

# Anforderungen mobiler Routenplaner an Datenbanksysteme

Martin Breunig und Wolfgang Bär

Forschungszentrum für Geoinformatik und Fernerkundung (FZG)  
Hochschule Vechta  
Postfach 1553  
D-49364 Vechta  
[mbreunig@fzg.uni-vechta.de](mailto:mbreunig@fzg.uni-vechta.de), [wolfgang.baer@uni-vechta.de](mailto:wolfgang.baer@uni-vechta.de)

**Abstract:** Für neue Datenbankanwendungen wie Geomarketing, Tourismus oder Verkehrstelematik besteht ein wachsender Bedarf an mobilen Tools zur Routenplanung. Bisher fehlt jedoch eine geeignete Datenbankunterstützung. Die Anforderungen von Routenplanern an Datenbanksysteme betreffen vor allem die effiziente Speicherung der Routen und ortsabhängige Datenbank-Anfragen. Ein Großteil der Anfragen ist auf vom Anwender spezifizizierte Teilgebiete beschränkt und sollte daher lokal ohne Verbindung zum Server bearbeitet werden können. In diesem Kurzaufsatz konzentrieren wir uns auf typische Anforderungen. Abschließend wird auf die Beispielanwendung eines Fahrrad-Routenplaners für das Oldenburger Münsterland und auf die kommenden Forschungsaufgaben hingewiesen.

## 1 Einleitung

Spätestens seit der Einführung von Navigationssystemen in Fahrzeugen ist deutlich geworden, dass Software-Systeme zur Routenplanung auf eine effiziente Schnittstelle für raumbezogene Datenbank-Anfragen angewiesen sind [Bri99]. In diesem Kurzaufsatz beschäftigen wir uns mit einer anderen Klasse von Routenplanern, den Freizeit-Routenplanern, beispielsweise zur Planung von Fahrrad-, Kanu- oder Gebirgstouren und deren Anforderungen an Datenbanksysteme.

Im folgenden stellen wir zuerst die Funktionalität vor, die ein Freizeit-Routenplaner mit mobilen Endgeräten bieten sollte und nachfolgend die sich daraus ergebenden Anforderungen an Datenbanksysteme.

## 2 Funktionalität eines Routenplaners mit mobilen Endgeräten

Im Gegensatz zu den derzeitigen – hier als “statisch” bezeichneten – Routenplanungssystemen, sollte ein Routenplaner mit mobilen Endgeräten nicht nur die vorbereitende Planung einer Route unterstützen, derzeit realisiert durch graphische und textuelle Routenbeschreibungen, sondern auch Unterstützung während der Befahrung / Benutzung der geplanten Route bieten. Er sollte im wesentlichen die folgende Funktionalität, aufgeteilt auf Client und Server, aufweisen:

Server:

- Generierung von kürzesten Routen von Punkt A nach Punkt B.
- Generierung von Routen von Punkt A nach B unter Berücksichtigung semantischer touristischer Informationen (z.B. Strecken mit bestimmten Sehenswürdigkeiten bevorzugen).

Mobiler Client:

- Datenbankunterstützung für die standortabhängige Visualisierung der Routen- und Umgebungsinformationen.
- Offline Verwaltung der Touristischen Informationen (sog. points of interest). Hierzu zählen z.B. Sehenswürdigkeiten, Unterbringung und Verpflegung.
- Offline Unterstützung von kleineren Routenabänderungen, um beispielsweise flexibel auf Bauprojekte oder Sperrungen vor Ort reagieren zu können.

### **3 Anforderungen an Datenbanksysteme**

Die offline Unterstützung für Touristische Informationen und kleinere Routenabänderungen bedingen die Transferierung einer Vielzahl von Daten auf das mobile Endgerät. Zusätzlich zur eigentlichen vom Server-System generierten Route sind dies die angrenzenden Strecken für mögliche Routenabänderungen und die touristischen Informationen in einem genügenden räumlichen Bereich zur Route.

Zusätzlich zu der derzeit bereits oft realisierten Datenbankunterstützung auf dem Server zur initialen Routengenerierung wird nun auch eine Datenbankunterstützung für die Verwaltung der Routen- und Informationsdaten auf dem mobilen Endgerät nötig.

#### **3.1 Aufteilung der Datenbank-Funktionalität auf Server und Client**

Aus der Sicht der Datenbankentwicklung bestehen bei der Konzeption eines Routenplaners mit mobilen Endgeräten prinzipiell zwei extreme Möglichkeiten:

- 1) Das gesamte Wegenetz wird zu Beginn der Datenbanksitzung von der Server-Datenbank zur mobilen Datenbank des Clients geladen und dort weiterverarbeitet.
- 2) Das Wegenetz wird auf dem Server verwaltet und Anfragen an die Datenbank werden jedes Mal „on-demand“ vom mobilen Client aus an den Server gestellt und das Ergebnis zurück an den Client übertragen.

