

Datenbankbasierte Implementierung mobiler Straßennavigationssysteme

Matthias Bernauer
Freiburg im Breisgau

I. Einführung

Dieses Dokument beschäftigt sich mit der Implementierung eines mobilen Straßennavigationssystems, das auf unterschiedlich Endgeräten einsetzbar sein soll und daher systemunabhängigen Anforderungen gerecht werden muss. Neben der zu implementierenden Straßennavigation soll das System multimediale Informationen zu Objekten der näheren Umgebung liefern. Mit Text- und Sprachnachrichten, Bildern und Videos sollen Touren und Städteführungen ermöglicht werden, Nachrichten und Informationen zu örtlichen Objekten angeboten und der Kunde sicher durch zuvor ausgewählte Routen navigiert werden. Dabei soll das System offen für interaktive Erweiterungen und die Integration bestehender mobiler Anwendungen sein. Schwerpunktmäßig wird der interne Ablauf der Datenhaltung und -organisation beschrieben. In groben Umrissen wird in Form von Einsatzszenarien auf die Kommunikation mit spezifischen Endgeräten und bestehenden Interfaces eingegangen.

II. Navigation

1. Anforderungen an das Dateiformat

Die Grundlage für die Navigation ist die Bereitstellung von Verbindungsdaten zur jeweiligen Region. Damit Algorithmen zur Routenberechnung, die Darstellung der eigenen Position auf einer Straßenkarte oder das Angebot weiterer Informationen zur aktuellen Umgebung erfolgen können, müssen alle verkehrsrelevanten Daten zur Verfügung stehen. Auf Grund der flexiblen Anforderungen an das Kartenmaterial kommt die Ablage der Daten im *Bildformat* nicht in Frage. Bei der Anzeige der aktuellen Umgebung muss es vielmehr möglich sein, relevante Informationen hervorzuheben und ggf. irritierende Daten auszublenden. So soll es bei einer vorgegebenen Route möglich sein, die berechnete Strecke farblich hervorzuheben und angrenzende Straßennamen einzublenden. Beim Heran-Zoomen müssen Hausnummern eingeblendet werden können und die Darstellung der Karte maßstabsgetreu angepasst werden. Änderungen und Ergänzungen müssen ohne umständliche und zeitaufwändige Updates am Kartenmaterial möglich sein. Für die Berechnung von Abständen sowie kürzester bzw. schnellster Weg müssen die Verbindungsdaten in einem Format gespeichert werden, das nicht nur die Darstellung der Umgebung in unterschiedlichen Maßstäben und Varianten zulässt, sondern auch mathematische Berechnungen ermöglicht.

2. Speicherung der Verbindungsdaten

Um diesen beispielhaft aufgezeigten Anforderungen gerecht zu werden als auch größt mögliche Flexibilität für die Erfüllung weiterer Anforderungen zu gewährleisten, werden die Verbindungsdaten daher komponentenweise in Tabellen abgespeichert. Einzelne Straßen, Wege oder auch Schienen werden zunächst in gerade Verbindungsstücke aufgeteilt und mit den Längen- und Breitengraden beider Endpunkte in der Tabelle abgelegt. Runde Straßenverläufe werden somit in einen kantigen Polygonzug zerlegt, der stückweise in der Verbindungstabelle „*Verbindungsstücke*“ abgespeichert wird. Damit klar bleibt, welche Verbindungsstücke zusammengehören werden sie einer eindeutigen

Nummer, der Verbindungs-ID zugewiesen. Unter dieser ID lässt sich in der damit verknüpften Tabelle „*Verbindungen*“ der Name und Typ der Verbindung ermitteln. Um Redundanzen und die damit verbundenen Probleme zu vermeiden, werden diese Informationen gemäß dritter Normalform (3NF) in getrennten Tabellen gehalten.

Nach dem selben Schema gibt die verknüpfte Tabelle „*Verbindungstypen*“ Aufschluss über die Art der Verbindung. Mit dieser Information kann dem Anwender nicht nur mitgeteilt werden, ob er sich in einer Einbahn-, auf einer Land- oder Bundesstraße befindet, sondern werden zugleich Auswahlkriterien für die Erstellung der Route geliefert. Wünscht der Anwender die schnellste Route zu einem festgelegten Ziel oder nimmt er als Tourist einen längeren Weg, dafür vorzugsweise jedoch in Fußgängerzonen in Kauf, liefert das Datenbanksystem durch diese Verknüpfung die geeigneten Informationen.

