

# Kartographische Visualisierung von Landmarken

Birgit Elias, Volker Paelke, Sascha Kuhnt

## Zusammenfassung

Landmarken sind ein unverzichtbarer Bestandteil in vielen für den mobilen Einsatz konzipierten Kartendarstellungen. In diesem Artikel schlagen wir ein Design-Konzept für die Visualisierung von Gebäude-Landmarken in mobilen Karten vor. Dabei wird zwischen vier Landmarken-Typen unterschieden: Geschäftsketten, Geschäftskategorien, Gebäude mit spezieller Funktion oder Eigenname und Gebäude, die durch ihre visuell auffälligen Eigenschaften beschrieben werden. Zu ihrer Darstellung werden unterschiedliche visuelle Gestaltungsformen betrachtet, die in ihrem Abstraktionsgrad von photorealistischen Darstellungen bis zu hochgradig abstrahierten Symbolen variieren. Eine darauf basierende Design-Matrix, die alle möglichen Zuordnungen von Darstellungstechniken zu den vier Landmarken-Kategorien umfasst, unterstützt die Entwickler von mobilen Karten bei der Auswahl des optimalen Abstraktionsgrades für die Darstellung.

## 1 Einleitung

Karten sind ein probates Mittel zur Übermittlung räumlicher Zusammenhänge und zur Kommunikation von Wegbeschreibungen (MACEachREN 1995, KRAY et al. 2003). Daher basieren Fußgänger-Navigationssysteme größtenteils auf Kartendarstellung in Kombination mit Positionierungs- und Routing-Modulen, um die Wegbeschreibung zu vermitteln. In den letzten Jahren sind in mehreren Projekten (zum Beispiel GiMoDig, NEXUS, LoL@ oder

NAVIO) Prototypen für mobile Systeme entwickelt worden. Einige davon konzentrieren sich auf die technischen Aspekte mobiler Anwendungen (Systemarchitektur, Datenformate usw.), andere legen ihren Schwerpunkt auf die kartographische Gestaltung der Inhalte, um die Darstellung für kleine Displays zu optimieren. Die kartographische Aufbereitung und Integration von Landmarken-Informationen ist dabei bisher noch nicht im Detail untersucht worden.

Die Forschung im Bereiche der Raumkognition untersucht die Strukturen und Elemente von Wegbeschreibungen und stellt damit eine wichtige Grundlage für die Optimierung des Designs von Fußgänger-Navigationssystemen da. Die grundlegenden Bestandteile von Wegbeschreibungen sind nach DANIEL und DENIS (1998) Routenaktionen (Anweisungen für die nächste Bewegungsaktion), Orientierungsangaben und Landmarken. Weitere Experimente belegen, dass die Verwendung von Landmarken in Wegbeschreibungen die empfundene Qualität der Beschreibung steigert (DENIS et al. 1999). TVERSKY und LEE (1999) haben die Basiselemente von Routenkarten und (verbalen) Wegbeschreibungen miteinander verglichen und festgestellt, dass sowohl die Struktur als auch die Beschreibungselemente in beiden gleich sind.

Daher sollte in Fußgänger-Navigationssystemen die Kartendarstellung für eine bestimmte Route die gleichen Elemente enthalten wie die verbale Beschreibung. Daraus ergibt sich unmittelbar die Forderung, dass Landmarken als zentrales Element von Wegbeschreibungen adäquat in den Karten dargestellt werden müssen. Für die praktische Anwendung in mobilen Systemen müssen daher zum einen die Landmarken-Informationen bereitgestellt und zum anderen auf kleine Displays und den mobilen Nutzerkontext zugeschnittene Visualisierungen entwickelt werden.

Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Schriften, Band 10: Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Beiträge des Seminars GEOVIS 2006, 5.–6. April 2006, Potsdam, 73–81

## 2 Landmarken und ihre Darstellung

### 2.1 Landmarken in Wegbeschreibungen

Landmarken sind bedeutende Objekte, die aus ihrer Umgebung herausstechen und dadurch einen speziellen geographischen Ort identifizieren (GOLLEDGE 1999). Dabei kann es sich sowohl um natürliche als auch um (vom Menschen) gebaute oder kulturell geprägte Objekte handeln. Die Landmarken können nach folgenden Kategorien eingeteilt werden:

- lokal,
- global,
- on-route (direkt an der Route gelegen),
- off-route (in weiterer Entfernung wie ein Fernsehturm oder eine Bergkette).

On-route-Landmarken können bezüglich ihrer Position an der Route weiter unterteilt werden in Landmarken entlang des Weges und an tatsächlichen oder möglichen Entscheidungspunkten (etwa Straßenkreuzungen, an denen über den abzweigenden weiteren Weg entschieden werden muss oder an denen ein Abbiegen zwar möglich wäre, die Route aber weiter geradeaus führt) (LOVELACE et al. 1999).

Zurzeit sind Landmarken noch nicht in kommerzielle Navigationsdaten integriert. Die kommerziell verfügbaren Routenplaner oder Navigationssystemen basieren auf den Daten von zwei Navigationsdatenherstellern, die ursprünglich für die Zwecke der Fahrzeugnavigation gesammelt wurden und inhaltlich darauf zugeschnitten sind (zum Beispiel nur Erfassung von Straßen, die für den Fahrzeugverkehr freigegeben sind). Mit der wachsenden Verfügbarkeit von mobilen Systemen entwickelt sich der Bedarf, auf Fußgänger zugeschnittene Informationen zu integrieren, um die Navigation für diese Nutzergruppe zu optimieren. Sollten in Zukunft Informationen über Landmarken zur Verfügung stehen, können diese in die verfügbaren Navigationsdaten eingefügt und dem Benutzer durch Wegbeschreibungen und Karten zur Verfügung gestellt werden.

In mehreren Forschungsansätzen wird versucht, Landmarken durch formale Modelle zu beschreiben oder aus bestehenden Datensätzen zu extrahieren. Im Vordergrund steht dabei die Bereitstellung von

Gebäude-Landmarken (RAUBAL und WINTER 2002, ELIAS 2003, ELIAS und BRENNER 2004), es können aber auch weitere topographische Landmarken-Objekte wie Brücken, Parks, Straßenbahnschienen usw. aus bestehenden Datenbestände extrahiert werden (ELIAS und SESTER 2002).

Die Einbindung von Landmarken in automatisch erzeugte Wegbeschreibungen erfordert eine detaillierte Analyse der Strukturen und Elemente von verbalen Wegbeschreibungen. Die Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet münden in einer Ontologie für die Wegfindungsaufgabe (WINTER 2002). Als Alternative kann das Konzept der Wegfindungschoreme (KLIPPEL 2003) angewendet werden, um die Landmarken in den Kontext einer speziellen Route einzupassen (KLIPPEL und WINTER 2005).

### 2.2 Graphische Darstellung von Landmarken

Für die Fußgängernavigation ist von entscheidender Bedeutung, dass der Anwender die vom System ausgewählten Landmarken in der wirklichen Umgebung ohne große Anstrengung erkennen kann. Auf der Anwenderseite ergeben sich weitere Anforderungen an die Visualisierung aus dem mobilen Kontext der Nutzung, wie etwa eine möglichst geringe kognitive Belastung. Auf der Anbieterseite ist eine möglichst automatische Erzeugung der Landmarken-Darstellung aus den verfügbaren Daten wünschenswert.

Die Präsentation der Landmarken kann in vielfältiger Form erfolgen, zum Beispiel als

- verbale Instruktionen durch Sprachausgabe (wegen der Störgeräusche in öffentlichen Räumen problematisch),
- Textinstruktion auf dem Display (benötigt einen hohen Grad an Aufmerksamkeit),
- graphische, kartenähnliche Darstellung der Situation.

In diesem Beitrag fokussieren wir auf die Visualisierung von Landmarken mit kartographischen Gestaltungsmöglichkeiten, um die Kommunikation der Information zu optimieren.

