zahl) in kommerziellen Navigationssystemen integriert sind [Elias, Paelke & Kuhnt 2006].

Die kommerziell verfügbaren Routenplaner oder Navigationssysteme sind primär für die Zwecke der Fahrzeugnavigation zugeschnitten (zum Beispiel sind nur Straßen erfasst, welche für den Fahrzeugverkehr freigegeben sind). Mit der wachsenden Verfügbarkeit von mobilen Systemen steigt der Bedarf, auf Fußgänger zugeschnittene Information zu integrieren, um die Navigation für diese Nutzergruppe zu optimieren. Sollte in Zukunft Information über Landmarken zur Verfügung stehen, können diese in die verfügbaren Navigationsdaten eingefügt und den Benutzern durch Wegbeschreibungen und Karten zur Verfügung gestellt werden. [Elias, Paelke & Kuhnt 2006].

In mehreren Forschungsansätzen wird versucht, Landmarken durch formale Modelle zu beschreiben oder aus bestehenden Datensätzen zu extrahieren. Dazu zählen unter anderem Arbeiten von Raubal & Winter [2002], Elias [2003], Elias & Brenner [2004] und Klippel & Winter [2005].

7 Prototypische Implementierung und Evaluierung

In diesem Abschnitt wird veranschaulicht, wie das Modell für die personalisierte und situative Auswahl von Landmarken umgesetzt werden kann. Zum Großteil wird auf die Umsetzung *der User Interface* Komponente eingegangen, da diese für eine Veranschaulichung am interessantesten ist.

Das im Folgenden vorgestellte *User Interface* wurde als *Rich (Internet) Client* Anwendung [W3C] realisiert. Das bedeutet, den Benutzern wird eine intuitive und komfortable Oberfläche geboten, wie man es zum Beispiel aus Desktop Anwendungen kennt. Die Standardisierung der Browser wird immer besser, und vor allem neue Browser wie Firefox, Konqueror und Safari setzen in Bezug auf Standardkonformität regelmäßig neue Maßstäbe. Dadurch ist es möglich, ohne browserspezifische *Workarounds* mit Javascript das *Document Object Model* (DOM) einer Webseite zu gestalten und vermehrt Funktionalität auf die Client-Seite zu verlagern. Die Standardisierung der Browser und die damit verbundene Möglichkeit, Javascript voll auszunutzen, entspricht dem technischen Aspekt des *Web 2.0 Hypes*, welcher gerade in aller Munde ist [Dion Hinchcliff 2007]. Die als *Ajax* bekannt gewordene Technik, Inhalte zu jedem Zeitpunkt vom Server nachzuladen, um sie in der bereits vorhandenen Seite anzuzeigen, dient vor allem dazu, den Benutzern eine komfortable Anwendung zu bieten.

Auch wenn man bei der Erstellung von Web-Applikationen keine oder wenig Rücksicht auf die unterschiedlichen Browser nehmen kann, ist das Hinzufügen

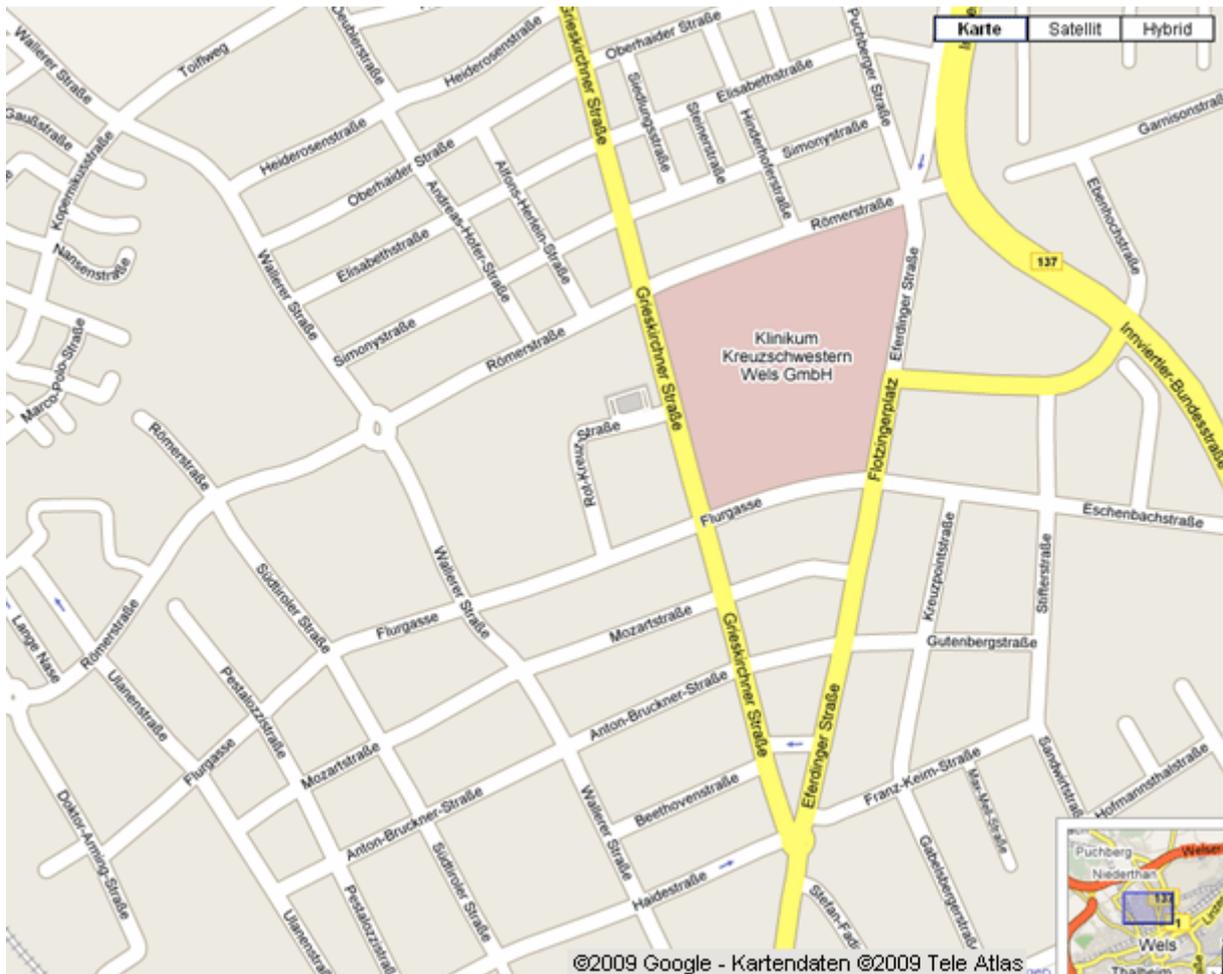
von speziellen Funktionalitäten nicht einfacher geworden. Um den Aufwand so gering wie möglich zu halten und diese Technologien einem größeren Kreis an Webprogrammierern zugänglich zu machen, wurde in letzter Zeit eine Vielzahl an Lösungen entwickelt. Zum einen Javascript Bibliotheken (zum Beispiel *Prototype*, *jQuery*, *YUI*, *Dojo*, *ExtJS*), welche das Bearbeiten des *DOM* erheblich vereinfachen und einfach zu integrierende Komponenten, wie zum Beispiel interaktive Tabellen oder Baumverzeichnisse, zur Verfügung stellen. Zum anderen gibt es für klassische seitenbasierte Anwendungen Java Frameworks, welche für bestimmte Aufgaben den benötigten Javascript Code automatisch generieren können (zum Beispiel *Echo2*, *Google Web Toolkit*, *Eclipse RAP*) [Ajax Patterns 2007].

Die hier umzusetzenden Funktionen setzen eine Ajaxunterstützung mehr oder weniger voraus. So ist eine Personalisierung zwar auch ohne einen *XMLHttpRequest* (Ajax Aufruf) möglich, kompliziert diesen jedoch, da bei einem normalen *HttpRequest* die gesamte Seite neu geladen werden muss. Dies macht zum einen die Programmlogik deutlich komplizierter und kann bei komplexeren Strukturen zu bemerkbaren Verzögerungen der Anzeige führen. Deshalb wurde die Javascript Bibliothek *ExtJS* für die Umsetzung gewählt. Hauptgrund dafür war die einfache und schnelle Ajax Unterstützung und die sehr gute und ausführliche Dokumentation. Weitere Gründe waren die Vielzahl von einfach zu integrierenden Komponenten, die moderne Optik und der mehr als ausreichende Funktionsumfang für die geplante Beispielimplementierung.

Für die Darstellung des Routenverlaufs wird eine Karte des Beispielgebiets benötigt. Dazu wurde *Google Maps* ausgewählt. *Google Maps* bezeichnet einen am 8. Februar 2005 gestarteten Dienst von Google Inc., der es ermöglicht, Orte, Hotels und andere Objekte zu suchen, um deren Position dann auf einer Karte oder auf einem Bild von der Erdoberfläche (Satelliten- und Luftbilder) anzuzeigen. Seit Juni 2006 gibt es für *Google Maps* neue detaillierte Europakarten. Da mit *Google Maps* keine personalisierten Routenbeschreibungen generiert werden können, muss der Dienst um diese Fähigkeit erweitert werden. Dies ermöglicht eine offene Programmierschnittstelle (*Google Maps API*). Diese offene *API*, der hohe Funktionsumfang und die gute Dokumentation sind der Grund warum *Google Maps* in dieser Beispielimplementierung verwendet wurde. Somit wird den Benutzern ermöglicht, die angezeigte Ansicht der Karte jederzeit zu skalieren und zu verschieben. Weitere Vorteile sind, dass mittels JavaScript – und somit auch nach einem *Ajax Request* – der Routenverlauf und die Landmarken (neu) gesetzt werden können.

7.1.1 Bestimmung des Kartenabschnitts und Auswahl der Landmarken

Die Festlegung der Daten für das Fußgängernavigationssystem gliedert sich in die Bereiche der Karte und der Landmarken innerhalb dieses Kartengebiets. Als Karte dient ein Teil der Welser Innenstadt, genauer ein Gebiet um das Krankenhaus Kreuzschwestern Wels (siehe Abbildung 25).



**Abbildung 25: Gebiet um Krankenhaus Kreuzschwestern Wels [Google Maps]
©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas**

Für diesen Kartenabschnitt werden die Koordinaten aller wichtigen Knotenpunkte und Landmarken bestimmt. Von den Knotenpunkten und Landmarken sind die jeweilige ID, Bezeichnung, X-Koordinate und Y-Koordinate gespeichert. Bei Landmarken kommen noch zusätzlich qualitative Ortsinformation und Bewertungsdaten hinzu. Für die Auswahl der Landmarken wird die Route in Einzelabschnitte aufgeteilt. Für jeden *route choice point* und *potential choice point* werden Landmarken in einem bestimmten Radius berechnet (siehe Abbildung 26). Bei längeren Wegen zwischen zwei *choice points* wird dieser Abschnitt nochmals unterteilt und auch hier werden die Landmarken berechnet (*on route Landmarken*).

