

Landmarks für Routenbeschreibungen

Birgit ELIAS, Monika SESTER

ikg – Institut für Kartographie und Geoinformatik,
Universität Hannover

ZUSAMMENFASSUNG

Bisherige Routen- und Navigationsanweisungen nutzen üblicherweise nur Strecken- und Richtungsangaben (z.B.: nach 200 m rechts abbiegen), um die Strecke dem Nutzer zu kommunizieren. In diesem Ansatz soll gezeigt werden, wie Routenbeschreibungen mit Hilfe zusätzlicher Daten um Orientierungspunkte, sogenannte Landmarks, erweitert werden können, um die Navigationsinformation dem Nutzer noch effektiver vermitteln zu können. Dabei werden hier die Datenquellen der deutschen Vermessungsverwaltungen genutzt: ATKIS (Amtlich Topographisches Kartographisches Informationssystem) und die ALK (Automatisierte Liegenschaftskarte).

Die Datenbestände werden bezüglich der Bereitstellung von nützlichen Landmarks analysiert und die Extraktion der geeigneten Objekte anhand eines Beispiels dargestellt.

Die mit den Objekten angereicherte Route gilt es anschließend in geeigneter Weise, d.h. mit kartographischen Gestaltungsmitteln, wie z.B. der Generalisierung, zu visualisieren. Es werden verschiedene Möglichkeiten vorgestellt, wie Einzelobjekte gegenüber ihrer lokalen Umgebung hervorgehoben werden können.

1 MOTIVATION

Location based services (LBS) werden vielfach als die „Killer“-Applikation für mobile Anwendungen angesehen. Die Vermittlung von Umgebungsinformation sowie die Orientierung, Navigation und Wegesuche in bekanntem oder unbekanntem Raum wird von vielen Menschen als äußerst hilfreich angesehen. Ob das Navigationssystem im Auto oder der ortsbezogene Dienst per Handy oder PDA, der Mensch will zu jeder Zeit und an jedem Ort bei der Durchquerung des Raumes sicher geführt werden. Es sind verschiedene Methoden entwickelt worden, wie eine vom Computer bereitgestellte Route dem Menschen verlässlich kommuniziert werden kann: z.B. sprachliche Anweisungen mit schlichten graphischen Symbolen für die Führung im Auto oder kleine übersichtliche

Grafiken für die mobilen Taschencomputer. Die bisherigen Routenanweisungen haben jedoch einen großen Nachteil: sie sind für die menschlichen Bedürfnisse der Wegfindung nicht umfassend genug konzipiert.

1.1 Menschliche Wahrnehmung von Routenbeschreibungen

Untersuchungen aus dem Bereich der Wahrnehmungspsychologie haben gezeigt, dass Personen, die eine Wegbeschreibung (egal, ob mit Hilfe von Text oder in graphischer Form) anfertigen sollen, sich automatisch nicht nur auf die grundlegenden Elemente wie Richtungen und Neuorientierungen beschränken (im üblichen Fall also Straßennamen und Knickpunkte), sondern vielfach auch zusätzliche Orientierungshilfen sogenannte Landmarks der Beschreibung hinzufügen (Tversky, Lee 1999). Ebenso hat sich im umgekehrten Fall herausgestellt, dass eine Person, die sich mit Hilfe einer Wegbeschreibung ihren Weg sucht, die empfundene Qualität der Wegbeschreibung von der Verwendung von zusätzlichen Landmarks abhängig macht (Lovelace, Hegarty, Montello 1999) und das gänzliche Fehlen von Landmarks negativ registriert (Michon, Denis 2001). Daraus lässt sich folgern, dass die bisher automatisch erzeugten Routen, die oft nur aus Straßenangaben, Entfernungen zwischen den Wendepunkten und Abbiegevorschriften bestehen, für die Orientierung des Menschen im Raum nicht optimal sind.

Ein weiteres Ergebnis aus (Tversky, Lee 1999) ist die Feststellung, dass die Struktur von Wegbeschreibungen mit Hilfe von Textanweisungen und in Kartenform identisch ist: Start- und Zielpunkt sind Landmarks, Gebäude oder Straßen. In Karten werden diese Angaben schematisiert dargestellt, Bewegungen als Linien wiedergegeben. Dadurch ergibt sich eine Strichkarte, welche auf die für die Wegesuche benötigten Informationen beschränkt ist. Diese berücksichtigt die Ansprüche an die Erstellung von effektiven Routenbeschreibungen: Lesbarkeit, Übersichtlichkeit, Vollständigkeit und bequeme Handhabbarkeit müssen gegeben sein. In (Agrawala, Stolte 2001) wird ein Ansatz gezeigt, diese Kartenform nachzuahmen und dabei die benötigten Informationen automatisch aus Routing-Daten abzuleiten.

1.2 Was sind Landmarks?

Als Landmarks bezeichnet man jegliche Orientierungspunkte im Raum. Bei der Wegesuche dienen sie verschiedenen Zwecken: Zum einen als Hilfsmittel zur Strukturierung des Raumes in der sogenannten kognitiven Karte („mental map“) und als Navigationshilfsmittel mit der Fähigkeit die

Route in der Außenwelt zu verifizieren und die Orientierung zum Ziel bereitzustellen (Golledge 1999). Die Eigenschaften, die ein Landmark aufweist, sind dabei seine spezielle visuelle Charakteristik (auffällige Abweichung zur lokalen Umgebung), sein einzigartiger Zweck oder Bedeutung oder seine zentrale oder herausragende Lage (Sorrows, Hirtle 1999).

Die Untersuchungen (Lovelace, Hegarty, Montello 1999) zur Verwendung von Landmarks gruppieren diese in vier verschiedenen Kategorien: Landmarks an Entscheidungspunkten (Knickpunkten) der Strecke, Landmarks an möglichen Entscheidungspunkten (wo aber keine Entscheidung nötig ist, da die Strecke geradeaus verläuft), on-route Landmarks (entlang des Weges) und off-route Landmarks (nicht direkt an der Strecke, aber mit einem gewissem Orientierungswert). Der Praxisversuch zeigte, dass überwiegend die beiden Kategorien Landmarks an Entscheidungspunkten und entlang der Strecke bei Beschreibungen verwendet wurden.