Damit diese Darstellungen effektiv sind, muss beim Design beachtet werden, wie ein Nutzer die ihm gebotenen Visualisierungen wahrnimmt

und interpretiert. Dazu sollten Erkenntnisse aus der Objekterkennung und -interpretation des Menschen als Grundlage des Designprozesses herangezogen werden. In diesem Feld betätigen sich sowohl Designer und Kartographen als auch Wahrnehmungspsychologen. Dabei arbeiten die Kartographen meist mit empirischen Erkenntnissen. Für die Aufbereitung von 2D-Karten gibt es praktische Erfahrung aus mehreren Jahrhunderten, so dass sich daraus eine Sammlung von Darstellungstechniken und Richtlinien entwickelt hat, die allgemein anerkannt sind (zum Beispiel BERTIN 1973). Die Übertragung dieser Erkenntnisse auf neue Anwendungsfelder, wie zum Beispiel die Gestaltung von Landmarken-Visualisierungen oder neue Formen der geographischen Visualisierung, etwa 3D-Karten, ist im Allgemeinen schwierig.

Verschiedene Untersuchungen haben versucht, den Einfluss von unterschiedlichen Darstellungen in Navigationsanwendungen zu bestimmen. DEAKIN (1996) untersuchte die Integration von Landmarken in graphische Repräsentationen oder Karten für Navigationsaufgaben und diskutiert mehrere Aspekte. Die Ergebnisse des durchgeführten Nutzertests mit Straßenkarten weisen darauf hin, dass zusätzliche Landmarken (zusätzlich zu den üblichen Angaben in Straßenkarten) die Durchführung der Navigation verbessern.

In dieser Studie wurden zwei verschiedene Typen von Landmarken-Darstellungen angeboten: eine geometrisch-abstrakte Darstellung und die bildhafte, stereotype Darstellung von Objekten als Skizzen. Es wurde angenommen, dass die mehr bildhaften Skizzen eine starke Assoziation der Nutzer mit den tatsächlichen Objekten auslösen würden und daher effektiver wären als die geometrisch-abstrakten Icons. Allerdings konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Darstellungsvarianten bei der Durchführung der Navigation nachgewiesen werden.

Ebenso ist in einem Test im Bereich der Fahrzeug-Navigationssysteme von PAUZIE et al. (1997) untersucht worden, wie Landmarken in einem solchen System präsentiert werden könnten. Dabei wurde eine Hintergrunddarstellung – eine Pfeilangabe für den nächsten Abbiegevorgang auf einem Bildschirm – verwendet und diese mit zwei

unterschiedliche Bilddarstellungen von Landmarken angereichert:

- allgemeine Piktogramme, die auf alle Fälle angewendet werden, die zur gleichen Kategorie gehören (wie Kirchen, Brücken, Park, Geschäft, Bank),
- spezielle Piktogramme, die ein Landmarken-Objekt und seine spezifischen Eigenschaften in realistischer Darstellung wiedergeben.

Die Auswertung des Tests ergab, dass die Art der Darstellung keine starke Belastung für das visuelle System bedeutet. Die Ergebnisse eines anschließenden Fragebogens zeigen, dass die Nutzer bei einigen Objekten die allgemeine Darstellung bevorzugen (zum Beispiel Kirche, Kneipe, Apotheke, Brücke), bei anderen Objekten aber die spezifische Repräsentation als nützlicher angesehen wird (Banken, Fast-Food-Ketten, Supermärkte). Der Unterschied ergibt sich dabei meistens aus der Verwendung des individuellen Logos der Handelsketten als wiedererkennbaren Element in den Darstellungen. Die Autoren folgern daraus, dass die Wiedererkennung von Landmarken stark gekoppelt ist mit dem Bekanntheitsgrad des Objekts für den Fahrer, unabhängig davon, ob es allgemein oder objektspezifisch präsentiert wird.