Weiterhin gibt der Verbindungstyp Aufschluss über die Darstellung des entsprechenden Streckenabschnitts auf der 2D-Karte, so dass realitätsnahe Größenverhältnisse gewählt und die Orientierung damit verbessert werden kann. Die für die Straßen, Schienen und anderen Verbindungsarten bestimmten Symbole, werden ebenfalls in der Datenbank als Bilddatei (Tabelle „*Mediapool*“) abgelegt.

Um einzelne Straßen oder andere Verbindungstypen miteinander zu verbinden, wie es bei Kreuzungen, Fortführung unter anderem Straßennamen oder Übergängen in eine andere Verbindungsart (z.B. Autobahn geht in Schnellstraße über) notwendig ist, ist eine zusätzliche Relation „*Konnektoren*“ erforderlich. Ein Test auf identische Längen- und Breitengrade genügt nicht, wie das Beispiel einer Unterführung oder Brücke zeigen. Beim Betrachten der entsprechenden Stelle auf der 2D-Karte kann ohne die explizite Angabe nicht unterschieden werden, ob es sich nun um eine Kreuzung zweier Straßen handelt oder die Verbindungen vertikalen Abstand zueinander haben. Auch diese Tabelle greift auf die Relation *Mediapool* zurück, um die verschiedenartigen Kreuzungen, Brücken, Autobahndreiecke, u.ä. unterschiedlich und realitätsnah darstellen zu können.

3. Kommunikation mit der Datenbank

Fordert das jeweilige Navigationsgerät nun Informationen zu einer bestimmten Umgebung an, hängt das Ergebnis von mehreren Parametern ab. Verfügt das mobile Endgerät über einen GPS-Empfänger, übermittelt es den Längen- und Breitengrad der aktuellen Position an das Datenbanksystem. Stehen diese Daten nicht zur Verfügung oder können nach einer längeren Unterbrechung des GPS-Signals nicht mehr zuverlässig genug geschätzt werden, so steht dem Anwender die manuelle Eingabe seiner Position durch Angabe der Straße und Postleitzahl zur Alternative. Durch die Verknüpfung der Relation „*Verbindungen*“ mit „*Verbindungsstücke*“ können damit die Geo-Koordinaten abgefragt werden. Diese Funktion ist insbesondere auch zur Bestimmung des Zielortes bei der Berechnung von Routen erforderlich.

Abhängig vom Gerät des Anwenders befindet sich auf diesem nicht nur das Navigationsprogramm, sondern ggf. die dazugehörige Datenbank. Andernfalls, wie im Falle eines Handys ohne genügend Flash-Speicher, erfolgt die Kommunikation mit dem Datenbanksystem über GPRS zu einem zentralen Server.

Neben der Angabe der aktuellen Position ist die Übermittlung des Maßstabes an die Datenbank erforderlich, um die ggf. angeforderte Karte entsprechend zu skalieren. In Abhängigkeit übermittelter Parameter wird bestimmt, ob Gebäude und Objekte ausgeblendet, Hausnummern oder Straßennamen angezeigt oder berechnete Routen speziell eingefärbt werden. Als Ergebnis auf diese parametrisierten Anfrage liefert das Datenbanksystem DBS ein dynamisch generiertes Bild zurück. Ausgehend vom manuell eingegebenen Startpunkt oder aber der eigenen Position, bestimmt das DBS zunächst die Koordinaten im Zentrum der 2D-Karte. Anhand des Maßstabes legt das DBS den abzubildenden Umkreis (bzw. quadratischen Umgebungsausschnitt) fest und ermittelt alle betroffenen Objekte und Verbindungsstücke wie folgt:

- Aktuelle Position sei die Friedrichsstr. in 79098 Freiburg, 100m Umkreis sollen angezeigt werden
- `SELECT id FROM Verbindungen WHERE Name LIKE '%Friedrichsstraße%' AND PLZ = '79098'` liefert als internes Zwischenergebnis die eindeutige Nummer der Friedrichsstraße, z.B. 142.833

- Mit *SELECT Laenge1 AS X, Breite1 AS Y FROM Verbindungsstücke WHERE Vid = '124833' LIMIT 1* werden daraufhin die Koordinaten einer beliebigen Stelle der Friedrichsstraße bestimmt. (Dieses Verfahren kann durch Angabe einer Hausnummer präzisiert werden)
Das Ergebnis lautet in diesem Beispiel: X=7.8460, Y=47.9989
- Der Umkreis von 0.1 km wird in Längen- und Breitengrade umgerechnet (kein fester Faktor, sondern abhängig von der Position) und die Verbindungen im entsprechendem Gebiet abgefragt
*SELECT * FROM Verbindungsstücke WHERE (Laenge1 BETWEEN (X - TO_L(0.1, X)) AND (X - TO_B(0.1, X))) AND Breite1 BETWEEN ...)*
- Als Zwischenergebnis wird eine endliche Anzahl gerader Verbindungsstücke zurückgegeben, aus welchen eine Grafik generiert und an das Navigationsgerät geschickt wird