Gegen die erste Möglichkeit spricht, dass die zu verwaltende Datenmenge (z.B. „Fahrrad-Wegenetz Niedersachsen“) in der Regel zu groß ist, um auf einem mobilen Endgerät gespeichert oder auf einmal graphisch repräsentiert werden zu können. Die zweite Möglichkeit hat dagegen den Nachteil, dass ständig eine Verbindung zwischen Server und Client existieren muss und die häufige Kommunikation zwischen Server und Client leicht zum „Flaschenhals“ zwischen der Anwendung und dem Datenbanksystem werden kann. Am besten erscheint daher ein Kompromiss geeignet, d.h. das Laden von Teilen des Wegenetzes – jeweils abhängig von der aktuellen Position – zur weiteren Bearbeitung raumbezogener Anfragen auf der mobilen Datenbank.

## **3.2 Datenbanksystem auf dem Server**

Grundlegende Anforderungen für das Datenbanksystem auf dem Server sind die effiziente Speicherung der Routen und die Unterstützung für Routen-Algorithmen auf der gesamten Datenmenge. Desweiteren muss jedoch auch eine gute Unterstützung für die Verwaltung der Umgebungsinformationen, den „points of interest“, gegeben sein. Diese müssen in der Datenbank repräsentiert werden können.

### **3.2.1 Effiziente Speicherung der Routen**

Zur Speicherung von Wegenetzen und Routen bieten sich Graphen als Datentypen an [AjJa94] [BG95] [BR97] [Car97]. Zusätzlich sind jedoch in Routenplanern verschiedene Detailstufen zu unterscheiden, so dass das Abspeichern von Hierarchieebenen ermöglicht werden muss [BR97]. Mit hierarchischen Graphen lassen sich in Knoten und Kanten des Graphen neue Subgraphen einbinden und durch diese Erweiterung lassen sich auch Knoten auf verschiedenen Detailstufen miteinander verbinden. Ferner kann eine Navigation zwischen den Detailstufen realisiert werden. Die Speicherung der Daten ist so zu organisieren, dass insbesondere die Wegesuche [Dij59] in aus mehreren Teilgraphen bestehenden hierarchischen Graphen effizient unterstützt wird. Weiterhin ist die Unterstützung für Anfragen relevant, die die Wegelänge von Routen unterschiedlicher Wegenetze (Detailstufen) miteinander vergleichen. Ein zusätzliches Problem besteht darin, dass weitere Punkte (points of interest) außerhalb des Graphen berücksichtigt werden müssen, auf die ebenfalls effizient zugegriffen werden soll.

### **3.2.2 Unterstützung für Routen-Algorithmen**

Im einzelnen sind für die Routenplanung die folgenden Typen von Anfragen auf Graphen zu unterstützen:

- Kürzeste-Wege-Anfragen und kontextspezifische Anfragen zur Wegesuche (z.B. unter Berücksichtigung der Anzahl der Sehenswürdigkeiten, geringen Steigung, Benutzerprofile).
- Navigation in Graphen (Vorgänger-, Nachfolgeknoten und -kanten etc.).
- Suche in hierarchischen Graphen (Unterscheidung verschiedener Detailebenen des Wegenetzes wie z.B. „Fernradwege – lokales Radnetz“).
- Räumliche Selektion von Teilgraphen (contains und intersect).

## **3.3 Datenbanksystem auf dem mobilen Endgerät**

Eine Benutzung des Routenplaners ohne Verbindung zum Server-Datenbanksystem bedingt die Verwaltung der Routendaten und relevanter Zusatzinformationen auf dem Endgerät. In Anbetracht der daraus resultierenden hohen Datenmenge ist die Unterstützung durch eine Datenbank auch auf dem mobilen Endgerät wünschenswert. Außerdem sind Schnittstellen zu lokalen Audio Guides (z.B. zur Erläuterung der Landschaft oder Sehenswürdigkeiten der Region) und zu externen über drahtlose

Verbindungen zugängliche internet-basierte Dienste [Gig01] (z.B. Wetterdienst) von Interesse.

Die vom Server-Datenbanksystem übertragenen Teilgraphen, welche der Benutzer durch eine räumliche Abgrenzung des gewünschten Gebietes zu spezifizieren hat, erfordern eine Datenbankunterstützung analog dem Server. Während auf dem Server die Grobplanung der Route erfolgte, müssen auf dem Client nun auf der höchst verfügbaren Auflösung des Graphen Details zur Wegbestimmung erfragt werden können. Insbesondere sind Anfragen an den Graphen in Kombination mit punktwise außerhalb des Graphen verfügbarer Information kombinierbar zu halten. Hierzu wäre ein kombinierter Index für den räumlichen Zugriff und den Zugriff in hierarchischen Graphen sinnvoll. Auf dem mobilen Endgerät sind schließlich weitere spezielle Anfragetypen zu unterstützen, die vor allem geometrisch/topologische Anfragen wie Nachbarschaften, Richtungsbeziehungen etc. in Ergänzung zu der im Graphen vorhandenen Wegeinformation betreffen. Eine Anfragesprache mit visueller Unterstützung sollte die neuen Anfragetypen effizient unterstützen.