In LEE et al. (2001) wurde ein Prototyp für die visuelle Navigation mittels Multimedia-Karten entwickelt. Dieser benutzt Photographien von Fassaden, um die Landmarken zu repräsentieren und montiert diese direkt an die Position des Objekts in einer perspektivischen Kartenansicht. Zusätzlich werden 360°-Panoramen von Straßenknoten und Photo-Abfolgen entlang der Wegstrecken in der Anwendung bereitgestellt.

Die Evaluierung des Prototypen zeigte, dass die Photographien der Landmarken aus der Blickrichtung, aus der Nutzer sich der Landmarke annähert, aufgenommen werden müssen. Daher sind also für ein Landmarken-Objekt verschiedene Ansichten notwendig. Außerdem sollte eine effektive Landmarken-Darstellung nur das Objekt an sich und keine Nachbargebäude darstellen. Ebenso empfiehlt RADOCZKY (2003) die Verwendung von photorealistischen Bildern für die Präsentation von Landmarken, da keine Generalisierungsoperationen vorgenommen werden müssen. Daraus ergibt

**Tabelle 1** Anteile der verschiedenen Gebäudegruppen in einer Wegbeschreibung

Gebäude-Typ	Route 1 (Universität)		Route 2 (Innenstadt)	
	Fälle	%	Fälle	%
Geschäft (Handelskette)	4	20	18	56
Geschäft (Typangabe)	3	15	8	25
Funktion / Eigenname	7	35	6	19
Visuelle Eigenschaften	6	30		
Summe	20	100	32	100

sich allerdings der Nachteil, dass die Bilder mit der Umgebung übereinstimmen müssen und daher die Photographien dem Verlauf der Jahreszeiten angepasst oder bei strukturellen Änderungen am Gebäude aktualisiert werden müssen.

Eine weitere Möglichkeit der Visualisierung besteht darin, die auffälligen Objekte in der Karte durch die Generalisierungsoperationen kenntlich zu machen. Das Objekt selbst kann durch Betonung hervorgehoben werden, die Umgebung mittels Vereinfachung oder Zusammenfassung zum Hintergrund abgewertet werden (SESTER 2002).

### 3 Kategorien von Gebäude-Landmarken

Für die Beschreibung von Routen geeignete Gebäude-Landmarken wurden im Rahmen eines Tests ermittelt. Dazu wurden 20 Personen aufgefordert, zwei verschiedene Fußgänger Routen im Stadtgebiet Hannovers aus dem Gedächtnis zu beschreiben (LÜBKE 2004). Beide Routen sind ca. 2 km lang, wobei eine der Route durch ein Wohngebiet und einen Teil der Universitätsviertels, die andere Strecke vorwiegend durch die Innenstadt (Fußgängerzone) von Hannover führt. Die Teilnehmer wurden instruiert, eine Wegbeschreibung zu geben, die alle Objekte enthält, die notwendig sind, damit ein Ortsfremder diesen Weg finden kann. Die genannten Objekte wurden hinsichtlich der verwendeten Typen analysiert (Details siehe ELIAS, PAELKE, KUHNT 2005).

Im Rahmen der Analyse wurde die Gruppe der Gebäude in vier Kategorien unterteilt, deren Anteil an Nennungen in Tabelle 1 zusammengefasst ist. Die Kategorien sind zum einen Geschäftsgebäude einer Handelskette, die über ihren Eigennamen identifi-

ziert werden (H & M, Kaufhof, McDonalds), oder Geschäftsgebäude, die über die Nennung ihres allgemeinen Nutzungstyp benannt werden (Hotel, Apotheke, Frisör, Fleischer), sowie Gebäude, die durch Nennung ihrer speziellen Funktion (Bibliothek, Kirche, Schule, Universitätsgebäude) oder mittels ihres Eigennamens (Anzeigerhochhaus, Regenwaldhaus) beschrieben werden. In vielen Fällen ist dabei ein Eigenname mit einer speziellen Funktion gekoppelt (Luther-Kirche), so dass diese beiden Aspekte in eine Kategorie gruppiert wurden. Die letzte Kategorie sind Gebäude, die über ihre visuellen Eigenschaften beschrieben werden (das große, gelbe Haus, das rote Klinkergebäude).