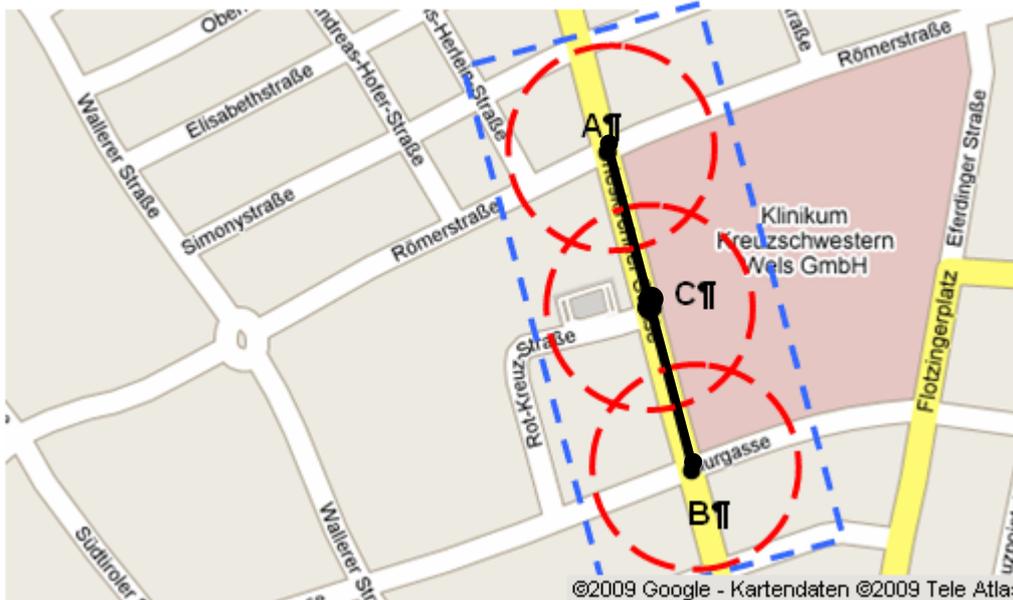


Abbildung 26: Landmarkauswahl [Google Maps]
 ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Bevor die Landmarken für die einzelnen Punkte und Wegabschnitte berechnet werden, wird eine Vorauswahl getroffen, damit nicht bei jeder Berechnung alle für die Karte festgelegten Landmarken abgefragt werden müssen. Diese Vorauswahl geschieht mittels eines Rechtecks, welches über die Route gelegt wird und somit alle möglichen Landmarken einschränkt.

Das Rechteck wird ausgehend von den Koordinaten der Punkte A und B mit Hilfe einer Drehmatrix bestimmt. Landmarken müssen nun innerhalb des zugeordneten Rechtecks ausgewählt werden. Diese Aufgabenstellung kann auf das „*Point-in-polygon problem*“ [Kraus 2000] zurückgeführt werden. Für Landmarken wird überprüft, ob ihre Koordinaten im x- und y-Wertebereich des Rechtecks liegen. Nur dann kommt eine Lage innerhalb des Rechtecks in Frage. Dies kann auf zwei Arten verifiziert werden (siehe Abbildung 27):

1. Vom Punkt aus wird ein Strahl in eine beliebige Richtung gelegt – ist die Anzahl der Schnittpunkte mit dem Polygon ungerade, so liegt der Punkt im Polygon. Bei dieser Methode können besondere Lagen des Strahls (Berührung des Polygons in einem Knoten oder entlang einer Kante) zu verfälschten Ergebnissen führen. Daher wird häufig die aufwändigere zweite Methode bevorzugt.
2. Man berechnet die Differenzen der Richtungswinkel benachbarter Punkte des Polygons und summiert sie auf. Ergibt sich als Winkelsumme 2π , liegt der Punkt im Polygon (heben sich die Winkel auf, liegt er außerhalb).

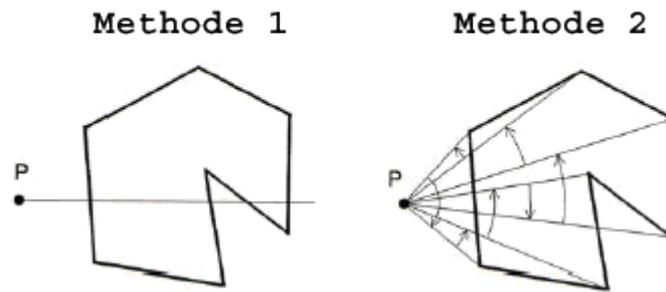


Abbildung 27: Zwei Lösungen für das *point-in-polygon problem* [Kraus 2000]

Für diese Arbeit wird die zweite Methode verwendet. Landmarken innerhalb der Rechteckkoordinaten kommen nun für die weitere Auswahl in Frage. Für die einzelnen Wegpunkte muss festgestellt werden, welche Landmarken innerhalb eines festgelegten Radius liegen. Gemäß den Regeln der Vektorrechnungen werden die Vektoren von den Wegpunkten zu den Landmarken gebildet und deren Betrag berechnet. Landmarken innerhalb zulässiger Distanzen kommen in die Auswahl der möglichen Landmarken.

Für die ausgewählten Landmarken wird noch die Lage (links oder rechts der Route) zum Routenverlauf bestimmt. Dazu wird in einem ersten Schritt die Blickrichtung als Vektor beschrieben und weiters ein Vektor zur nächsten Landmarke gebildet. Das Vorzeichen des Kreuzprodukts der zwei Vektoren gibt Auskunft darüber, ob sich die Landmarke rechts oder links befindet.

Bei einem ebenen Problem wird das Kreuzprodukt wie folgt angegeben,

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

wobei sich die dritte Komponente des Vektors mit

$$z = x_1 y_2 - x_2 y_1$$

berechnen lässt und das Vorzeichen dieser Variable richtungsentscheidend ist [Kraus 2000]. Abbildung 28 verdeutlicht indes den Rechengang und die Darstellung des Kreuzprodukts.

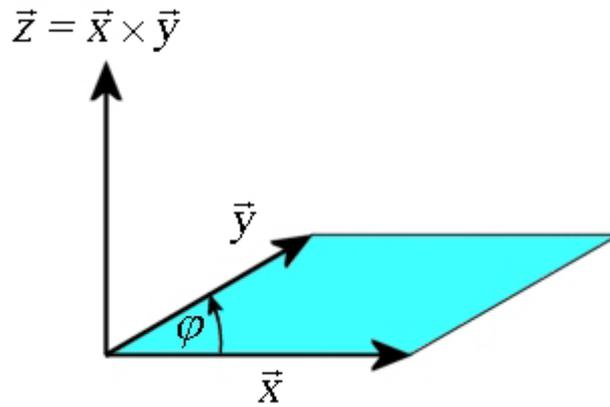


Abbildung 28: Kreuzprodukt [Kraus 2000]

7.1.2 Aufbau der User-Interface Komponente

Die Aufgabe der Benutzeroberfläche ist es, die Benutzer- und Situationsdaten zu erfassen und Karten- beziehungsweise Routeninformation sowie die Routenbeschreibung anzuzeigen. Für diese Aufgabe wurde die Benutzeroberfläche in drei Teile unterteilt (siehe Abbildung 29):

1. Filterkriterien für die Start/Ziel, Person/Situationsdaten im Norden
2. Karte mit Routeninformation in der Mitte
3. Wegbeschreibung im Osten

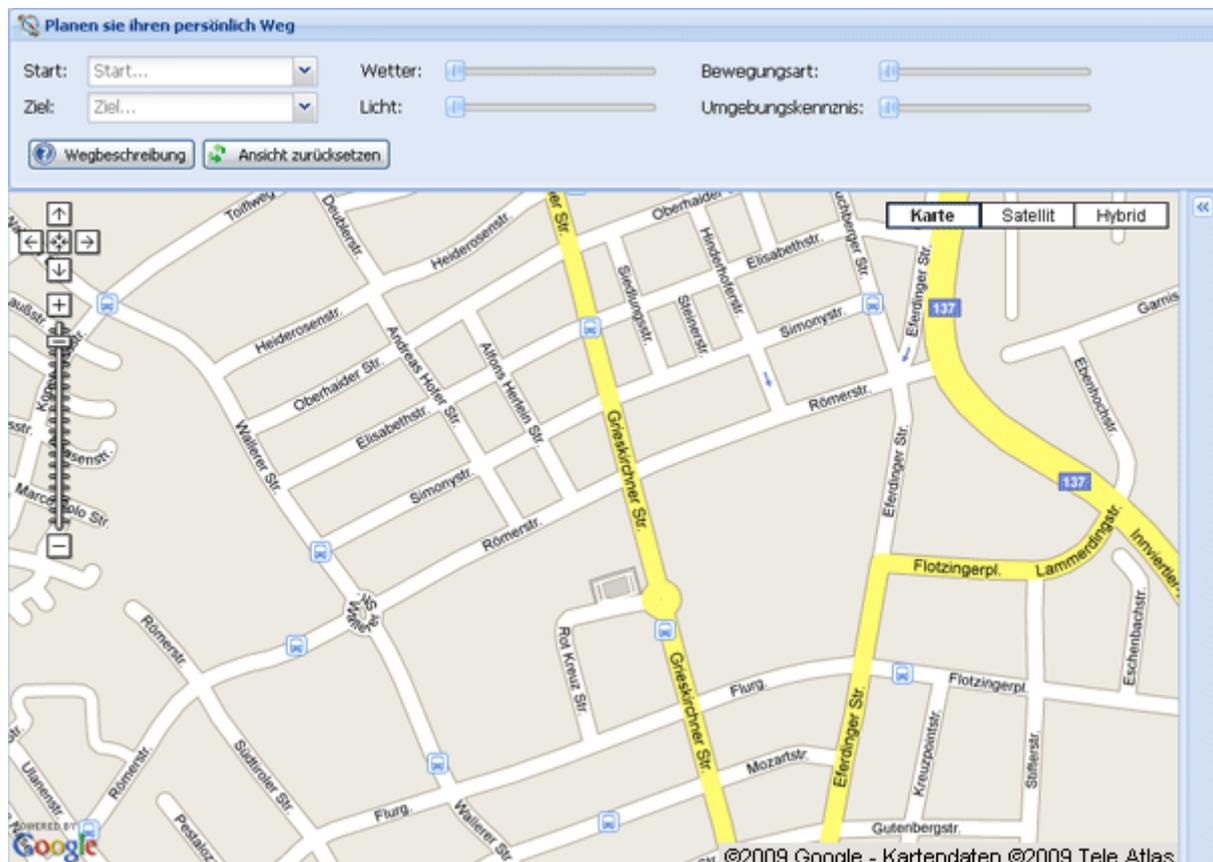
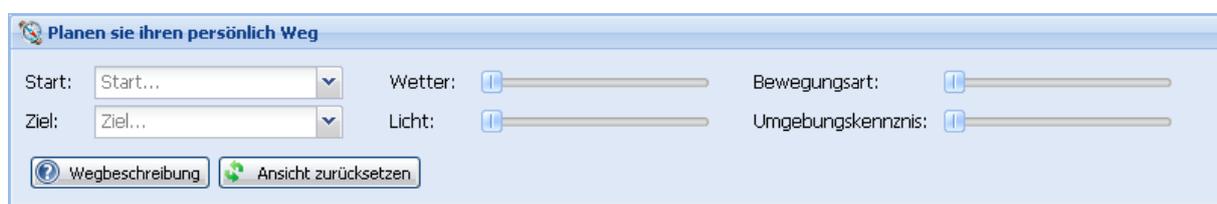


Abbildung 29: Unterteilung der Benutzeroberfläche
©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Bei den Filterdaten können Start, Ziel, Wetter, Licht, Bewegungsart und Umgebungskennntnis gewählt werden (siehe Abbildung 30). Für den Startpunkt ist aus Komplexitätsgründen nur eine Möglichkeit hinterlegt, für das Ziel gibt es zwei Auswahlmöglichkeiten. Um eine schnelle Auswahl zu gewährleisten werden für die Auswahl der Personen- und Situationsdaten Schieberegler verwendet. Für eine normale, nicht personalisierte Routenbeschreibung muss lediglich ein Start- und Zielpunkt festgelegt werden. Ist dies geschehen, werden mittels *Ajax Request* die Routeninformation und Landmarken abgerufen und im Kartenteil (Mitte) dargestellt. Um eine an die jeweilige Situation beziehungsweise Person angepasste Routenbeschreibung zu erhalten, können die weiteren Punkte wie Wetter, Licht, Bewegungsart und Umgebungskennntnis mittels der Schieberegler eingestellt werden. Nach jeder Auswahl wird die dazu neu berechnete Routenbeschreibung nachgeladen.