1.3 Visualisierung von Routenbeschreibungen auf kleinen Displays

Im Kontext einer Visualisierung auf kleinen, mobilen Displays stellt sich die grundlegende Frage, wie die gesamte Routenbeschreibung adäquat dargestellt werden kann. Die limitierte Displaygröße verhindert, dass – wie auf einer Karte – *alle* nötige Information bereitgestellt werden kann. Die Wegbeschreibungen müssen in abstrakter Form präsentiert werden, die ein schnelles Zurechtfinden und Orientieren auch in unbekannter Umgebung ermöglicht. Eine Option besteht darin, eine on-line Generalisierung der räumlichen Umgebungsinformation durchzuführen: der Nutzer verfügt über Interaktionsmöglichkeiten, mit denen er von einer Übersichtsansicht in die Details zoomen kann – und umgekehrt. Ein Ansatz hierzu wird von (Lehto & Kilpeläinen 2000) auf der Basis von XML und XSLT vorgeschlagen. Um zugleich Details und Übersicht in einer Abbildung zu vereinen eignen sich Mono- bzw. Polyfokale Karten (Lichtner 1979), (Harrie et al. 2002): hier wird eine kontinuierliche Deformation der Objekte ausgehend vom Beobachterzentrum aus durchgeführt. Eine weitere Option besteht darin, eine diskrete Deformation anzuwenden. Diese Deformation wird objektabhängig sowie applikationsabhängig durchgeführt. Dies ist mittels Generalisierungsfunktionen möglich. Die Automation in der Generalisierung wird schon seit vielen Jahrzehnten in der Kartographie erforscht. Für die unterschiedlichen Generalisierungsoperationen (vgl. z.B. (Shea & McMaster 1989) oder (Hake, Grünreich & Meng 2002)) existiert jeweils auch eine Vielzahl an Implementierungen. Gegenwärtige Entwicklungen zielen auf ganzheitliche Verfahren ab, welche die

Einzeloperationen zusammenführen. Hierzu werden Techniken aus der Künstlichen Intelligenz (Wissensbasierte Systeme, Agenten (Lamy et al. 1999)), sowie Optimierungsverfahren genutzt (Højholt 1998, Ware & Jones 1998, Sester 2001).

1.4 Übersicht über den Beitrag

Im Folgenden werden zunächst flächendeckend verfügbare Datenquellen auf ihre Eignung als Landmarks hin untersucht. Die Möglichkeit der automatischen Extraktion von potenziellen Landmarks wird vorgestellt. Anschließend werden Methoden der Visualisierung präsentiert, die ein schnelles Identifizieren der relevanten Objekte ermöglichen sollen. Eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf weitere Arbeiten beschließen den Beitrag.

2 DATENQUELLEN

2.1 ATKIS

Hinter dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem verbirgt sich ein Gemeinschaftsprojekt der bundesdeutschen Vermessungsverwaltungen, einen digitalen Geobasisdatenbestand zu schaffen, der für möglichst viele GIS-Anwendungen als Datengrundlage dienen soll. Einen Teil der Produktpalette stellt dabei das sogenannte ATKIS Basis-DLM (Digitales Landschaftsmodell) dar. In diesem Vektordatenbestand ist die Umwelt durch Objekte basierend auf einer Modellierungsvorschrift, dem Objektartenkatalog, angelehnt an die Inhalte der Topographischen Karte 1:25.000 flächendeckend und strukturiert erfasst. Dabei sind den einzelnen Objekten spezielle Attribute, Eigenschaften zugeordnet (siehe Abb.1). Eine vollständige Darstellung des Objektartenkatalogs ist unter (ATKIS-OK 2002) zu finden.

2.2 ALK

Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) ist der in Deutschland noch teilweise im Aufbau befindliche digitale Vektordatenbestand im Maßstab 1:1000. In diesem werden die Flurstücke, deren Nutzung und (in Niedersachsen) die Gebäude flächendeckend nachgewiesen. Entsprechend zum ATKIS-Konzept gibt es für die zu erfassenden Objekte einen Objektschlüsselkatalog (OSKA), siehe (ALK-Führungserlass 1998).