#### **4 Bisherige Erfahrungen mit Routenplanern**

Der an der Hochschule Vechta in Zusammenarbeit mit dem Verbund Oldenburger Münsterland e.V. entwickelte erste Prototyp eines internet-basierten, statischen Routenplaners [SJ01] berücksichtigt bisher nur die Planung vorausberechneter Routen im Oldenburger Münsterland. Die Benutzerschnittstelle (<http://www.fahrradies.net>) basiert auf HTML-Formularen und JavaScript. Die Routingfunktionalität ist derzeit über den ArcView<sup>®1</sup>-Networkanalyst und ArcView-IMS zur Verbindung mit der Benutzerschnittstelle realisiert. Von den Anwendern als wünschenswert eingestuft ist jedoch eine Erweiterung kontextspezifischer Routen (Eingabe von Benutzerprofilen) und die Einbeziehung verschiedener Detailstufen des Graphen. Schließlich ist als wichtiger Punkt in Zukunft die Portierung auf mobile Endgeräte vorgesehen.

#### **5 Ausblick**

Die Implementierung des internet-basierten Freizeit-Routenplaners auf der Basis derzeitiger kommerzieller Geoinformationssystem-Komponenten hat die Anforderungen an Routenplaner aufgezeigt. In unseren künftigen Arbeiten wollen wir einen datenbankgestützten Prototypen für einen Freizeit-Routenplaner mit mobilen Endgeräten entwickeln. Erste Schritte einer prototypischen Erweiterung der XML-Datenbank Tamino<sup>®2</sup> zur Verwaltung raumbezogener Daten sind Gegenstand der laufenden Arbeiten. Weiterhin ist die prototypische Realisierung eines Clients auf einem mobilen Endgerät (Compac iPAQ) mit Hilfe von PersonalJava vorgesehen. Hierfür wird noch nach einer für Hochschulen kostenfreien, mobilen Datenbank mit Erweiterungsmöglichkeiten in der Programmiersprache Java gesucht. Hinweise werden von den

---

<sup>1</sup> ArcView ist eingetragenes Warenzeichen von ESRI Inc., USA.

<sup>2</sup> Tamino ist eingetragenes Warenzeichen der Software AG, Darmstadt.

Autoren gerne entgegengenommen! Offene Probleme bestehen noch in folgenden Bereichen:

- Effiziente Speicherung der Routen.
- Datenbankunterstützung für (kontextspezifische) Anfragen auf (hierarchischen) Graphen.
- Unterstützung raumbezogener Datentypen in Datenbanksystemen auf mobilen Endgeräten.
- Unterstützung komplexer räumlicher Anfragen in Datenbanksystemen.

Ergebnisse zur Visualisierung von Vektordaten auf mobilen Endgeräten liegen bisher kaum vor. Bezüglich der Visualisierung von Rasterdaten gibt es erste Ergebnisse aus dem Projekt "Mobile Visualization" (MoVi) [Rau00].

### Literaturverzeichnis

- [AgJa94] Agrawal R., Jagadish H.: Algorithms for Searching Massive Graphs. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 6(2), pp. 225-235.
- [Bri99] Brinkhoff T.: Requirements of Traffic Telematics to Spatial Databases. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Intern. Symposium on Large Spatial Databases*, Hong Kong, China. In: LNCS, Vol. 1651, pp. 365-369.
- [BG95] Becker L., Güting R.H.: The GraphDB Algebra: Specification of Advanced Data Models with Second-Order Signature. Techn. Report No. 183 – 5/1995, Fachbereich Informatik, FernUniversität Hagen, 36p.
- [BR97] Buchholz F., Riedhofer B.: Hierarchische Graphen zur kürzesten Wegesuche in planaren Graphen. Techn. Report Nr. 1997/13, Institut für Informatik, Universität Stuttgart, 12p.
- [Car97] Car A.: Hierarchical Spatial Reasoning: Theoretical Consideration and its Application to Modeling Wayfinding, Geoinfo Series, Vol. 10, Dept. of Geoinformation, Technical University of Vienna, published Ph.D. thesis, Vienna, Austria.
- [Dij59] Dijkstra E.W.: A Note on two Problems in Connection with Graphs. *Numerische Mathematik* (1), pp. 269-271.
- [Gig01] Giguère E.: Mobile Data Management: Challenges of Wireless and Offline Data Access. *Proceedings of the 17<sup>th</sup>. Intern. Conference on Data Engineering*, Heidelberg, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, pp. 227-228.
- [Rau00] Rauschenbach, U.: Bedarfsgesteuerte Bildübertragung mit Regions of Interest und Levels of Detail für mobile Umgebungen. Dissertation, Ingenieurwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock.
- [SJ01] Schneeweiß H., Jung S.: "Fahrradies" - Radtouren planen im Internet, Deutsche ESRI Anwender Konferenz, München, 8p.