The screenshot shows a user interface titled "Planen sie ihren persönlich Weg". It features two dropdown menus for "Start:" and "Ziel:". To the right, there are four sliders for "Wetter:", "Licht:", "Bewegungsart:", and "Umgebungskennntnis:". At the bottom left, there are two buttons: "Wegbeschreibung" and "Ansicht zurücksetzen".

Abbildung 30: Filterdaten

7.1.3 Ausgabe der Routenbeschreibung

Die Ausgabe der Routenbeschreibung gliedert sich in zwei Punkte. Zum einen die grafische Darstellung der Route in der Mitte, zum anderen die Beschreibung der Route in Text im Osten. Die grafische Darstellung wird, wie bereits erwähnt, mit Hilfe von *Google Maps* umgesetzt. *Google Maps* erlaubt so genannte *Overlays* in die Karte einzufügen. Mittels dieser *Overlays* ist es möglich den Routenverlauf und die Landmarken einzuzichnen. Der Routenverlauf wird mittels einer blauen Linie vom Start bis zum Zielpunkt dargestellt. Die Landmarken werden als so genannte *Marker* (📍) entlang der Route platziert (siehe Abbildung 31 und 32). Diese *Marker* lassen sich mit Hyperlinks hinterlegen und können somit von den Benutzern angeklickt werden, um nähere Information zur jeweiligen Landmarke zu erhalten. Wird ein solcher *Marker* angeklickt (siehe Abbildung 32) erscheint ein Feld mit Typ, Baujahr, Farbe, Besonderheiten und Bild der jeweiligen Landmarke.

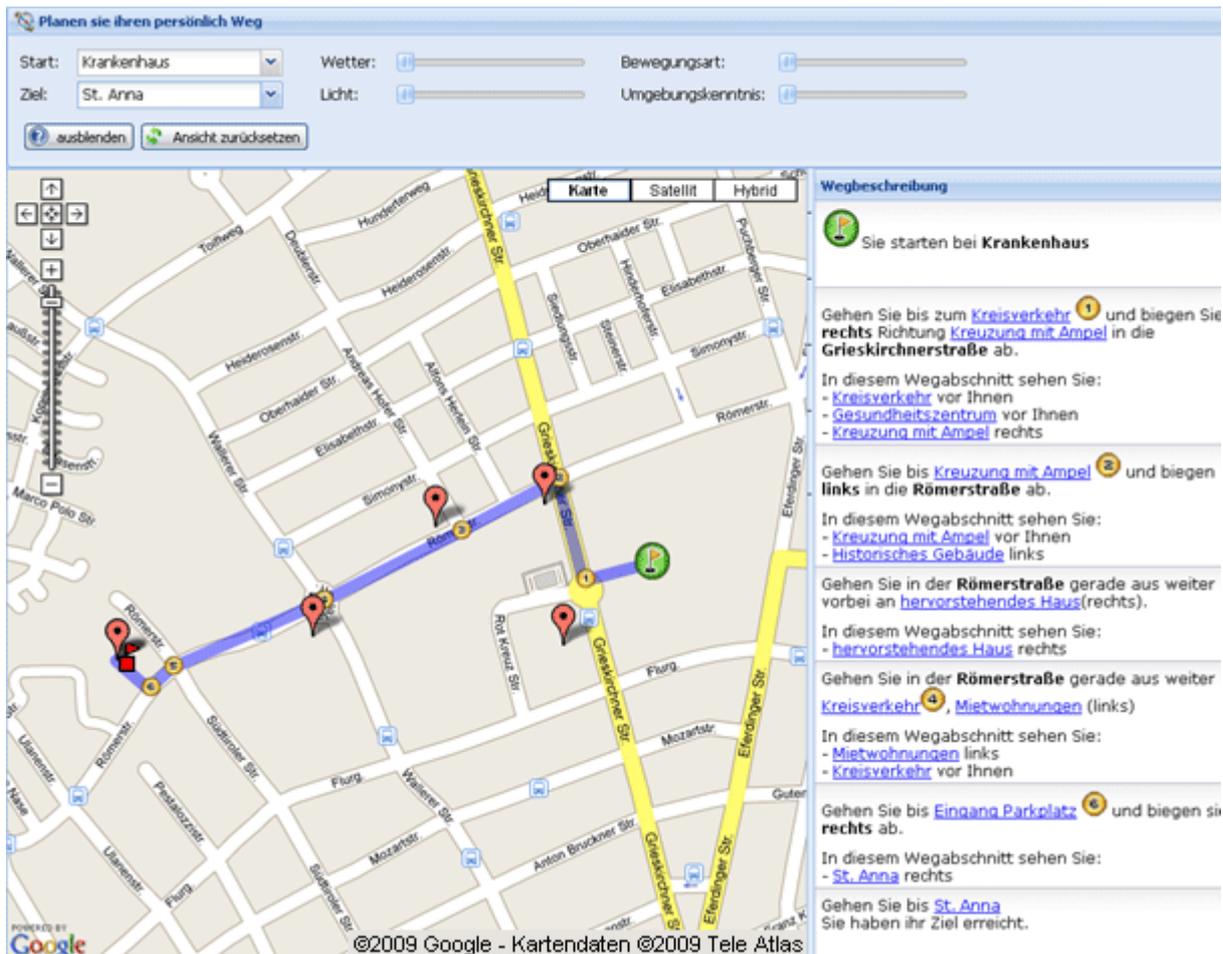


Abbildung 31: Routendarstellung (Karte und Beschreibung)
©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas



Abbildung 32: Marker mit Informationsfenster
©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Zusätzlich werden bei jedem *choice point* und *potential choice point* noch Nummern eingeblendet, um eine bessere Koordination mit der schriftlichen Wegbeschreibung zu gewährleisten. Diese wird im Osten dargestellt und erst eingeblendet, wenn eine Person Start- und Zielpunkt gewählt hat (siehe Unterschied Abbildung 29 und Abbildung 31).

7.1.4 Einfluss der Personen- und Situationsattribute

Im Folgenden wird anhand eines Beispiels gezeigt, wie sich die Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute auf die Auswahl der Landmarken auswirken. Als Ausgangsbasis dient die in Abbildung 31 gezeigte Wegbeschreibung zwischen „Krankenhaus“ und „St. Anna“. Die Ausprägungen der Personen- und Situationsattribute sind hier wie folgt:

- Wetter: **Schönwetter**
- Licht: **Tageslicht**
- Bewegungsart: **Fußgänger**
- Umgebungskenntnis: **sehr gut**

Tageslicht, Schönwetter und sehr gute Umgebungskenntnisse sind der Optimalfall und liefern die minimale Anzahl an Landmarken entlang der Route und zwar eine Landmarke je Knotenpunkt. Tabelle 12 zeigt die Bewertung der Landmarken für diese Konstellation. Die am höchsten bewertete Landmarke (fett gedruckt) je Knotenpunkt wurde ausgewählt. Die Bewertung geschah analog zum vorgestellten Beispiel in Kapitel 5.5 Navigationsszenarien.

Knotenpunkt / Landmarken	Bewertung
Knotenpunkt 1:	
Gesundheitszentrum	2.99
Möbelix	2.22
Historisches Gebäude	1.55
Klinikum Kreuzschwestern	2.44
Knotenpunkt 2:	
Möbelix	2.53
Historisches Gebäude	4.64
Knotenpunkt 3:	
Haus	4.06
Möbelix	1.54
Knotenpunkt 4:	
Bushaltestelle	2.27
Schild „Haller Bauges.“	2.18
Wohnhaus	2.73
Schild „SCW“	1.08
Holland Blumenmarkt	0.98
Mietwohnungen	3.73
Lutz Fuhrpark	1.67
Knotenpunkt 6:	
St. Anna	3.94

Tabelle 12: Bewertung der Landmarken - Ausgangsbasis

Es wird nun anhand von drei Ausprägungsänderungen gezeigt wie sich Änderungen der Attributsausprägungen auf die Anzahl und Auswahl der Landmarken auswirken.

In Änderung 1 werden die Umgebungskenntnisse auf „mittel“ gesetzt. Dadurch wird die Anzahl der maximalen Landmarken pro Knotenpunkt um eins erhöht (ist nun zwei). Daraus ergibt sich folgende Auswahl von Landmarken (Abbildung 33).