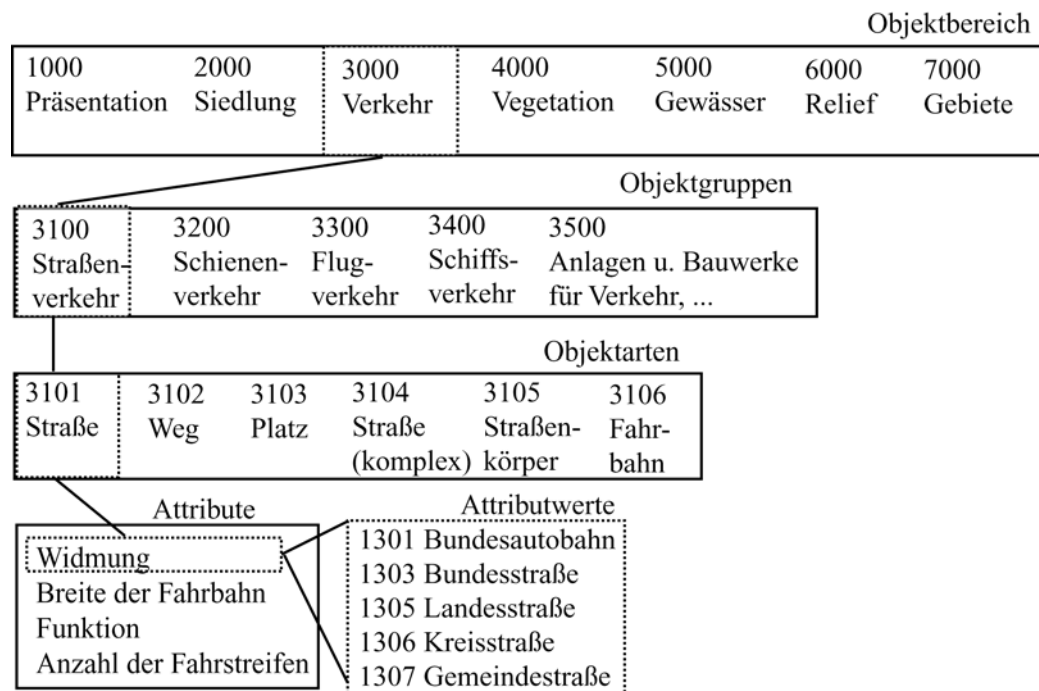


Abbildung 1: Das Konzept der Objekte und Attribute von ATKIS

3 UNTERSUCHUNG DER DATENQUELLEN

Die beiden Datenbestände ATKIS und unterstützend die ALK (Version Niedersachsen) werden hinsichtlich ihrer Objekte untersucht, ob und wie sie sich für eine Extraktion als Landmark zur Anreicherung einer Routenbeschreibung eignen.

3.1 ATKIS-Datenbestand

Stellt man sich die Route als Strichgraphik vor und will man diese mit Zusatzinformationen anreichern, so interessieren als erstes, alle Objekte, welche die Strecke direkt kreuzen. Eine Betrachtung der in ATKIS vorhandenen Daten zeigen vor allem innerhalb des Bereichs Verkehr für die Wegesuche informative Orientierungshilfen auf (siehe Tab.1). Es handelt sich dabei um ausschließlich linienhafte Objekte.

Die zweite Gruppe potenzieller Landmarks befindet sich in den entlang (seitlich) der Wegstrecke gelegenen Objekten bestehend aus punkt- oder flächenförmigen Primitiven (siehe Tab.2).

Für alle Objekte in ATKIS existiert das Attribut des Geographischen Namens (z. B. „Hannover“, „Hauptstraße“), gegebenenfalls zusätzlich der Kurzname (bei Straßen die Widmung „A2“, „B6“). Demzufolge können

alle Objekte, die extrahiert werden, über ihre vierstellige Schlüsselzahl der Objektart zugeordnet und zur Erläuterung mit ihrem Eigennamen beschriftet werden.

Im ATKIS-Objektartenkatalog ist die Objektart Gebäude zwar vorgesehen, aber bis zum jetzigen Zeitpunkt ist noch keine Integration erfolgt. Um an die für die Extraktion von Landmarks wichtige Informationsquelle der Gebäude zu kommen, müssen ALK-Daten zu Hilfe genommen werden.

Tabelle 1: Wegkreuzende Objekte in ATKIS

Objektbereich	Objektgruppe	Objektart
3000 Verkehr	3100 Straßenverkehr	3101 Straße
		3104 Straße (komplex)
	3200 Schienenverkehr	3201 Schienenbahn
		3205 Bahnstrecke
	3500 Anlagen und Bauwerke für Verkehr, Transport und Kommunikation	3513 Tunnel
		3514 Brücke, Überführung, Unterführung
5000 Gewässer	5100 Wasserflächen	5101 Strom, Fluss, Bach
		5102 Kanal (Schifffahrt)

Tabelle 2: Wegbegleitende Objekte in ATKIS

Objektbereich	Objektgruppe	Objektart
2000 Siedlung	2100 Baulich geprägte Flächen	2122 Deponie
		2126 Kraftwerk
		2127 Umspannstation
		2133 Heizwerk
	2200 Siedlungsfreiflächen	2201 Sportanlage
		2213 Friedhof
		2221 Stadion
		2224 Schwimmbad, Freibad
		2225 Zoo
	2300 Bauwerke und sonstige Einrichtungen	2316 Turm
		2317 Schornstein, Schlot, Esse
		2327 Windrad
		2332 Denkmal, Standbild
		2351 Mauer
5000 Gewässer	5100 Wasserflächen	5111 Meer
		5112 Binnensee, Stausee, Teich

3.2 ALK-Daten

In dem hier vorgestellten Ansatz wird aus der ALK nur die so genannte Gebäudefolie verwendet. Alle weiteren Inhalte des Datenbestandes besitzen in diesem Zusammenhang keine Relevanz, da sie entweder in der Außenwelt nicht sichtbar sind (z.B. Flurstücksgrenzen) oder keine neuen Informationen liefern (beispielsweise entspricht die in der ALK nachgewiesene tatsächliche Nutzung der Flurstücke den Objektgruppen 2100 und 2200 im ATKIS-Datenbestand, siehe Tab.2). Die Gebäudetypen, die in der ALK unterschieden werden, sind in Tab.3 aufgeführt.

Tabelle 3: Inhalt der Gebäude-Folie in der ALK (Niedersachsen)

Objektart	Folie	Bedeutung
0931	11	Wohngebäude (Nichtöff. Gebäude)
0932	11	Nebengebäude (Nichtöff. Gebäude)
0933	11	Unterirdisches Gebäude
1101	11	Öffentliches Gebäude

Auch hier wieder ist den Objekten - soweit sinnvoll - das Attribut „Beschriftung“ zugeordnet. Demnach besteht vorwiegend für die Klasse der Öffentlichen Gebäude (wo vorhanden auch für (private) Wohngebäude) die Möglichkeit, diese mit ihrem Eigennamen (z.B. „Lutherkirche“) oder ihrer Funktion („Rathaus“, „Kindergarten“) auszuzeichnen.

Die Selektion aller Gebäude, die eine eben genannte Benennung aufweisen können, entsprechen in der Regel der Definition von Landmarks: Sie ragen architektonisch oder aufgrund ihrer Bedeutung aus ihrer Umgebung hervor. Zusätzlich werden bedeutsame öffentliche Gebäude (Rathaus, Universität, Museum) in der Regel gesondert ausgeschildert und unterstützen dadurch die Wegesuche auch schon bevor die Objekte selber direkt sichtbar sind.