Die Verteilung dieser Gruppen ist abhängig von der Routen-Konstellation. In innerstädtischen Gebieten mit vielen Geschäften (siehe Tab. 1, Route 2) dominieren diese in Wegbeschreibungen, in typischen Wohngebieten (Route 1) werden Gebäudebeschreibungen aus den anderen Kategorien stärker eingesetzt. Hier wird die Hypothese aufgestellt, dass die Kommunikation von Handelsketten, wenn diese vorhanden sind, bevorzugt wird, da diese einfacher wiederzuerkennen und zu beschreiben sind als komplexe Beschreibungen von individuellen visuellen Aspekten. (Die hier getroffenen Aussagen basieren auf der Auswertung der zwei vorliegenden Testrouten. Für statistisch gesicherte Aussagen, inwieweit sich diese Aussagen generalisieren lassen, sind weitere Tests notwendig.)

## 4 Entwurf der Visualisierungen

### 4.1 Entwicklung von Richtlinien

Entsprechend der Einteilung der Gebäude-Landmarken erscheint es sinnvoll, für jede der vier Kategorien eine optimale Gestaltung der Landmar-



	Photo	Zeichnung	Skizze	Icon	Symbol	Text
Geschäft (Handelskette)			(+)	+		
Geschäft (Typ)				+	+	+
Funktion/Eigenname	+	+	+			+

**Tabelle 2** Design-Matrix für die Visualisierung von Gebäude-Landmarken

von bekannten Handelsketten bildhafte Symbole dar und sind daher geeignet für die Darstellung von Landmarken (Abb. 4).

Insgesamt bilden alle genannten Arten der Visualisierung ein Kontinuum von Abstraktionsstufen: auf der einen Seite der Skala steht eine möglichst realistische Wiedergabe des Gebäudes (in Form eines Photos oder eines mit realen Texturen versehenen 3D-Modells), auf der anderen Seite eine abstrahierte Darstellung als (geometrisches) Symbole oder sogar als Text. Dabei können die Buchstaben des Alphabets als abstrakte Symbole betrachtet werden (Abb. 5). Die Herausforderung für den Kartographen liegt in der Auswahl des passenden Abstraktionsgrades und der Beachtung der zusätzlichen Bedingungen wie eingeschränkte Farbskala, konsistentes Layout oder spezieller Darstellungsstil.

Es wird hier versucht, jeder Gebäudekategorie (mindestens) eine geeignete Abstraktionsstufe für die Visualisierung zuzuordnen, um eine Basis für einen systematischen Ansatz bereitzustellen. Die Kombinationsmöglichkeiten zwischen Landmarken-Kategorie und möglicher Visualisierung spannen einen Visualisierungsraum auf, der mittels einer