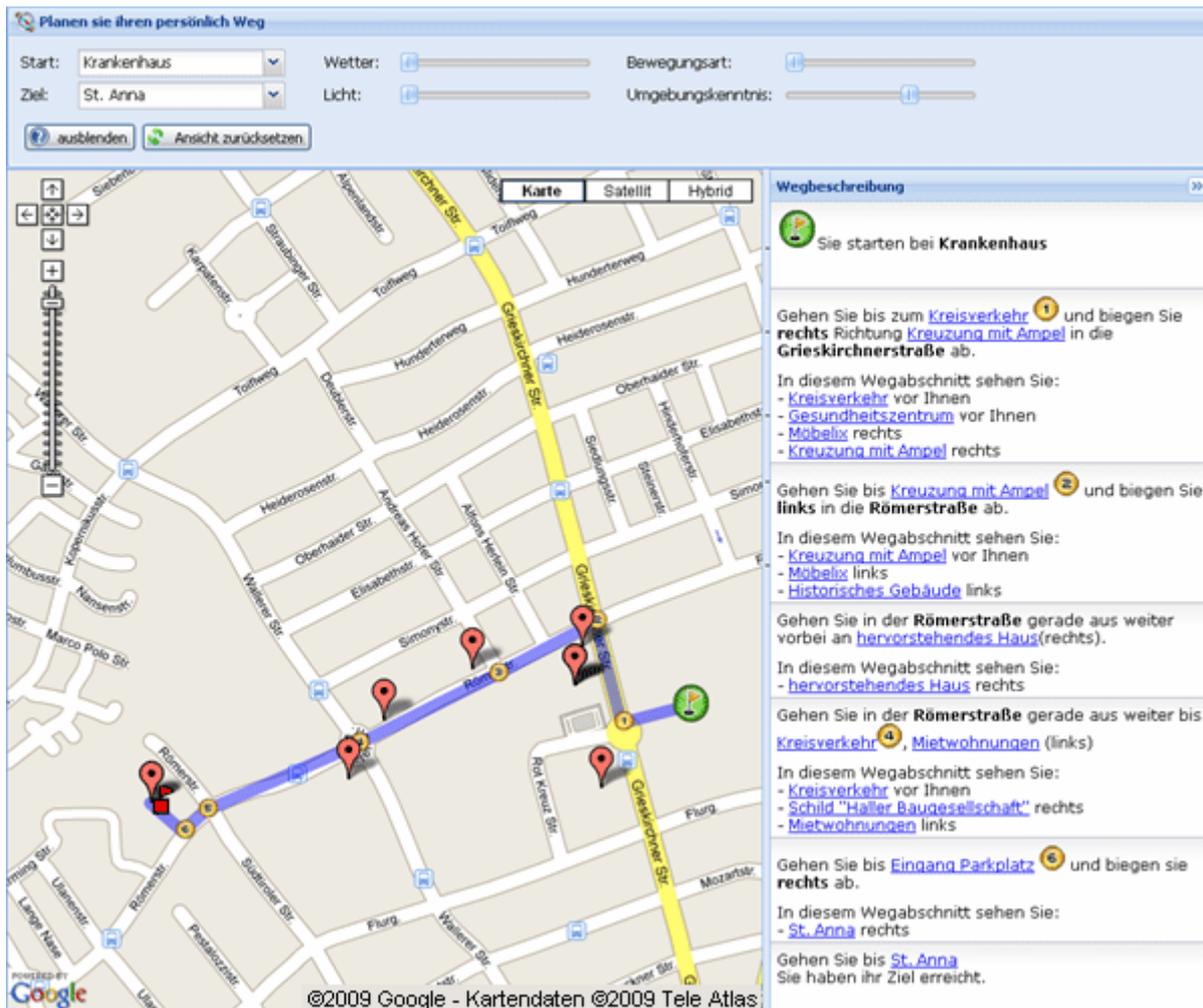


Abbildung 33: Umgebungskennnisse „mittel“
 ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Dass sich die Anzahl der Landmarken nicht verdoppelt hat, obwohl die maximale Anzahl von eins auf zwei stieg, liegt daran, dass für die Auswahl Landmarken im Umkreis von 50 Meter zum Knotenpunkt gesucht werden und sich dadurch die Auswahl zweier Knotenpunkte überschneiden kann. So ist zum Beispiel die Landmarke „historisches Gebäude“ in der Auswahl von Knotenpunkt 2 als auch Knotenpunkt 3.

In Änderung 2 werden die Lichtverhältnisse von Tageslicht auf „Dämmerung“ gesetzt. Dies erhöht die maximale Anzahl der Landmarken je Knotenpunkt ebenfalls um eins (ist jetzt zwei). Abbildung 34 zeigt die daraus resultierende Auswahl von Landmarken.

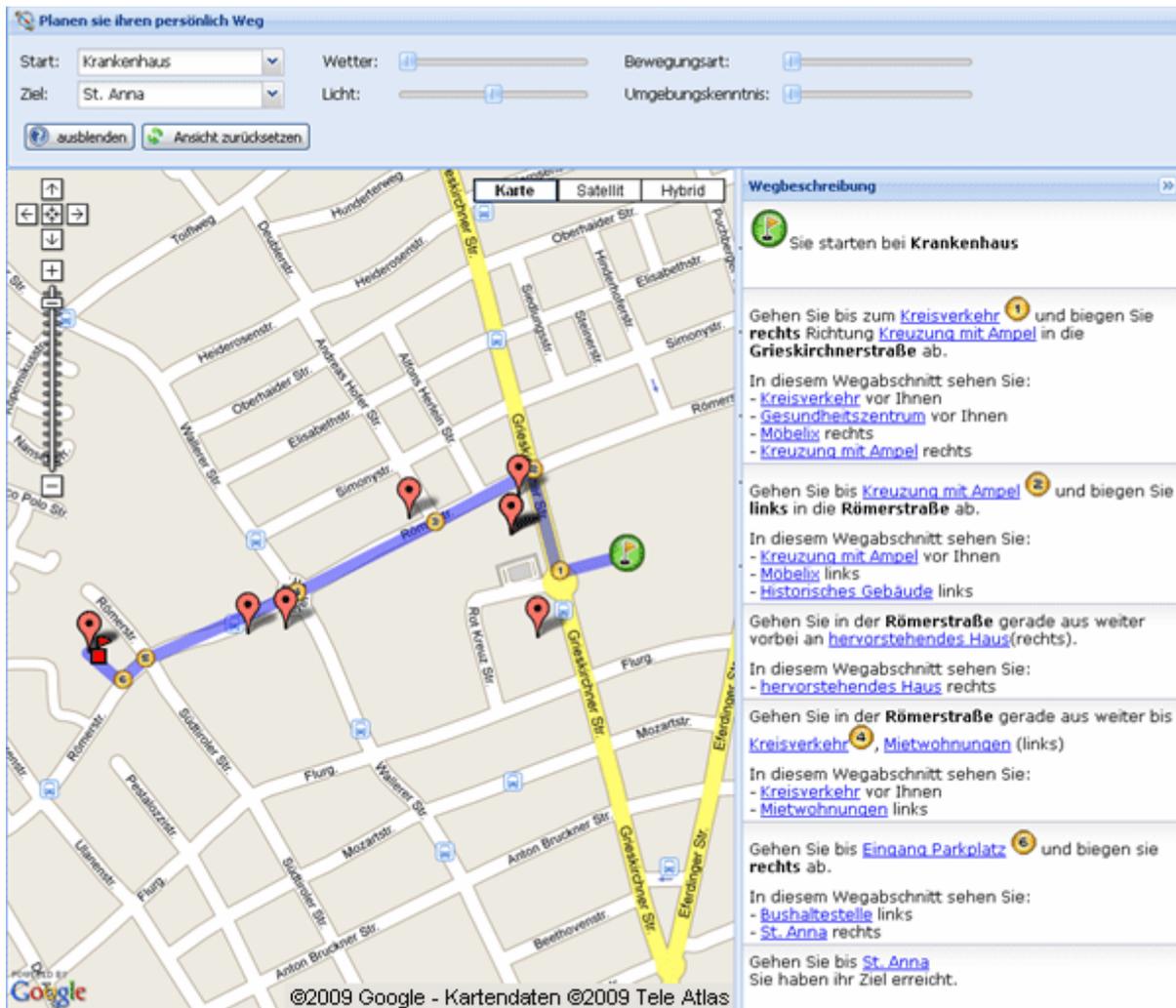


Abbildung 34: Lichtverhältnis „Dämmerung“
 ©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Statt des Schilds „Haller Baugesellschaft“ wird nun die Landmarke Bushaltestelle verwendet, da diese beleuchtet und für die gegebenen Verhältnisse somit besser geeignet ist.

Änderung 3 zeigt eine Kombination aus Änderung 1 und 2 (Abbildung 35). Die Erhöhung der maximalen Landmarken pro Knotenpunkt wurde kumuliert und ist nun drei. Würden sich die Bedingungen weiter verschlechtern, könnte ein Maximum von vier Landmarken pro Knotenpunkt erreicht werden. Dieses Limit besteht einerseits, um eine Überforderung der Personen mit zu viel Information zu vermeiden, andererseits gibt es für Landmarken eine natürliche Obergrenze. Diese Grenze besteht, da einfach nicht jedes Objekt als Landmarke verwendet werden kann, beziehungsweise auch eine Erfassung von so vielen Landmarken zu aufwendig wäre. Als zusätzliche Landmarke erscheint nun noch das Transformatorhaus, welches für die beiden Einzelfälle nicht hoch genug bewertet wurde, unter den Bedingungen von Änderung 3 jedoch für eine bessere Orientierung entlang der Route dient. Die Bewertung der einzelnen Landmarken zeigt Tabelle 13.

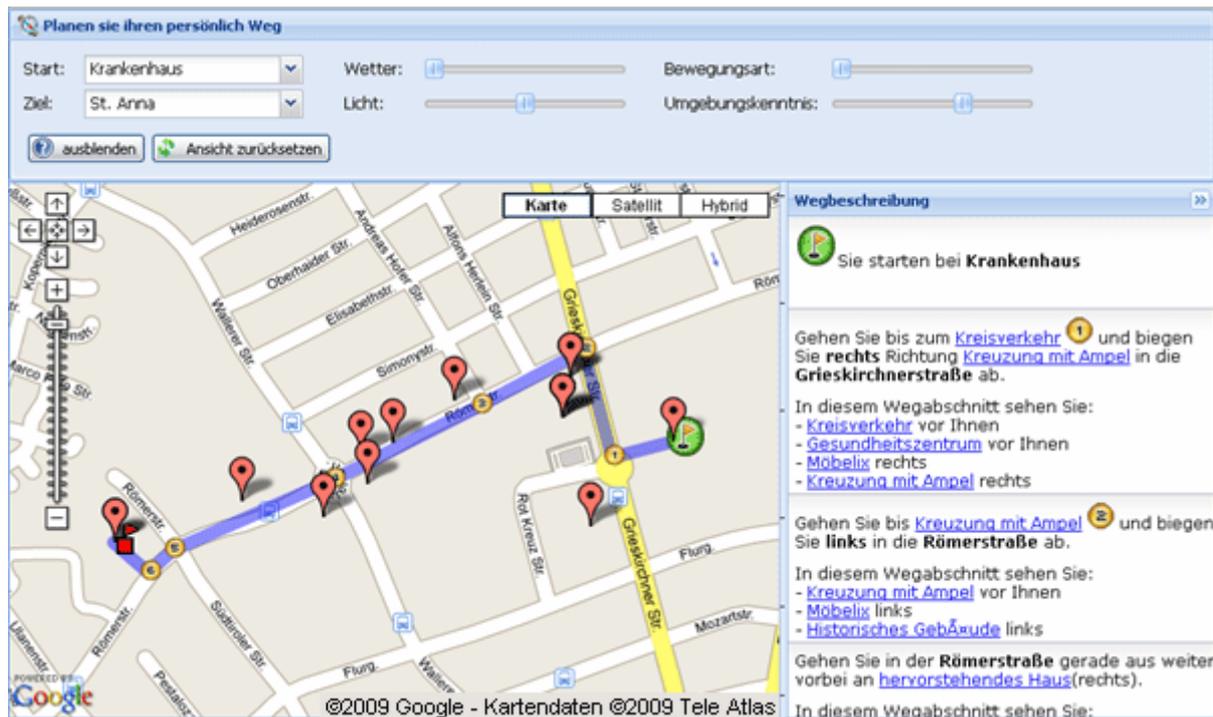


Abbildung 35: Umgebungskennnisse „mittel“, Lichtverhältnis „Dämmerung“
©2009 Google – Kartendaten © Tele Atlas

Knotenpunkte / Landmarken	Bewertung
Knotenpunkt 1:	
Gesundheitszentrum	2,31
Möbelix	1,30
Historisches Gebäude	1,29
Klinikum Kreuzschwestern	1,58
Knotenpunkt 2:	
Möbelix	1,49
Historisches Gebäude	1,00
Knotenpunkt 3:	
Haus	2,21
Möbelix	0,91
Knotenpunkt 4:	
Bushaltestelle	1,67
Schild „Haller Baugesellschaft“	2,11
Wohnhaus	2,21
Schild „SCW“	0,81
Holland Blumenmarkt	0,78
Mietwohnungen	2,45
Lutz Fuhrpark	1,25
Knotenpunkt 6:	
St. Anna	2,22
Transformator Haus	1,71

Tabelle 13: Bewertung der Landmarken – Änderung 3

7.1.5 Gegenüberstellung mit herkömmlicher Wegbeschreibung

Die Wegbeschreibung in Text ähnelt grundsätzlich den Wegbeschreibungen herkömmlicher Navigationssysteme, erweitert diese jedoch durch die

personalisierte Auswahl von Landmarken entlang der Route. Zum Vergleich zeigt Abbildung 36 die Unterschiede einer herkömmlichen Wegbeschreibung (links) zu der Wegbeschreibung, die mit Hilfe des Modells dieser Arbeit generiert wurde (rechts). Als Startpunkt wurde „Wels, Grieskirchnerstraße 42“, als Zielpunkt „Wels, Römerstrasse 80A“ gewählt.