4 ANREICHERUNG DER WEGBESCHREIBUNG UM LANDMARKS

4.1 Praktische Vorgehensweise

Um eine Wegbeschreibung mit Hilfe eines GIS durch Zusatzinformationen zu ergänzen, bedarf es als Voraussetzung einer vorgegebenen Route. Hier erfolgt der Einsatz des kommerziellen GIS-Produktes ArcView 3.2 von der Firma ESRI. Mit der Software ist die automatische Berechnung einer kürzeste Wegesuche möglich, hier ist als Beispiel ein Ausschnitt des

werden selektiert.)

Da die Route einen Ausschnitt aus dem Straßennetz präsentiert, kann diese automatisch mit den Straßennamen beschriftet werden. Ebenso können die extrahierten Objekte mit ihrem (geographischen) Eigennamen („Georgengarten“) oder mit der Titel ihrer Objektart (z.B. „Platz“) in der Präsentation zur Erläuterung textlich erläutert werden. Die Darstellung dieser Route mit den zusätzlichen Landmarks ist in Abb.2 gegeben.

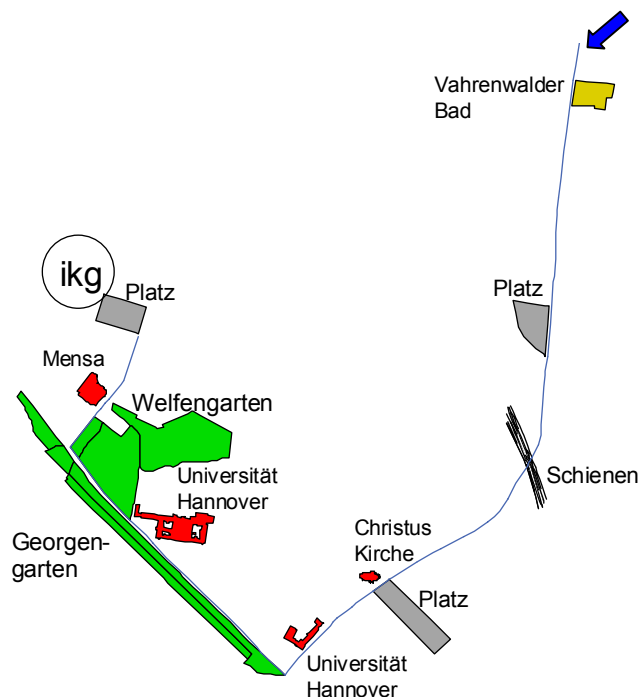


Abbildung 3 : Darstellung des Routenausschnitts mit zusätzlichen (öffentlichen) Gebäuden (Maßstab 1:10.000)

Als Erweiterung werden nun dieser Routendarstellung Gebäude hinzugefügt. Es erfolgt eine Vorauswahl aller Gebäude, die einen Beschriftungszusatz besitzen (der dem Eigennamen oder der Funktion des Gebäudes entspricht), diese werden mit einer gepufferten Route zur Verschneidung gebracht. Der Puffer ist dabei so zu wählen, dass die Gebäude, die direkt benachbart zur Straße liegen (und daher theoretisch von der Route aus sichtbar sind), erfasst werden, auch wenn die Breite der Straße variiert (Wechsel von ein- oder mehrspurigen ausgebauten Straßen). Hier ist durch empirische Untersuchung eine optimale Pufferbreite von 20 m für die Gebäudeextraktion ermittelt worden. Die Gesamtansicht der

Route ist in Abb.3 gegeben, aufgrund der Darstellungseingpässe ist dabei auf die Visualisierung der Straßenbezeichnungen verzichtet worden.

4.2 Fazit

Das präsentierte Beispiel zeigt, dass eine sinnvolle Extraktion von Objekten möglich ist, um eine Routenbeschreibung automationsgestützt inhaltlich anzureichern. Als problematisch erweist sich aber die Visualisierung der extrahierten ATKIS-Objekte, die in dieser ersten Darstellung noch in einer simplen, formtreuen Ausgestaltung verwendet werden. Der Übergang zu einer Präsentationsgraphik nach kartographischen Gestaltungsregeln oder Symbolisierung der Objekte ist für eine gelungene kartographische Kommunikation mit dem Nutzer zu vollziehen. Des weiteren bereitet die automatische Positionierung der Textelemente Schwierigkeiten, wenn die Objektdichte sehr hoch ist und die Beschriftung daher zu dicht aneinander grenzt oder sich überlagert.

Das gleiche gilt für die Präsentation der Gebäude, deren Geometrie direkt aus der ALK übernommen worden ist und die für den hier verwendeten Maßstab von 1:10.000 zu detailliert ist. Daher wird im nächsten Kapitel die angepasste Visualisierung von Gebäuden vorgestellt.

5 VISUALISIERUNG

Im weiteren werden verschiedene Ansätze vorgestellt, welche rein auf *geometrischen Deformationen* der Objekte beruhen und durch die folgenden Generalisierungsfunktionen automatisch ermittelt werden: Vereinfachung, Betonen (Vergrößern, Verkleinern), Aggregation und Verdrängung.

5.1 Applikationsabhängige Visualisierung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, auf graphischem Wege bedeutende Information hervorzuheben. Allen voran sind hier die Graphischen Variablen zu nennen, wo unterschiedliche Farbe, Texturen, Form, etc. die Unterschiedlichkeit der Objekte betonen (Bertin 1974).

Die folgenden Abbildungen zeigen, wie prinzipiell ein Hervorheben eines Objektes gegenüber seiner lokalen Umgebung mittels geometrisch-graphischer Methoden durchgeführt werden kann. In allen Fällen wird davon ausgegangen, dass ein Nutzer ein Gebäude sucht; eine adäquate Präsentation soll ihm helfen, das Zielobjekt sofort zu identifizieren. In Abbildung 4 ist das Zielgebäude mit einem Pfeil markiert. Abbildung 5

zeigt, wie mittels Farbe dieses Objekt hervorgehoben werden kann. Gleichermaßen können auch unterschiedliche Texturen oder Graustufen gewählt werden. Allerdings hat die Farbe bekanntermaßen die trennendste Wirkung.