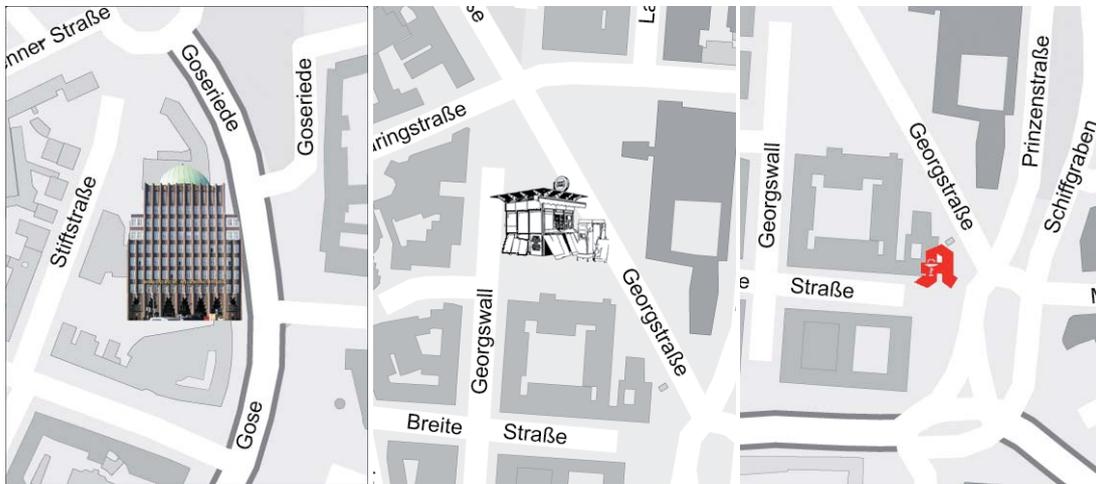
Matrix beschrieben werden kann (Tab. 2). Dabei ist die Verwendung von Text als Erläuterung jederzeit möglich, aber aus Gründen der starken Beanspruchung von kognitiven und visuellen Kapazitäten nicht generell empfehlenswert. Darum wird die Nutzung von Text nur als passend erachtet, wenn es keine bessere Möglichkeit gibt, die Information mit graphischen Darstellungen zu übertragen.

Das Logo einer Handelskette wird als generell bekanntes Zeichen betrachtet, das leicht in der Örtlichkeit wiederzufinden ist. Daher ist hier das Icon das einfachste Mittel, die Landmarken-Information zu übermitteln. Generell ist dazu keine weitere Gebäudebeschreibung notwendig. Wenn das Gebäude aber architektonisch auffällig ist, kann eine Skizze des Umrisses hilfreich sein. Für Geschäfte, die über ihren Typus in Wegbeschreibungen referenziert werden, eignen sich speziell generierte bildhafte Icons oder assoziative Symbole. Wenn sich aber kein intuitiv verständliches Icon kreieren lässt, muss auf Text als Erläuterung zurückgegriffen werden (zum Beispiel Kiosk).

Besondere Gebäudefunktionen sind oftmals an eine bestimmte Erscheinungsform gekoppelt, zum Beispiel typische Silhouetten (Kirchen) sowie die



**Abbildung 5** Abstraktionsgrade der Visualisierung



**Abbildung 6** links: Photo/Modell eines Gebäudes mit besonderer Funktion. Mitte: Zeichnung eines Gebäudes mit besonderer Funktion. rechts: Icon eines Geschäftstypen-Logos

Größe, Lage oder der auffallende Baustil: Rathaus und Oper sind typischerweise große, alleinstehende Gebäude, oftmals in einem historischen Baustil. Daher wird für solche Gebäude eine Skizze, mindestens aus der Silhouette des Gebäudes bestehend, oder eine detailliertere Zeichnung mit den wichtigen Struktur- oder Farbelementen der Fassade benötigt, um dieses einfach wiederzuerkennen.

Die einzige Möglichkeit zur Visualisierung von Eigennamen ist die Darstellung von Text. Wenn visuelle Aspekte die wichtigsten Kriterien für die Beschreibung des Gebäudeobjektes sind, muss eine detaillierte Zeichnung oder eine photorealistische Darstellung bereitgestellt werden.

#### 4.2 Visualisierungsbeispiele

Um einen Eindruck von den Abstraktionsstufen und ihrer Wirkung zu erhalten, werden hier einige Beispiele präsentiert (Abb. 6a-c). Da die Fußgängernavigation im Fokus der Betrachtungen steht, wird für die Darstellung ein PDA- oder ein Smartphone-Display als Basis genommen (hier wurde der PDA HP hx4700 verwendet). Die Beispiele verwenden eine reduzierte Hintergrundkarte, die auf die Fußgängernavigation (Maßstab, Angabe von Straßennamen, Gebäudeumrisse) zugeschnitten ist. Die Landmarken werden an ihrer eigentlichen geographische Position dargestellt, woraus sich

möglicherweise Probleme durch Überdeckung von Hintergrundinformationen ergeben können.