Wegbeschreibung Google Maps	Wegbeschreibung Modell
<p><input type="checkbox"/> Autobahnen vermeiden Rückweg berechnen</p> <p>Von: Grieskirchner Straße 42 4600 Wels Bearbeiten</p> <p>Fahrt: 0,8 km – ca. 2 Minuten</p> <ol style="list-style-type: none"> Nord auf Grieskirchner Str. Richtung Rot-Kreuz-str. 0,2 km Bei Römerstr. links abbiegen Den Kreisverkehr passieren 0,6 km Nach rechts abbiegen, um auf Römerstr. zu bleiben 71 m <p>Nach: Römerstraße 80a 4600 Wels Bearbeiten</p> <p>Ziel hinzufügen ...</p> <p><small>Diese Wegbeschreibung dient nur zu Planungszwecken. Es ist möglich, dass die Verkehrsverhältnisse aufgrund von Baustellen, hohem Verkehrsaufkommen oder anderen Ereignissen von denen auf der Karte abweichen.</small></p> <p><small>Kartendaten ©2008 Tele Atlas</small></p>	<p> Sie starten bei Krankenhaus</p> <p>Gehen Sie bis zum Kreisverkehr ¹ und biegen Sie rechts Richtung Möbelix in die Grieskirchnerstraße ab.</p> <p>In diesem Wegabschnitt sehen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kreisverkehr vor Ihnen - Gesundheitszentrum vor Ihnen - Möbelix rechts <p>Gehen Sie bis Kreuzung mit Ampel ² und biegen Sie links in die Römerstraße ab.</p> <p>In diesem Wegabschnitt sehen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kreuzung mit Ampel vor Ihnen - Historisches Gebäude links - Möbelix links <p>Gehen Sie in der Römerstraße gerade aus weiter vorbei an Firma XXX-Lutz(links), Firma Haller Baugesellschaft (rechts).</p> <p>In diesem Wegabschnitt sehen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Firma XXX-Lutz links - Haus rechts - Firma Haller Baugesellschaft rechts <p>Gehen Sie in der Römerstraße gerade aus weiter vorbei an Mietwohnungen (links), Kreisverkehr ⁴, Transformatorhaus (rechts)</p> <p>In diesem Wegabschnitt sehen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mietwohnungen links - Kreisverkehr vor Ihnen - Transformatorhaus vor Ihnen <p>Gehen Sie bis Eingang Parkplatz ⁷ und biegen sie rechts ab.</p> <p>In diesem Wegabschnitt sehen Sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - St. Anna rechts <p>Gehen Sie bis St. Anna Sie haben ihr Ziel erreicht.</p>

Abbildung 36: Vergleich herkömmliche Routenbeschreibung – Routenbeschreibung Modell

Die herkömmliche Wegbeschreibung beschränkt sich auf die wesentlichen Aspekte wie Himmelsrichtung, Richtungs- und Entfernungsangaben und ist somit für eine Fußgängernavigation nur schlecht geeignet. Die Wegbeschreibung des hier implementierten Modells hingegen beschreibt den Weg mit Hilfe von Landmarken. Hierbei wird versucht dem Benutzer die Umgebung, aus seiner Perspektive beschreibend, zu vermitteln. Folgender Auszug dient als Beispiel, um die Wegbeschreibung näher zu erläutern.

- Gehen Sie bis zum **Kreisverkehr** und biegen sie **rechts** Richtung **Möbelix** in die **Grieskirchnerstraße** ab.
In diesem Wegabschnitt sehen Sie:
 - **Kreisverkehr** vor Ihnen
 - **Gesundheitszentrum** vor Ihnen
 - **Möbelix** rechts

Gehen Sie bis Kreisverkehr beschreibt die Landmarke am nächsten *route choice point* beziehungsweise *potential choice point*. Hierbei handelt es sich um einen Knotenpunkt der als Landmarke dient (siehe Abschnitt 3.5.3).

Biegen sie rechts Richtung Möbelix in die Grieskirchnerstraße ab beschreibt zum einen den Richtungswechsel und, falls vorhanden, zum anderen noch die Landmarke, die man bei dem Richtungswechsel sieht (in diesem Fall Möbelix). Weiters wird bei einem Straßenwechsel noch der Name der Straße angegeben, in der man sich nun befindet (hier Grieskirchnerstraße). Zusätzlich zu diesen Anweisungen bekommen die Wegsuchenden noch Information über Landmarken und deren relativen Standort in diesem Wegabschnitt, an denen sie sich zusätzlich orientieren können.

In diesem Fall:

- [Kreisverkehr](#) vor Ihnen
- [Gesundheitszentrum](#) vor Ihnen
- [Möbelix](#) rechts

Bei den angeführten Landmarken sind *Hyperlinks* hinterlegt. Bei einem Klick auf eine Landmarke erscheint in der Kartendarstellung der *Marker* zu der jeweiligen Landmarke (siehe Abbildung 31 und 32). Zusätzlich wird mittels der Wörter „**rechts**“, „**links**“ und „**vor Ihnen**“ angegeben, wo beziehungsweise, auf welcher (Straßen-) Seite sich die Landmarken relativ zu der navigierenden Person befinden.

7.2 Test der prototypischen Implementierung

Der Prototyp wurde mit Hilfe funktionaler Tests auf seine Richtigkeit geprüft. Funktionale Testverfahren prüfen ein Programm auf seine Spezifikation, ohne die internen Strukturen des Codes zu kennen. Es können also Fehler aufgedeckt werden, die die fachlich richtige Ausführung des Programms verhindern.

Ziel eines funktionalen Tests ist es, möglichst sicher zu stellen, dass das Programm gemäß seinen Spezifikationen arbeitet. Es geht nicht darum, den Quelltext auf Fehler zu überprüfen, sondern um die Sicherstellung eines einwandfreien Resultats. Im Gegensatz zu ablauf- und datenflussorientierten Testverfahren, die aus den Strukturen oder zumindest aus dem Quelltext der Software ihre Testfälle ableiten können, ist für die Durchführung von funktionalen Tests eine Spezifikation erforderlich.

Die Hauptschwierigkeiten des funktionalen Testens bestehen in der Auswahl geeigneter Testfälle. Da ein vollständiger Funktionstest im Allgemeinen nicht durchführbar ist, muss das Ziel der Auswahl sein, die Wahrscheinlichkeit Fehler zu finden zu erhöhen. Folgende funktionale Testverfahren sind möglich [Balzert 1998]:

- die funktionale Äquivalenzklassenbildung,
- die Grenzwertanalyse,
- der Test spezieller Werte und
- der Zufallstest.

Da der Umfang der Implementierung relativ gering ist und der Entwickler selbst die Tests durchführt, wurde das Zufallstestverfahren gewählt. Bei den Zufallstests handelt es sich um ein Verfahren, das aus den Wertebereichen der Eingabedaten zufällig Testfälle erzeugt. Diesem Verfahren liegt also keine deterministische Strategie zugrunde, was allerdings seine Stärke ist, da viele Tester dazu neigen, Testfälle zu erzeugen, die auch bei der Implementierung des Programms berücksichtigt wurden und für die das zu testende Programm folglich gemäß der Spezifikation reagiert. [Hornung 2002]

7.2.1 Testfälle

Getestet wurde das Verhalten des implementierten Modells hinsichtlich der korrekten Anzeige von Wegbeschreibungen. Die durchgeführten Tests lassen sich grob in zwei Bereiche gliedern. Zum einen in die richtige Anzahl und die Art der dargestellten Landmarken zu bestimmten Personen- und Situationsattributen, zum anderen in die korrekte Ausgabe der Wegbeschreibung als Text.

Für die Testfälle wurden unterschiedliche Wegbeschreibungen aus verschiedenen Kombinationen von Personen- und Situationsattributen (Wetter, Licht, Umgebungskennntnis, Geschlecht) generiert. Insgesamt wurden 15 Testfälle durchgespielt. Ein Testfall war wie folgt aufgebaut:

1. Auswahl zufälliger Personen und Situationsattribute: Wetter, Licht und Umgebungskennntnis wurden auf dem GUI bestimmt. Das Geschlecht wurde in der Datenbank hinterlegt. Die Auswahl wurde in einem Testprotokoll notiert, um eine spätere Wiederholung zu vermeiden.
2. Prüfen auf Korrektheit der angezeigten Landmarken: Die angezeigten Landmarken wurden mit den in der Datenbank gespeicherten Daten verglichen. Es wurde die Anzahl der ausgegebenen Landmarken je Knotenpunkt und die richtige Bewertung und Gewichtung der Landmarken getestet. Als Hilfestellung wurde die Bewertung und Gewichtung je Landmarke als *system output stream* ausgegeben.
3. Prüfen auf Korrektheit der Wegbeschreibung als Text: Waren Anzahl und Auswahl korrekt wurde die generierte Wegbeschreibung mit den in der Datenbank hinterlegten Daten auf Richtigkeit geprüft. Die mittels Kreuzprodukt berechnete Richtung („links“, „rechts“) von Landmarken, relativ zum Knotenpunkt, wurde abschließend noch auf Plausibilität geprüft.

7.3 Benutzertest durch Evaluation

Der Benutzertest soll zeigen, ob die generierte Wegbeschreibung der Implementierung in der Realität hilfreich ist und einen Mehrwert für die Benutzer bietet. Dafür wurde eine Testroute zwischen „Wels, Grieskirchnerstraße 42“ und „Wels, Römerstrasse 80A“ gewählt. Für die Navigation zwischen diesen zwei Adressen benötigt ein mit der Umgebung vertrauter Mensch circa 10 Minuten. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, ihre Personen- und Situationsattribute dem System bekannt zu geben und mit der generierten Wegbeschreibung die Route zu begehen. Um die Evaluierung unabhängig von technischen Endgeräten

zu machen, wurde den Probanden die generierte Wegbeschreibung in ausgedruckter Form zur Verfügung gestellt. Nach erfolgter Navigation wurden sie aufgefordert, die Aufgabe durch Fragen in einem Fragebogen zu bewerten.

Der Fragenkatalog bestand aus fünf Fragen:

Frage 1: Haben Sie sich entlang der Route gut zurechtgefunden?

(Mögliche Antworten: gut, mittel, schlecht)

Frage 2: Wie empfanden Sie die Navigationshilfen an Wegkreuzungen?

(Mögliche Antworten: gut, mittel, schlecht)

Frage 3: Wie empfanden Sie die Qualität der Routenbeschreibung?

(Mögliche Antworten: gut, mittel, schlecht)

Frage 4: Wie empfanden Sie den Umfang der Routeninformation?

(Mögliche Antworten: gut, zu viele, zu wenige)

Frage 5: Empfanden Sie die Dateneingabe als zu umfangreich / zeitaufwendig?

(Mögliche Antworten: ja, nein)

Frage 6: Wie lange haben Sie für die Begehung der Route benötigt?