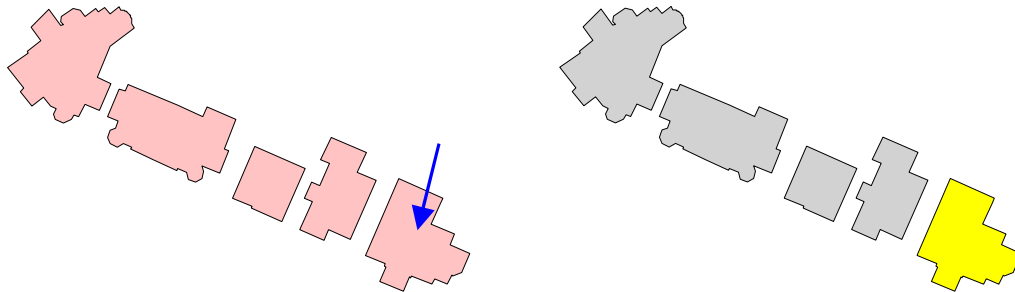


Abbildung 4: Original Situation and Zielobjekt, welches durch einen Pfeil markiert ist (links); Nutzen der Farbe zur Hervorhebung.

Die Hervorhebung durch Modifikation in der Form bzw. Geometrie kann durch Generalisierungsverfahren erreicht werden.

5.1.1 Betonen, Hervorheben

Das Zielgebäude wird vergrößert – seine Nachbarn werden gleichzeitig verkleinert, was zu einer Verstärkung der Betonung führt. Eine weitere Option besteht darin, die Vergrößerung graduell vom Zielobjekt aus abnehmen zu lassen, um so einen glatteren Übergang zu erzielen.

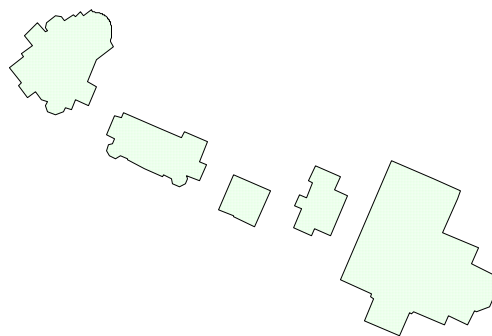


Abbildung 5: Betonen des Zielobjekts durch Vergrößern mit Faktor 1.4; Verkleinern der Nachbarobjekte mit Faktor 0.6.

5.1.2 Vereinfachung

Ein Hervorheben kann auch dadurch erreicht werden, dass das Zielobjekt mit all seinen Details dargestellt wird, währenddessen die

„Hintergrundobjekte“ in ihrer geometrischen Form vereinfacht werden. Dies ist in Abbildung 6 wiedergegeben.

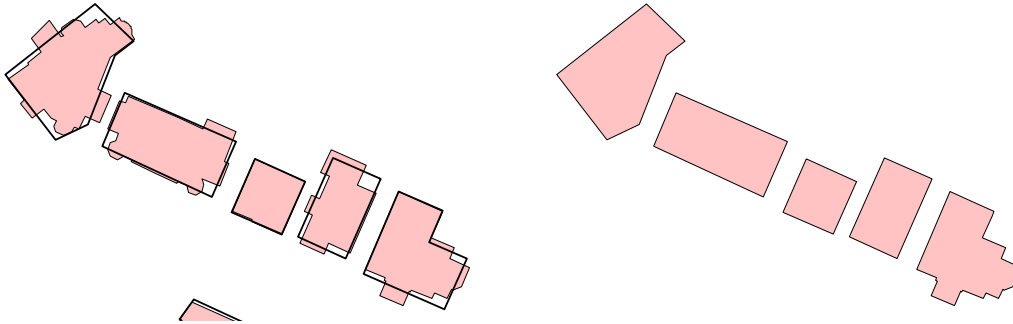


Abbildung 6: Vereinfachung der Objektform: Überlagerung von Original und Vereinfachung (links), Ergebnis der Vereinfachung, wobei das Zielobjekt nicht vereinfacht wird.

5.1.3 Zusammenfassen

Eine weitere Reduktion des Detaillierungsgrades kann durch Zusammenfassen erreicht werden. Die für die momentane Anwendung unbedeutenden „Hintergrundobjekte“ werden zusammengefasst, während das Zielobjekt separat dargestellt wird (siehe Abb.7).

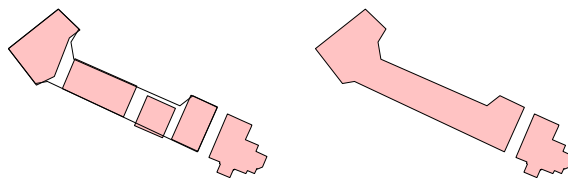


Abbildung 7: Zusammenfassen der Hintergrundobjekte – Separation des Zielobjekts.

5.1.4 Verdrängung

Diese Operation wird benötigt, um geometrische Konflikte, die aufgrund der vorangegangenen Operationen auftreten, zu beseitigen: Beispielsweise kann das Vergrößern eines Objektes dazu führen, dass die Minimalabstände zu seinen Nachbarobjekten nicht mehr eingehalten werden. Verdrängung wird daher eingesetzt, um die räumliche Anordnung der Objekte beizubehalten, sowie graphische Mindestgrößen zu garantieren.

5.1.5 Darstellung in 2.5D

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die 3. Dimension zur Betonung mit heranzuziehen. Abbildung 8 zeigt eine solche Darstellung, die durch

einfaches Zuweisen einer konstanten Höhe an die Gebäudeobjekte erreicht wurde.



Abbildung 8: Visualisierung der obigen Ergebnisse in 2.5D.

5.2 Lösungsansatz

Die obigen Darstellungsmöglichkeiten lassen sich mittels eines integrierten Optimierungsansatzes automatisch bestimmen. Dieser Ansatz beruht auf der Methode der kleinsten Quadrate. Diese erlaubt prinzipiell die Bestimmung von unbekanntem Größen aufgrund gegebener Beobachtungen. Sie ist Basis der in der Geodäsie durchgeführten Messauswertungen, indem sie neben dem Ergebnis (typischerweise die gesuchten Koordinaten) auch noch Qualitäts- und Zuverlässigkeitsaussagen liefert (z.B. Koch 1988).