Die Zuordnungen in der vorgestellten Design-Matrix (Tab. 2) sind Arbeitshypothesen, die auf Grund von praktischen Erfahrungen bei der Kartengestaltung sowie aus den Forschungserkenntnissen zur Wahrnehmung und Darstellung von Landmarken gewonnen werden konnten. In einem nächsten Schritt muss die Zuordnung der Abstraktionsstufen durch einen Nutzertest überprüft werden. Dazu wird für eine Reihe an Beispielobjekten eine Abstraktionskette an Darstellungen erzeugt und durch Nutzer evaluiert. Dabei soll sowohl geprüft werden, inwieweit die Landmarken-Information durch die Darstellung korrekt kommuniziert wird, aber auch ob der Nutzer diese Art der Präsentation akzeptiert oder eine andere Variante bevorzugt (um die Erwartungshaltung zu überprüfen). Die Erkenntnisse des Test sollen als Basis für die Verbesserung der Design-Matrix herangezogen werden.

### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die hier vorgestellte Design-Matrix ist eine Arbeitshypothese, die sich noch in der Entwicklung befindet. Sie soll dazu dienen, verschiedenen Gruppen von Gebäude-Landmarken einen unterschiedlichen Abstraktionsgrad für eine optimale Vi-

sualisierung in mobilen Karten zuzuordnen. Dabei wurden die vier Kategorien aus einer Routenbefragung ermittelt: Geschäftsgebäude (Handelsketten), Geschäftsgebäude (genereller Typ), Gebäude mit besonderer Funktion sowie Gebäude mit speziellen visuellen Eigenschaften. Für diese Gruppen wurden unterschiedliche Abstraktionsgrade vorgeschlagen, um eine schnelle und einfache Kommunikation der relevanten Information des Gebäudes bereitzustellen.

In einem nächsten Schritt müssen diese Annahmen über einen Nutzertest evaluiert werden, um die Design-Matrix verbessern zu können. Ziel dieser Arbeiten ist die Bereitstellung eines Regelwerks für die Erstellung von Landmarken-Visualisierungen in Fußgänger-Navigationssystemen auf PDA-Basis. Aufgrund der Regeln soll die Darstellung möglichst automatisch aus den Datenbeständen erzeugt werden können. Wenn die Wechselwirkungen zwischen Nutzer und seiner bevorzugten Visualisierung eindeutig modelliert sind, ist auch eine automatische Adaption der Gestaltung an den Nutzer und seinen Kontext denkbar.

Die hier angesprochenen Gebäude-Landmarken repräsentieren nur ca. 50 % aller in Wegbeschreibungen genannten Objekte. Ebenso werden weitere topographische Objekte wie Brücken, Parkanlagen, Plätze als Landmarken verwendet. Daher ist eine Ausweitung dieses Ansatzes auch auf andere Objekttypen dringend erforderlich, um in der Zukunft ein vollständiges Visualisierungs-Regelwerk für die optimale Darstellung von Landmarken bereitstellen zu können. Dabei soll vor dem Hintergrund der praktischen Anwendung auch der zur Erstellung der unterschiedlichen Darstellungen notwendige Aufwand berücksichtigt werden.