(Mögliche Antworten: Freitext)

An dem Test haben 11 Personen teilgenommen, davon fünf weibliche und sechs männliche. Das Alter der Teilnehmer reichte von 13-76 Jahren. Die Vertrautheit mit dem Testgebiet reichte von sehr gut bis völlig unbekannt. Der Test dauerte pro Person circa 30 Minuten. Nach einer kurzen Einführung in die Thematik wurden die Personen- und Situationsdaten der jeweiligen Person erhoben und die Routenbeschreibungen ausgehändigt. Um den Umweltaspekt mit einfließen zu lassen fanden die Tests je Person zu verschiedenen Tageszeiten statt. Die Personen bekamen für die Navigation 25 Minuten Zeit, wurde der Zielpunkt innerhalb dieser Zeit nicht erreicht, galt der Test für diese Person als negativ (ist nicht vorgekommen).

7.3.1 Ergebnisse des Nutzertests

In Abbildung 37 sind die Auswertungen der Fragebögen grafisch dargestellt. Die Säulendiagramme geben die prozentuelle Verteilung der Antworten auf die fünf Fragen, je Proband, wieder.

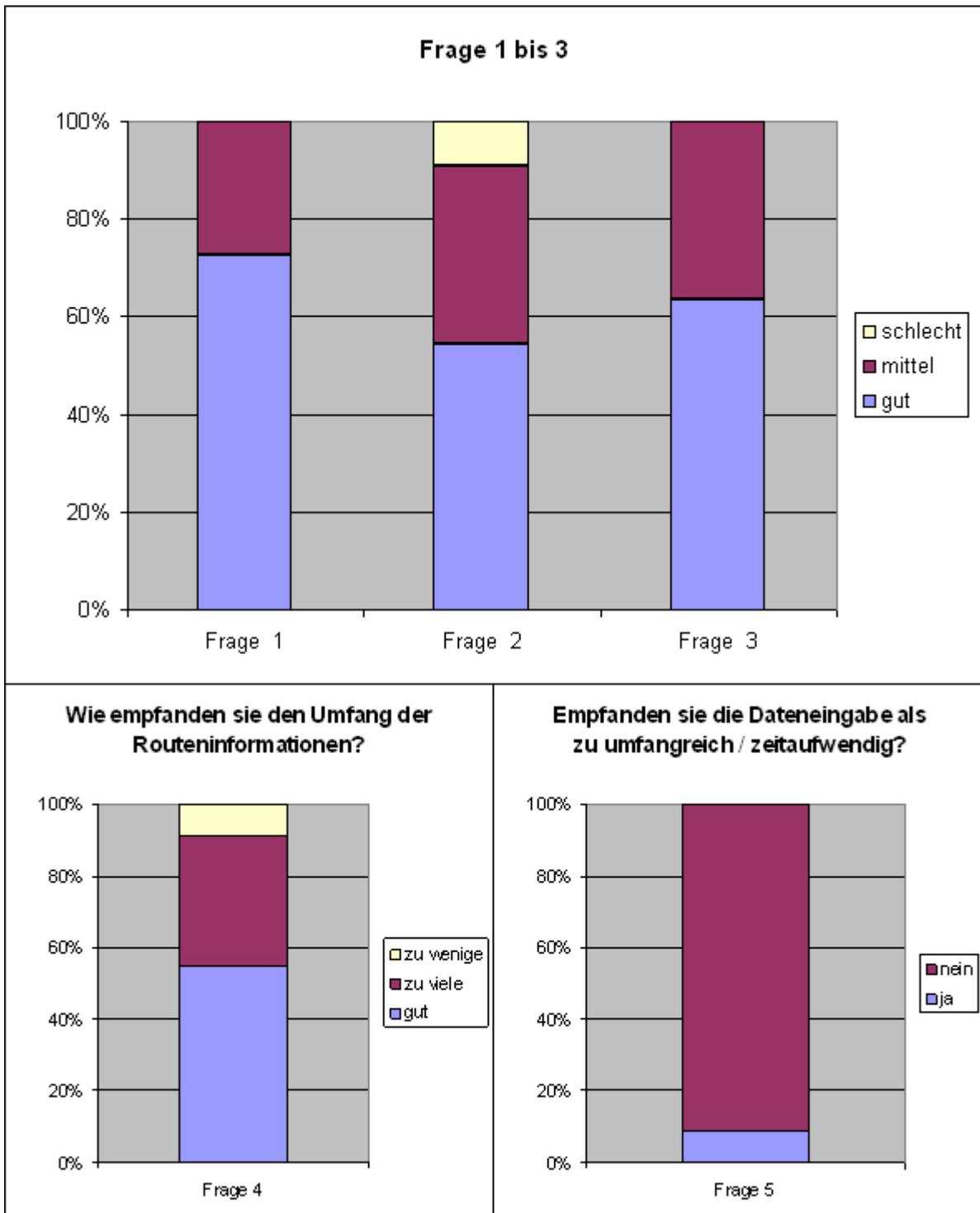


Abbildung 37: Auswertung Frage 1 bis 5

Der erste Überblick zeigt, dass die Wegbeschreibung im Allgemeinen als gut empfunden wurde. Mittelmäßige und schlechte Bewertungen bei Frage 2 ergaben sich bei Probanden, die mit der Umgebung überhaupt nicht vertraut waren. Hier erwies sich die Auswahl der Landmarken als nicht immer optimal. So gab es zum Beispiel bei der Landmarke „Gesundheitszentrum“ das Problem, dass diese ohne Foto nicht eindeutig identifizierbar war, da in der näheren Umgebung viele größere, dem Krankenhaus zugehörige Gebäude stehen. Statt der Landmarke Gesundheitszentrum wäre noch das Gebäude des „Roten Kreuz“ zur Auswahl gestanden. Dieses ist zwar etwas abseits und kleiner als das

Gesundheitszentrum, jedoch mit einem deutlich sichtbaren roten Kreuz gekennzeichnet und somit leichter zu identifizieren. Die Qualität der Routenbeschreibung, auf die sich Frage 3 bezog, litt (unter anderem) ebenfalls an der Tatsache, dass die Routenbeschreibung auf Papier ausgegeben wurde und somit die Möglichkeiten einer Bildschirmpräsentation fehlten. Frage 4 wurde von einer Probandin, welche mit der Umgebung nicht vertraut war, mit „zu wenige“ beantwortet. Mit „zu viele“ antworteten vier Probanden welche mit der Umgebung sehr gut vertraut waren. Die Angabe beziehungsweise Eingabe der benötigten Personen- und Situationsdaten ist, bis auf eine Person, durchgehend mit „nicht zu zeitaufwendig“ beantwortet worden. Frage 6 bezog sich abschließend noch auf die Zeit die für die Navigation benötigt wurde. Hier lagen die Probanden zwischen elf und 18 Minuten.

Ein Ausdruck der Benutzertests inklusive Fotos der Landmarken hätte die negativ empfundenen Punkte beseitigen können. Weiters war die Einteilung der Umgebungskennntnisse in sehr gut / gut / mittel / schlecht eventuell zu grob gewählt. Hinter der Ausprägung „schlecht“ hätte eine weitere Option „keine Umgebungskennntnis“ noch ausführlichere Wegbeschreibungen liefern können. Doch das Ergebnis der Evaluierung wirft ein durchaus positives Bild auf den Ansatz der Verwendung einer personalisierten und situativen Auswahl von Landmarken für die Fußgängernavigation. Alle Probanden haben sich auf der Route gut (73%) bis mittelmäßig (27%) zurechtgefunden und über 60% empfanden auch die Qualität der Routenbeschreibung als gut.

8 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Folgerungen

In dem abschließenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Einbindung von personalisierten und situativen Landmarken in die Fußgängernavigation sowie daraus resultierende Folgerungen für die Erzeugung von Modellen für die Routendarstellung in urbanen Gebieten zusammengefasst. Weiters wird ein Ausblick auf mögliche Einsatzgebiete gegeben.

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bisher war es in Navigationssystemen nur möglich, Start- und Zielpunkt der Navigation zu wählen. Damit ist es nicht möglich, die Route und Routeninformation an die Gegebenheiten und Bedürfnisse der Benutzer anzupassen. Im Weiteren wird bei Fußgängernavigationssystemen meist auf Daten zurückgegriffen, die für KfZ-Navigation erfasst wurden, was das Fehlen einer auf Landmarken basierten Routenbeschreibung zur Folge hat und sich auf Ausgabe von berechneten Entfernungs- und Richtungsangaben beschränkt. Das hier beschriebene Modell erweitert bisherige Fußgängernavigationssysteme um eine auf Landmarken basierende Wegbeschreibungen und die Möglichkeit der Personalisierung. Damit ist es möglich Routenbeschreibungen zu erzeugen, die an die kognitiven Eigenschaften von Fußgängern angepasst sind. Die Personalisierung ermöglicht im Weiteren noch Routenverläufe und

Routenbeschreibungen an den jeweiligen vorherrschenden Benutzer- und Situationskontext anzupassen.

In der Literatur wird oft auf die Wichtigkeit von Landmarken für die Fußgängernavigation hingewiesen. Tversky & Lee [1999] schreiben, dass Landmarken als zusätzliche Orientierungshilfen verwendet werden sollten. Lovelace et al. [1999] sprechen davon, dass die Qualität von Wegbeschreibungen von der Verwendung von Landmarken abhängig ist und nach Michon & Denis [2001] wird ihr Fehlen sogar als negativ registriert. Auf eine kontextspezifische Auswahl der Landmarken, sei es die Situation oder die Person, wird in der Literatur jedoch nicht eingegangen. Da Landmarken die kognitiven Bedürfnisse von wegsuchenden Personen in Wegbeschreibungen bedienen sollen, ist die Auswahl der Landmarken in Bezug auf die kognitiven Bedürfnisse von Menschen eine zentrale Fragestellung. Jeder (wedsuchende) Mensch hat unterschiedliche Bedürfnisse, Voraussetzungen oder Erwartungen an eine Wegbeschreibung und jede Navigation findet unter veränderlichen äußeren Bedingungen statt. Die Integration dieser kontextspezifischen Attribute in ein Fußgängernavigationssystem unterscheidet das hier vorgestellte Modell deutlich von bisherigen Ansätzen. Durch die Personalisierung wird es zudem möglich Personen eine angepasste Wegbeschreibung zur Verfügung zu stellen.

Ein Problem bei der Erstellung des Modells war die Gewichtung der Personen- und Situationsattribute. Diese war notwendig, da nicht jedem Attribut die gleiche Bedeutung zugesprochen werden kann. Da es in der Literatur zwar Hinweise darauf gibt welche Attribute Einfluss auf eine Navigation haben (zum Beispiel Elias & Hampe [2003]) jedoch nicht wie stark dieser ist, erfolgte die Gewichtung in diesem Modell experimentell. Ein Beispiel, welchen Einfluss die Gewichtung der einzelnen Attribute hat, liefert Abbildung 38. Hier wurde, für zwei Beispiele aus dem Testszenario in Abschnitt 5.5, die Gewichtung der Attribute auf der Skala 1 bis 10 invertiert.