Im sog. *funktionalen Modell* werden die Beobachtungen als Funktionen der Unbekannten beschrieben. Die Genauigkeit der Beobachtungen wird im *stochastischen Modell* spezifiziert. Sind die funktionalen Beziehungen nicht-linear, so müssen diese linearisiert werden, wobei Näherungswerte für die Unbekannten zugrunde gelegt werden. Die Unbekannten ergeben sich durch Lösung des folgenden Gleichungssystems:

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P (l - f(x_0)),$$

wobei A die Jakobi-Matrix der Ableitungen der Funktionen nach den Unbekannten x darstellt, P die Gewichtsmatrix der Beobachtungen bildet; l sind die Beobachtungen und $f(x_0)$ ist der Funktionswert berechnet aufgrund der Näherungswerte x_0 der Unbekannten. Sind unbekannte Größen und Beobachtungen identifiziert, so kann dieses Schema direkt angewandt werden. Im Falle der Nutzung des Verfahrens für die Generalisierungsoperation „Verdrängung“ werden als Unbekannte die Koordinaten der beteiligten Objektpunkte gewählt. Als Beobachtungen werden zum einen die Soll-Abstände zwischen den Objekten gesetzt; weiterhin werden objektspezifische Beobachtungen eingeführt, welche das Verhalten der Objekte während des Verdrängungsprozesses beschreiben und steuern: die Form, Größe, Orientierung und Position der Objekte.

Mithilfe dieser Beobachtungen und ihrer Genauigkeiten kann beeinflusst werden, ob ein Objekt sich während der Verdrängung auch deformieren darf, ob es seine Orientierung ändern kann, bzw. auch ob und in welchem Maße es überhaupt verschoben werden kann. Diese Beobachtungen werden objektspezifisch aufgestellt; insbesondere werden zwischen allen Objekten Abstandbedingungen formuliert. Hiermit ist garantiert, dass keine Folgekonflikte auftreten können, und Objektverschiebungen immer im Einklang mit den umgebenden Objekten vollzogen werden. Das Ergebnis kann bezüglich der Einhaltung der eingeführten Zwänge anschließend analysiert werden: die sog. Residuen nach der Ausgleichung geben Hinweise darauf, beispielsweise kann die Änderung der Positionskoordinaten der Objekte im Verhältnis zur erlaubten Verschiebung als Maß für die Positionsgenauigkeit herangezogen werden. Diese Maße dienen der Qualitätsbeurteilung und erlauben somit eine Selbstinspektion des Ergebnisses.

In diesen Rahmen lassen sich zwei weitere Generalisierungsoperationen leicht integrieren: die Betonung wird erreicht, indem die Formparameter (d.h. die Objektkanten) vergrößert bzw. verkleinert werden. Aggregation kann erreicht werden, indem die Abstände zwischen den Objekten auf Null gesetzt werden.

Der Prozess der Formvereinfachung von Objekten erfordert typischerweise eine Reduktion in der Anzahl der Punkte, d.h. diskrete Änderungen. Mittels Ausgleichung lassen sich nur kontinuierliche Veränderungen in einer räumlichen Szene modellieren und durchführen. Um dennoch diskrete Operationen zu ermöglichen, müssen die Änderungen a priori berechnet werden und in der Ausgleichung adaptiert werden. Im Falle der Vereinfachung von Gebäudegrundrissen erfolgt dies, indem die diskreten Änderungen durch ein Regelwerk beschrieben werden. Steuerparameter ist dabei die minimale Länge einer Gebäudeseite, die im Zielmaßstab noch wahrgenommen werden kann. Aufgrund dieser Regeln entsteht ein genäherter Grundriss, welcher in Form einer parametrischen Beschreibung als Funktion der ursprünglichen Gebäudeseiten modelliert werden kann. Diese Parameter werden anschließend im Ausgleichungsprozess optimiert, was zu einer Feinanpassung der generalisierten Gebäudeform an die detaillierte Ausgangssituation führt.

Die Komplexität des Verfahrens hängt von Anzahl der Objektpunkte ab – damit steigt diese mit wachsender Anzahl (und Detaillierungsgrad) von beteiligten Objekten. Solange sie jedoch – wie in der Praxis üblich – nur auf kleinen Ausschnitten arbeiten, sind sie somit echtzeitfähig. Weitere

Details zu Generalisierungsmethoden auf der Basis der Ausgleichsrechnung finden sich in (Sester 2001).

5.3 Beispiele

Im folgenden wird vorgestellt, wie diese Generalisierungsoperatoren für die applikationsabhängige Visualisierung eingesetzt werden können. Ausgangspunkt ist eine Routenbeschreibung, in der die Zielobjekte besonders herausgehoben werden sollen. In der räumlichen Situation in Abbildung 9 sind zwei Zielobjekte markiert, die im folgenden mit Hilfe der oben beschriebenen Generalisierungsmethoden hervorgehoben werden.



Abbildung 9: Originalsituation mit zwei verschiedenen Zielobjekten D1 und D2.

5.3.1 Vereinfachung

Durch zunehmende Vereinfachung der Objekte mit wachsendem Abstand vom Zielobjekt soll ein Hervorheben erreicht werden. Diese Vereinfachung wird durch den Steuerparameter der Gebäudegeneralisierung – die minimal wahrnehmbare Länge einer Gebäudeseite im Zielmaßstab – eingestellt. In Abbildung 10 werden zwei bzw. drei verschiedene Generalisierungsstufen genutzt, um die Zielobjekte hervorzuheben: D1 wird mit allen Details repräsentiert, seine Nachbarn mit einem geringen Vereinfachungsgrad (hier 3 m als minimale Gebäudeseite), während die übrigen Objekte stark generalisiert werden (6 m).

5.3.2 Zusammenfassen

Eine weitere Vereinfachung kann durch Aggregation von benachbarten Objekten erfolgen. Abbildung 11, links, zeigt das Zusammenfassen der „Hintergrundobjekte“ und das Freistellen des Zielobjekts D2.