## Literatur

- BERTIN, J (1973): Graphische Semiologie. deGruyter, Berlin
- BRUYAS, MP, LE BRETON, B, PAUZIE, A (1998): Ergonomic guidelines for the design of pictorial information. In: International Journal of Industrial Ergonomics 21, 407–413.
- DANIEL, MP, DENIS, M (1998): Spatial descriptions as navigational aids: a cognitive analysis of route directions. Kognitionswissenschaft 7(1), 45–52.
- DEAKIN, A (1996): Landmarks as navigational aids on street maps. Cartography and Geographic Information Systems 23 (1), 21–36.
- DENIS, M, PAZZAGLIA, F, CORNOLDI, C, BERTOLO, L (1999) Spatial discourse and navigation: an analysis of route directions in the City of Venice. Applied Cognitive Psychology 13, 145–174
- ELIAS, B, SESTER, M (2002): Landmarks für Routenbeschreibungen. In: GI-Technologien für Verkehr und Logistik, Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen 20./21. Juni 2002, IfGIprints, Band 13, Institut für Geoinformatik, Münster.
- ELIAS, B (2003): Extracting landmarks with data mining methods. In: KUHN, W, WORBOYS, M, TIMPF, S (Eds.): Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science. Vol. 2825, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, 398–412.
- ELIAS, B, BRENNER, C (2004): Automatic generation and application of landmarks in navigation data sets. In: FISHER P (Ed.): Developments in Spatial Data Handling – 11th International Symposium on Spatial Data Handling, Springer, 469–480.
- ELIAS, B, PAELKE, V, KUHN, S (2005): Concepts for the cartographic visualization of landmarks. In: 3<sup>rd</sup> Symposium für Location Based Services und Telecartographie, 28-30. November 2005, Wien..
- DÖLLNER, J, BUCHHOLZ, H, NIENHAUS, M, KIRSCH, F (2005): Illustrative visualization of 3D city models. In: Proceedings of SPIE – Visualization and Data Analysis (VDA 2005). San Jose, CA, USA.
- GOLLEDGE, R (1999): Human wayfinding and cognitive maps. In: Wayfinding Behavior, John Hopkins Press, 5–46.
- KLIPPEL, A (2003): Wayfinding choremes. Conceptualizing wayfinding and route direction elements. Dissertation, Universität Bremen.
- KLIPPEL, A, WINTER, S (2005): Structural salience of landmarks for route directions. In: COHN, A, MARK, D (Eds.) COSIT 2005. Lecture Notes in Computer Science, 3693. Springer, Berlin, 347–362.
- KRAY, C, LAAKSO, K, ELTING, C, COORS, V (2003): Presenting route instructions on mobile devices. In: Proceedings of the Intelligent User Interface. ACM, 117–124.
- LEE, Y, KWONG, A, PUN, L, MACK, A (2001): Multi-media map for visual navigation. Journal of Geospatial Engineering 3(2), 87–96.
- LOVELACE, K, HEGARTY, M, MONTELLO, D (1999): Elements of good route directions in familiar and unfamiliar environments. In: FREKSA, C AND MARK,

- D (Eds.) *Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*, Springer, 65–82
- LÜBKE, C (2004): Extraktion von Landmarken aus ATKIS-Daten. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Institut für Kartographie und Geoinformatik, Universität Hannover.
- MACÉACHREN, A (1995): *How maps work*. The Guildford Press.
- PAUZIE, A, DAIMON, T, BRUYAS, MP, TRAUCHESSEC, R (1997): How to design landmarks for guidance systems. In: *Proceeding (CD-ROM) of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS)*, Berlin.
- RADOCZKY, V (2003): *Kartographische Unterstützungsmöglichkeiten zur Routenbeschreibung von Fußgänger navigationsystemen im In- und Outdoorbereich*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.
- RAUBAL, M, WINTER, S (2002): Enriching wayfinding instructions with local landmarks. In: EGENHOFER, M, MARK, D (Eds.) *Geographic Information Science*, Vol. 2478 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 43–259.
- SESTER, M (2002): Application dependent generalization – the case of pedestrian navigation. In: *IAPRS Vol. 34, Part 4, Geospatial Theory, Processing and Applications*, Ottawa, Canada.
- TVERSKY, B, LEE, P (1999): Pictorial and verbal tools for conveying routes. In: FREKSA, C, MARK, D (Eds.): *Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*, Springer, 51–64.
- WINTER, S (2002) *Ontologisches Modellieren von Routen für mobile Navigationsdienste*. In: KELNHOFER, F, LECHTHALER, M (Hrsg.): *Telekartographie und Location-Based Services*. Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation, Technische Universität Wien, Wien, 111–124.