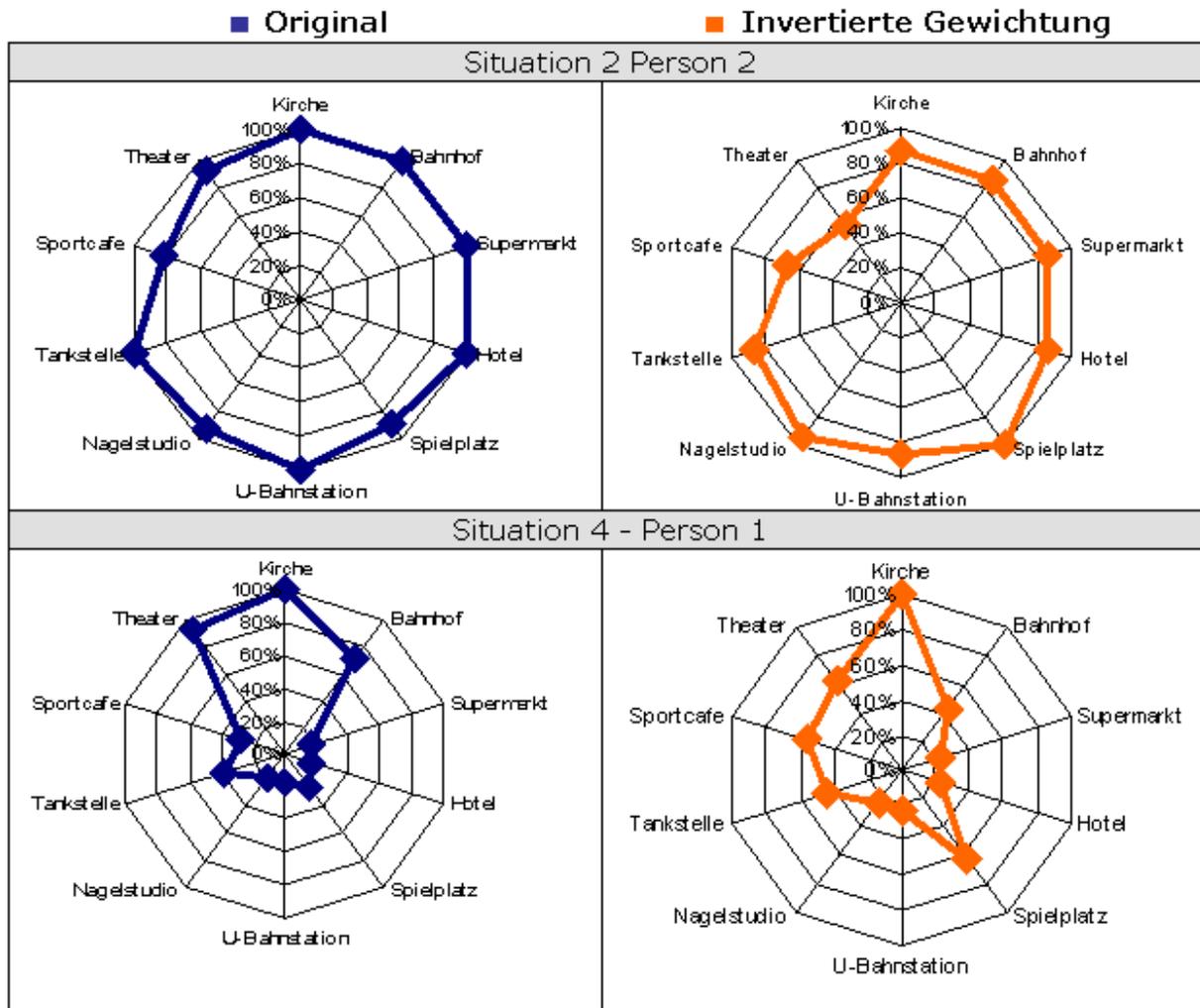


Abbildung 38: Unterschiede bei invertierter Gewichtung der Attribute

Bei Situation 2 und Person 2 sind die Unterschiede in der Bewertung der Landmarken noch nicht so ausgeprägt, da hier die Umweltsituation noch sehr gemäßigt ist. Man sieht, dass die Landmarke **Theater** deutlich schlechter bewertet ist. Der Grund dafür ist, dass es sich bei der Testperson um eine junge Frau handelt, die den kürzesten Weg sucht. Dadurch, dass bei der im Modell verwendeten Gewichtung im Schnitt Personenattribute nicht so hoch bewertet sind wie Situationsattribute, ergibt sich durch die Invertierung dieser Umstand.

In Situation 4, wo bereits sehr schlechte Sicht herrscht, sind die Unterschiede ausgeprägter. Es ist zu erkennen, dass zum Beispiel das **Sportcafe** und der **Spielplatz** sehr gut bewertet sind, was eben aus der Tatsache hervorgeht, dass die Testperson ein junger Mann ist und sich die Gewichtung des Geschlechts von „3“ auf „7“ und die des Alters von „2“ auf „8“ geändert hat. Andererseits sind gut beleuchtete Landmarken, wie das **Theater** und der **Bahnhof**, welche für die gegebene Umweltsituation prädestiniert wären, schlechter bewertet. Nur die Landmarke Kirche ist durch ihre durchgehend gute Bewertung von der Gewichtsänderung wenig bis nicht betroffen.

Vor allem die Gewichtung der Personen- und Situationsdaten ist also ein entscheidender Faktor für die Qualität der Routenbeschreibung. Falls sich durch

Ergebnisse in der Sekundärliteratur Hinweise auf andere Gewichtungen ergeben sollten, können diese im Modell jederzeit angepasst werden.

8.2 Ausblick auf mögliche Einsatzgebiete

Als Einsatzgebiete bieten sich Fußgängernavigationssysteme für urbane Gebiete an, da die Landmarkendichte hier höher ist als im ländlichen Raum. Fußgänger beziehungsweise unmotorisierte Personen können den Vorteil von Landmarken besser nützen, da sie mehr Zeit haben die Umgebung wahrzunehmen, als zum Beispiel Autofahrer. Im Detail sind hier Reise- beziehungsweise Touristenführer, Handynavigationssysteme, Stadtpläne/Navigationssysteme aber auch Navigationssysteme für größere Gebäude zu nennen.

Ein kommendes Einsatzgebiet könnten die zurzeit entstehenden freien Projekte wie *OpenStreetMap*¹ bieten. Die Datenbank von *OpenStreetMap* befindet sich derzeit im Aufbau, bietet jedoch für Mitteleuropa in den meisten größeren Städten schon eine sehr gute Abdeckung. In ländlichen Gebieten sind bis dato jedoch in vielen Bereichen nur Durchgangsstraßen erfasst. In *OpenStreetMap* ist es möglich zu den herkömmlichen Geodaten noch Landmarken zu hinterlegen. Damit wäre es denkbar das in dieser Arbeit vorgeschlagene Modell auf diese freie Geodatenbank anzuwenden.

Es ist anzumerken, dass das Modell stark von der Anzahl und Güte der eingetragenen Landmarken abhängig ist. Sind nur wenige Landmarken vorhanden, können die Vorteile des Modells nur soweit ausgeschöpft werden, dass eine auf Landmarken basierte Wegbeschreibung zur Verfügung gestellt werden kann. Eine Personalisierung der Wegbeschreibung hängt nicht nur davon ab, ob Landmarken zur Verfügung stehen, sondern diese Landmarken müssen auch darüber hinaus noch numerisch bewertet sein um sie überhaupt in die Auswahl aufnehmen zu können. Eine sinnvolle Personalisierung ist somit erst mit einer hohen Anzahl von bewerteten Landmarken möglich. Im kleineren Rahmen von (Innen)-Städten ist dies durchaus vorstellbar, im großen flächendeckenden Stil wird es sich wahrscheinlich schwer umsetzen lassen. Daher ist die Bereitstellung und Integration von Landmarken in die Datenbestände der Navigationsdatenhersteller ein erster wichtiger Schritt, um die Navigationssysteme der Zukunft verbessern zu können [Elias 2006].

Der im Modell verfolgte Ansatz sollte in jedes Navigationssystem übernommen werden können. Als Nachteil kann sich dabei die Eingabe der Personen- und Situationsdaten für die Personalisierung herausstellen. Wie Klippel et al. [2005] schreibt, muss darauf geachtet werden, dass die Dateneingabe nicht zu kompliziert und zeitaufwendig ist, um Personen nicht zu langweilen oder zu überfordern. Dabei ist zu beachten, welche Geräte zukünftig zur Darstellung genutzt werden sollen.

Sind Personen heute noch damit vertraut, Daten über die Tastatur des PC, Laptop, Handy´s oder die Touch Pen des PDA einzugeben, wird es in naher Zukunft zum Beispiel bereits Systeme mit Spracheingabe geben. Zusätzlich sollen den Benutzern durch implizite Personalisierung [Heidmann und Hermann

¹ <http://www.openstreetmap.org/>), aufgerufen am 20.10.2012 um 14:30 Uhr

2003] bestimmte Handlungen erspart bleiben. So könnten demografische Daten wie Alter und Geschlecht bereits am Navigationssystem hinterlegt sein und für eine Personalisierung der Route herangezogen werden, ohne dass ein Mehraufwand für die Benutzer entsteht.

9 Literaturverzeichnis

1. Allen, G. L.: Spatial abilities, cognitive maps, and wayfinding: Bases for individual differences in spatial cognition and behaviour. In: R.G. Golledge (Ed.), Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes S. 46-80. Baltimore, MD: Johns Hopkins Press (1999).
2. Aretz, A. J., & Wickens, C. D.: The mental rotation of map displays. In: Human Performance, 5, S. 303-328 (1992).
3. Bollmann: Kartographische Repräsentation. Lexikonstichwort. In: Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg, Bd. 2, S. 36-37 (2002).
4. Burnett, G.: Turn Right at the King's Head – Drivers' requirements for route guidance information. Doktorarbeit, Loughborough University 1998.
5. Burnett, G.; Smith, D.; May, A.: Supporting the navigation task: Characteristics of 'good' landmarks. In: Hanson, M.A. (Ed.), Contemporary Ergonomics 2001, Taylor & Francis, London, S. 441-446 (2001).
6. Cornell and C. Donald Heth: Home range and the development of children's way finding. S. 173-206. Elsevier (2006)
7. Denis, M., Pazzaglia, F., Cornoldi, C. & Bertolo, L.: Spatial Discourse and Navigation: An Analysis of Route Directions. In: the City of Venice, Applied Cognitive Psychology 13, S. 145–174 (1999).
8. Dey, A. & Abowd, G.: Towards better understanding of context and context-awareness. In: Proceedings of the CHI 2000 Workshop on The What, Who, Where, When and How of Context-Awareness. Niederlande (1999).
9. Dix, Alan; T. Rodden, N. Davies, J. Trevor, A. Friday, K. Palfreyman: Exploiting space and location as a design framework for interactive mobile systems. ACM Transactions on Computer-Human Interaction. Bd. 7, H. 3, S. 285-321 (2000).
10. Downs, Roger M. / Stea, D.: Kognitive Karten - Die Welt in unseren Köpfen, Basel / München. UTB (1982).
11. Dransch, D.: Zum Kontext raumbezogener Handlungen mit kartenbasierten Geoinformationsservices. Berlin (2003).
http://129.187.92.218/publications/paper_workshop/Dransch.pdf.
12. Elias, B. & Brenner, C.: Automatic Generation and Application of Landmarks in Navigation Data Sets: In: P. Fisher, Hrsg., Developments in Spatial Data Handling. Springer, S. 469–480 (2004).
13. Elias, B. und Sester, M.: Landmarks für Routenbeschreibungen. In: GI-Technologien für Verkehr und Logistik, Hrsg. Jörn Möltgen und Andreas Wytzisk, IfGIprints 13, Institut für Geoinformatik, Universität Münster, S. 375–394 (2002).
14. Elias, B.: Erweiterung von Wegbeschreibungen um Landmarks. In: E. Seyfert, Hrsg. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Vol. 11, S. 125–132 (2002).
15. Elias, B.: Extraktion von Landmarken für die Navigation. Doktorarbeit, Universität Hannover (2006)