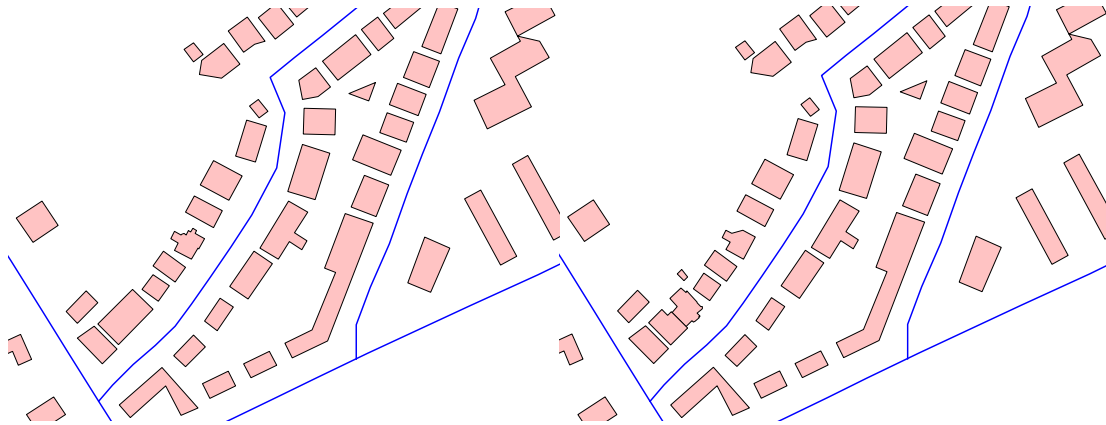


Abbildung 10: Objekte in zwei (links, Zielobjekt D2) bzw. drei (rechts, Zielobjekt D1) unterschiedlichen Generalisierungsstufen: Zielobjekt in voller Auflösung, Nachbarobjekte leicht vereinfacht, alle übrigen Objekte stark vereinfacht.

5.3.3 Betonen: Vergrößern und Verkleinern

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Vergrößerung des Zielobjekts und gleichzeitigen Verkleinerung der übrigen Objekte. Dies führt zu der Darstellung in Abbildung 11, rechts. Wichtig ist zu sehen, dass diese Operationen die Nachbarschaften zwischen den Objekten berücksichtigen und beibehalten müssen – was durch die Abstandsbedingungen des Verdrängungsprozesses erreicht wird.

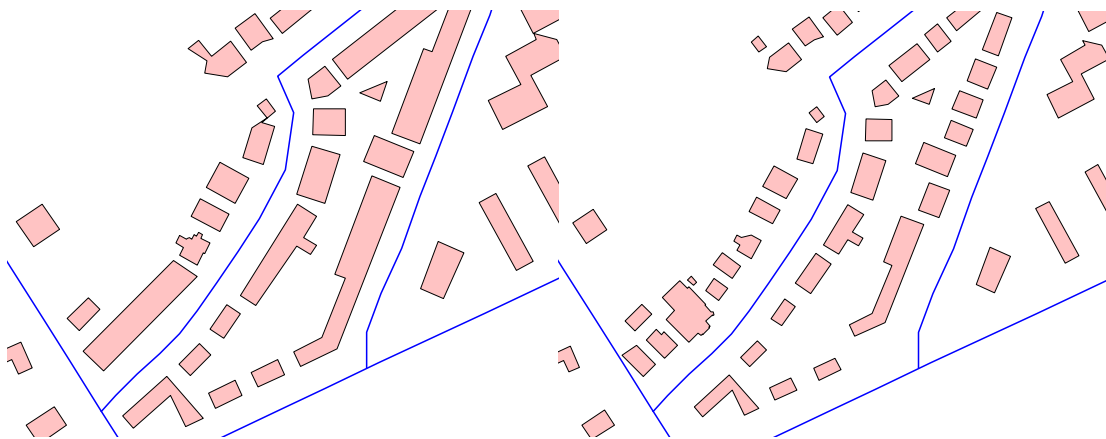


Abbildung 11: links: Zusammenfassen der “Hintergrundobjekte” (Zielobjekt D2). Rechts: Vergrößerung des Zielobjekts D1 (Faktor 1.4), Verkleinerung der Hintergrundobjekte (Faktor 0.6).

5.3.4 Visualisierung in 2.5D

Schließlich können diese Darstellungen noch in 2.5D visualisiert werden. In Abbildung 12 ist dies für die Vereinfachung des Zielobjekts D2, sowie für die Aggregation beispielhaft wiedergegeben. Ein zusätzlicher Freiheitsgrad ergibt sich durch die Hinzunahme der 3.ten Dimension: die Höhe kann ebenfalls zur Hervorhebung der Objekte genutzt werden. In Abbildung 12, rechts, nimmt die Höhe der Objekte mit dem Abstand zum Zielobjekt graduell ab.

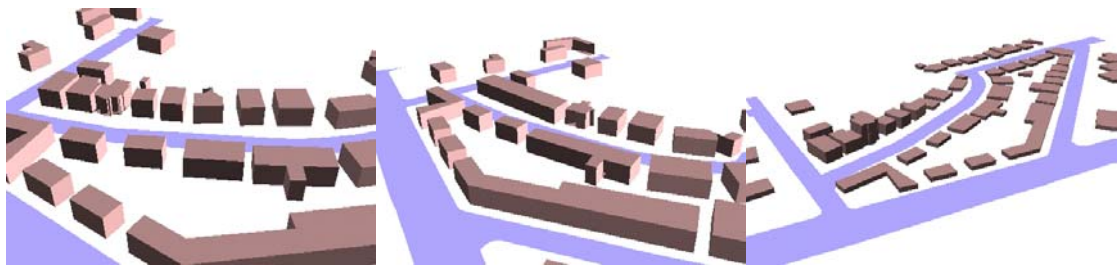


Abbildung 12: 2.5D-Visualisierung: Vereinfachung des Zielobjekts D1 (links), Aggregation der Hintergrundobjekte (Mitte), Graduelle Höhenunterschiede um Zielobjekt D1 (rechts).