16. Elias, B. & Hampe, M.: Kontextbezogene Kartengenerierung für Routing-Anwendungen. In: Design kartenbasierter mobiler Dienste, Mensch und Computer 2003, Stuttgart (2003).
17. Elias, B., Paelke, V., Kuhnt, S.: Kartographische Visualisierung von Landmarken, Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung, GEOVIS 2006, 5./6. April 2006, Potsdam, Kartographische Schriften Band 10, (2006).
18. Feldman, A., & Acredolo, L. P. (1979). The effect of active versus passive exploration on memory for spatial location, in children. In: Child Development, 50, S. 698-704 (1979).
19. Freksa, C.: Spatial aspects of task-specific wayfinding maps. In: J. Gero, B. Tversky (Hrsg.): Visual and spatial reasoning in design. Sydney, S. 15-32 (1999).
20. Golledge, R. G.: Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: R. G. Golledge: Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes. Baltimore, S. 5-45 (1999).
21. Golledge, R. G., Dougherty, V. & Bell, S.: Acquiring Spatial Knowledge: Survey versus Route-Based Knowledge in Unfamiliar Environments. In: Annals of the Association of American Geographers, Vol. 85, 1995. S. 134-158 (1995)
22. Heidmann, F. & Hermann F.: Benutzerzentrierte Visualisierung raumbezogener Information für ultraportable mobile Systeme. In: Visualisierung und Erschließung von Geodaten. Deutsche Geschichte für Kartographie. Kartographische Schriften. Bd. 7. Hannover, S. 121-131 (2003).
23. Herrmann, T., Schweizer, K., Janzen, G. & Kunz, S.: Routen- und Überblickswissen – konzeptionelle Überlegungen. In: Kognitionswissenschaft 7(4), 145–159 (1998).
24. Hornung, H.: Ein Framework zur Automatisierung von Tests formularbasierter Web-Anwendungen. Diplomarbeit, Technische Universität Darmstadt (2002).
25. Jansen-Osmann, P.: Kognition von Distanzen - laborexperimentelle Untersuchungen in virtuellen Umgebungen. Doktorarbeit, Fachbereich 2, Universität Duisburg, 1998.
26. Kaasinen, E.: User needs for location-aware mobile services. In: Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 7, Nr. 1 / Mai 2003. S. 70-79. Springer London (2002).
27. Klippel, A. Freska, C., & Winter, S.: You-are-here maps in emergencies – The danger of getting lost. In: Journal of Spatial Science, 51(1), S. 117-131 (2006).
28. Klippel, A. & Winter, S.: Structural Saliency of Landmarks in Route Directions. In: A. G. Cohn & D. M. Mark, Hrsg., 'COSIT 2005', Vol. 3693 aus Reihe Lecture Notes in Computer Science. Springer, S. 347–362 (2005).
29. Klippel, A., Tappe, H., Kulik, L., Lee, P.U.: Wayfinding choremes – a language for modeling conceptual route knowledge. In: Journal of Visual Languages and Computing (2005)

30. Kraus K.: Photogrammetrie Band 3. Topographische Informationssysteme. Köln (2000).
31. Kruschel, K.: Kontextspezifische Landmarken für die Fußgängernavigation. Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (2006)
32. Reginald G. Golledge, Scott. M. Bell, and Valerie Dougherty: The cognitive map as an internalized GIS, San Francisco (1994).
33. MacEachren, A.: A linear view of the world: Strip maps as a unique form of cartographic representation. In: *The American Cartographer* 13(1), S. 7–25 (1986).
34. Maguire, E. A., Burgess, N. & O'Keefe, J.: Human spatial navigation: cognitive maps, sexual dimorphism, and neural substrates. In: *Current opinion in Neurobiology*, 9, S. 171–177 (1999)
35. Michon, P.-E. & Denis, M.: When and Why Are Visual Landmarks Used in Giving Directions? In: D. Montello, Hrsg., *Spatial Information Theory. Foundations of Geographic Information Science: International Conference, COSIT 2001 Morro Bay, CA, USA, September 19-23, 2001*, Springer, S. 292–305 (2001).
36. Montello, D.: Navigation. In: P. Shah & A. Miyake, Hrsg., *Handbook of Visuospatial Cognition*, Cambridge University Press (2000).
37. Nivala, A. M., Sarjakoski, L. T.: Context-aware maps in mobile devices. In: Salovaara, A., Kuoppala, H. and M. Nieminen, (eds.), *Perspectives on intelligent user interfaces*, Helsinki University of Technology Software Business and Engineering Institute Technical Reports 1, HUT-SoberIT-C1, Espoo, S. 112-133 (2003).
38. Nothegger, C., Winter, S. & Raubal, M.: Computation of the Saliency of Features. In: *Spatial Cognition and Computation* 4(2), S. 113–136 (2004).
39. Limbourg, M.: *Kinder im Straßenverkehr*, GUVV-Westfalen-Lippe, Münster, Kap. 10 (1995).
40. Lynch, K.: *The image of the city*. Cambridge (1960).
41. Lovelace, K. L., Hegarty, M. & Montello, D. R.: Elements of good route directions in familiar and unfamiliar environments. In: C. Freksa und D. M. Mark (Hrsg.): *Spatial Information Theory, International Conference COSIT '99*. Santa Barbara, S. 65-82 (1999).
42. Philbeck, J. W., Klatzky, R. L., Behrmann, M. Loomis, J. M., Goodridge, J.: Active control of locomotion facilitates nonvisual navigation. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. Vol 27(1), Februar 2001, S. 141-153 (2001).
43. Pitts, D. G.: The effects of aging upon selected visual functions: Dark adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. In: R. Sekuler, D. W. Kline and K. Dismukes (Eds.) *Aging and human visual function* (S. 131-160). New York: Alan R. Liss (1982).
44. Portugali, J.; Stern, E.: Environmental cognition and decision making in urban navigation. In: R.G. Golledge (Hrsg.): *Wayfinding behavior*. Baltimore, S. 99-119 (1999).
45. Reichenbacher, T.: *Mobile cartography - Adaptive visualisation of geographic information on mobile devices*. Dissertation am Institut für

- Photogrammetrie und Kartographie. Technische Universität München (2004).
46. Raubal, M. & Winter, S.: Enriching Wayfinding instructions with local landmarks. In: M. J. Egenhofer, D. M. Mark (Hrsg.): Geographic Information Science. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, S. 243-259 (2002).
 47. Rüetschi, U.J. und Timpf, S.: Modelling wayfinding in public transport: network space and scene space. In Proc. Spatial Cognition 2004. Chiemsee (2004).
 48. Sarabjot, S. & Mobasher, B.: Intelligent Techniques for Web Personalization: IJCAI 2003 Workshop, ITWP 2003, Acapulco, Mexico, 2003, Revised Selected Papers. Springer-Verlag: (2005).
 49. Sarjakoski, L.T., Nivala, A., Hämäläinen, M.; Improving the Usability of Mobile Maps by Means of Adaption. In: Gartner, G. (eds.) Location based services & telecartography. Proceedings of the Symposium January 28-29, 2004. Vienna University of Technology, S. 79-84 (2004).
 50. Schmauks, D.: Kognitive und semiotische Ressourcen für die Wegfindung. In: Kognitionswissenschaft 7(3), S.124–128 (1998).
 51. Schmitz S: Gender-related strategies in environmental development: effects of anxiety on wayfinding in and representation of a three-dimensional maze. In: J Environ Psychol 1997, 17 S. 215-228 (1997).
 52. Siegel, A. W. & White, S. H.: The development of spatial representations of largescale environments. In: H. W. Reese (Hrsg.): Advances in child development and behaviour. Bd. 10. New York. S. 9-55 (1975).
 53. Sonntag, M.: Untersuchungen zur Personalisierung. Linz (1998).
<http://www.fim.uni-linz.ac.at/Publications/Aussendung10.98/Personalisierung.htm>
 54. Sorrows, M. & Hirtle, S.: The nature of landmarks for real and electronic spaces. In: C. Freksa, D. Mark (Hrsg.): Spatial Information Theory. International Conference COSIT 1999. Pittsburgh, S. 37-50 (1999).
 55. Srinivas, S. and Hirtle, S.: Knowledge based schematization of route directions. In: Spatial cognition V. S. 346-364. Springer, Berlin (2007)
 56. Stams, W. & Klippel, A.: Landmarke. Lexikonstichwort. In: Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg. Bd, 2, S. 95 (2002).
 57. Steck, S. & Mallot, H.: The role of global and local landmarks in virtual environment navigation. Tübingen (2000).
 58. Tellevik, J. M.: Influence of spatial exploration patterns on cognitive mapping by blindfolded sighted persons. In: Journal of Visual Impairment & Blindness, 86, S. 221-224 (1992).
 59. Thorndyke, P.: Spatial Cognition and Reasoning. In: J. Harvey, (Hrsg.), Cognition, Social Behavior, and the Environment, Lawrence Erlbaum Associates, S. 137–149 (1981).
 60. Tolman, E. C.: Cognitive maps in rats and men. In: The Psychological Review, 55 (4), S. 189-208 (1948).
 61. Töpfer F.: Kartographische Generalisierung. VEB Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig (1974).

62. Tversky, B. & Lee, P.U.: How Space Structures Language. In: C. Freksa, C. Habel & Wender, K. (Eds.) Spatial Cognition. LNCS 1404. Springer Berlin Heidelberg (1998).
63. Tversky, B. & Lee, P.: Pictorial and verbal tools for conveying routes. In: C. Freksa, D. Mark (Hrsg.): Spatial Information Theory, International Conference COSIT 1999. Santa Barbara, S. 51-64 (1999).
64. Weissensteiner, E. & Winter, S.: Landmarks in the Communication of Route Directions. In: M. J. Egenhofer, C. Freksa & H. J. Miller, (Hrsg.), GIScience, Vol. 3234 aus Reihe Lecture Notes in Computer Science, Springer (2004).
65. Wender, K. F.: Kontexteffekte und Routenwissen. In: Kognitionswissenschaften, Volume 7, Number 2 / August 1998, S. 68-74. Springer (1998).
66. Winter, S., Raubal, M. & Nothegger, C.: Focalizing Measures of Saliency for Wayfinding. In: A. Zipf, T. Reichenbacher & L. M. and, Hrsg. 'Mapbased Mobile Services - Theories, Methods and Implementations. Springer, S. 127-142 (2004).
67. Wurman, R. S.: Information Architects. Zurich, Switzerland: Graphis Press. (1996)
68. Zipf, A.: Forschungsfragen zur benutzer- und kontextangepassten Kartengenerierung für mobile Systeme. In: Kartographische Nachrichten. Bd. 1. Heidelberg, S. 6-11 (2003).

9.1 Internetreferenzen

1. AjaxPatterns – Ajax Frameworks:
http://ajaxpatterns.org/Ajax_Frameworks
2. beautifulplaces: http://www.beautifulplaces.org/Salzburg/z2095.jpg_2007
3. ContentManager 2003:
http://www.contentmanager.de/magazin/artikel_thema_cm_crm_personalization.html
4. De-bug: <http://www.de-bug.de/texte/3962.html>
5. Dion Hinchcliffe's Web 2.0 Blog:
<http://web2.socialcomputingmagazine.com>
6. FAZ Wetterlexikon: <http://wetter.faz.net/wetterlexikon/N.php>
7. Informit:
<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=130881&seqNum=6&rl=1>
8. W3C: <http://www.w3.org/2006/appformats/>
9. WIKIPEDIA: <http://de.wikipedia.org/wiki/Jahreszeiten>