6 SCHLUSSBEMERKUNG

Im Beitrag wurden Verfahren vorgestellt, die auf eine automatische Abstraktion von Wegebearbeitungen abzielen. Diese Abstraktion umfasst zum einen eine Auswahl der für die Wegesuche nötigen Objekte, d.h. eine semantische Generalisierung. Um diese selektierte Information in einem zweiten Schritt graphisch auf kleine mobile Endgeräte zu kommunizieren, ist zusätzlich noch eine geometrische Generalisierung nötig.

Zur semantischen Abstraktion wurden zunächst mögliche Landmarks aus bestehenden Datenquellen identifiziert. Diese wurden exemplarisch für eine gegebene Route extrahiert. Die bisher empirisch ermittelten Schwellenwerte für die Pufferbreiten (zum Verschneiden der Objekte mit der Route) sollen zukünftig automationsgestützt über Nachbarschaftsmaße oder über eine Triangulation bereitgestellt werden. Weiterer

Forschungsbedarf ist vor allem in der automatisierten Entscheidung über die Auswahl der zu verwendenden Landmarks zu sehen: Um eine Überfrachtung an Informationen (sowohl inhaltlich als auch visuell) bei der Routenbeschreibung zu vermeiden, müssen die Landmarks nicht nur automatisch aus dem Datenbestand extrahiert werden, sondern auch regelbasiert auf ihre Bedeutung für die Wegbeschreibung hin eingeordnet, bewertet und gegebenenfalls wieder verworfen werden. Dazu sollen Ansätze aus der Informationstheorie untersucht werden.

Für die geometrische Generalisierung wurde eine Toolbox an Verfahren zur Hervorhebung von Objekten vorgestellt. Die Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass sie automatisch ablaufen, und prinzipiell auch echtzeitfähig sind – wesentliche Voraussetzung für mobile Anwendungen, die eine Flexibilität und Adaptionmöglichkeit erfordern. Welche dieser verschiedenen Optionen nun für die menschliche Wegführung optimal sind, gilt es nun anhand von Tests experimentell zu identifizieren.

7 LITERATUR

Agrawala, M.& Stolte, C. (2001): *Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization*. Stanford, CA, USA, <http://graphics.stanford.edu/papers/routemaps/> (besucht am: 02. Mai. 2002)

ALK-Führungserlass (1998): *Verwaltungsvorschrift zur Führung der Automatisierten Liegenschaftskarte in der ALK/ATKIS-Datenbank (Entwurf: Stand 6/98)*. Niedersächsische Vermessungs- und Katasterverwaltung, Niedersächsisches Innenministerium.

ATKIS-OK (2002): *ATKIS-Objektartenkatalog*. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, (AdV), <http://www.atkis.de> (besucht am: 02. Mai 02).

Bertin, J. (1974): *Graphische Semiologie – Diagramme, Netze, Karten*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Golledge, R. (1999): *Human Wayfinding and Cognitive Maps*. In: Golledge, R., Edt.: *Wayfinding Behavior*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, pp. 5-46.

Hake, G., D. Grünreich & L. Meng (2001). *Kartographie*. De Gruyter Verlag.

- Harrie, L., T. Sarjakoski & L. Lehto, (2002): *A Variable-scale Map for Small Display Cartography*. IAPRS Vol. 34, Part 4, "GeoSpatial Theory, Processing and Applications", Ottawa, Canada.
- Højholt, P. (1998): *Solving Local and Global Space Conflicts in Map Generalization Using a Finite Element Method Adapted from Structural Mechanics*. In: T. Poiker & N. Chrisman, Eds.: *Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Data handling*, Vancouver, Canada, pp. 67-689.
- Koch, K.-R., (1988): *Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Lamy, S., Ruas, A., Demazeau, Y., Jackson, M., Mackaness, W. & Weibel, R. (1999): *The Application of Agents in Automated Map Generalization*, In: *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of the ICA*, Ottawa, Canada.
- Lehto, L. and T. Kilpeläinen (2000): *Real-time Generalization of Geodata in the WEB*. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B4, ISPRS, Amsterdam, 2000, pp. 559–566.
- Lichtner, W., (1979): *Kartennetztransformationen bei der Herstellung thematischer Karten*. *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen*, Reihe I, Heft 79, Frankfurt am Main, pp. 109-119.
- Lovelace, K., Hegarty, M. & Montello, D. (1999): *Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments*. In: Freksa, C. & Mark, D., Eds.: *Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*, International Conference COSIT '99, *Proceedings*, Springer Verlag, Germany, pp. 65-82.
- Michon, P.-E. & Denis, M. (2001): *When and Why Are Visual Landmarks Used in Giving Directions*. In: Montello, D., Edt.: *Spatial Information Theory*, International Conference COSIT 2001, *Proceedings*, Springer Verlag, Germany, pp. 292-205.
- Sester, M. (2001): *Maßstabsabhängige Darstellungen in digitalen räumlichen Datenbeständen*, Habilitationsschrift, Deutsche Geodätische Kommission (DGK) Reihe C, Nr. 544.
- Shea, K. & McMaster, R. (1989): *Cartographic Generalization in a Digital Environment: When and How to Generalize*, In: *Ninth International Symposium on Computer-Assisted Cartography*, Baltimore, Maryland, pp. 56-67.

Sorrows, M. & Hirtle S. (1999): *The Nature of Landmarks for Real and Electronic Spaces*. In: Freksa, C. & Mark, D., Eds., *Spatial Information Theory, International Conference COSIT '99, Proceedings*, Springer Verlag, Germany, pp. 37-50.

Tversky, B. & Lee, P. (1999): *Pictorial and Verbal Tools for Conveying Routes*. In: Freksa, C. & Mark, D., Eds.: *Spatial Information Theory, International Conference COSIT '99, Proceedings*, Springer Verlag, Germany, pp. 51-64.

Ware, J. & Jones, C. (1998): *Conflict Reduction in Map Generalization Using Iterative Improvement*. *GeoInformatica* 2(4), 383-407.

Dank: Die Arbeit entstand durch Unterstützung der LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) sowie im Rahmen des EU-Projekts GiMoDig, IST 2000, 30090.