Der geschilderte Vorgang zeigt die Vorgehensweise im einfachsten Fall und bietet Schnittstellen zu weiteren Ergänzungen. So können vor dem Erstellen der Karte (Bilddatei) weitere, der Orientierung behilfliche Objekte wie Bahnhöfe, Tankstellen, o.ä. hinzugefügt, der eigene Standpunkt mit einem Punkt markiert oder das Ziel mit einem Fähnchen versehen werden.

Steht dem Gerät ein Kompass oder gleichwertiger Sensor zur Verfügung, kann die Blickrichtung an das DBS übermittelt und die Karte entsprechend ausgerichtet werden. Die Einblendung eines Kompasses in das generierte Bild verschafft dem Anwender Gewissheit über seine aktuelle Position. Zusätzlich kann mit einem kleinen Balken der aktuelle Maßstab dargestellt werden, um den Kunden die Entfernung zum nächsten Wegpunkt besser zu veranschaulichen und einschätzbar zu machen. Noch genauere Daten erhält der User auf der maximalen Zoom-Einstellung, in der die Straßennamen durch Hausnummern ergänzt werden können. Dazu werden weitere Informationen in der Relation „Gebäude“ abgefragt, in der die genaue Position der anliegenden Häuser verzeichnet ist. Die Implementierung dieser Zusatzfunktion verursacht zunächst zwar ein erhebliches Datenaufkommen, kann jedoch in einem späteren Schritt zur Ergänzung um Telefonbuchdaten, Branchenverzeichnisse oder Wohnortangabe im Rahmen des Community-Projekts (Kapitel IV) verwendet werden. Je nach eingestelltem Zoom-Level oder Anfrageoption werden nur ein Teil der verfügbaren Hausnummern auf der Karte angezeigt, um unlesbare Überlagerungen zu vermeiden. So ist es auf dem kleinen Display eines Handys ausreichend, die Hausnummern an den End- und Krümmungspunkten der Straße anzugeben, um bereits eine aussagekräftige Darstellung zur verbesserten Orientierung zu erhalten.

4. Berechnung benutzerdefinierter Routen (Standardmethoden)

Kennt der Benutzer des Systems bereits sein Ziel, kann er sich durch dessen Eingabe die Route in unterschiedlichen Varianten berechnen lassen. Wünscht er den kürzesten Weg, ermittelt das Datenbanksystem mittels dem Kruskal-Algorithmus oder einem Verfahren aus der Breitensuche die optimale Strecke aus dem Netz der gespeicherten Verbindungsstücke. Dazu ist eine rekursive Anfrage über den Relationen Verbindungsstücke und Konnektoren notwendig. Moderne Datenbanksysteme stellen Funktionen wie *Connect_by_Prior* bereit, um derartige Algorithmen innerhalb einer Datenbankabfrage durchzuführen und das rekursive Verfahren nicht mittels riesiger Hilfstabellen oder sogar externer Anwendungen ausführen zu müssen. Damit kann der Entwickler des Navigationssystems auf einfache Weise auf bestehende und zugleich korrekte, vollständige und optimale Algorithmen zurückgreifen ohne diese neu implementieren zu müssen. Probleme in der Routenberechnung lassen sich somit auf bekannte Lösungen in der Graphentheorie diskreter algebraischer Strukturen sowie Ansätze aus der Künstlichen Intelligenz reduzieren und vermeiden. Das System führt den Anwender somit weder im Kreis herum (Zyklen), endet nicht plötzlich in Sackgassen oder gerät auch nicht in endlose Berechnungen bei nicht existierender Lösungen, wie sie bspw. bei der Suche nach einer Verbindung von Sydney nach Berlin vorkommen könnte.

Wählt der Kunde lieber den schnellsten Weg zu seinem Ziel, erfolgt dies unter Verwendung des bereits erwähnten Algorithmus. Um den Zeitbezug herzustellen, können die Distanzen einzelner Verbindungsstücke entsprechend ihres Verbindungstyps mit festgelegten Faktoren multipliziert werden, so dass bspw. Landstraßen stärker gewichtet werden als Autobahnen. Damit wird erreicht, dass die Auswahl unter äquidistanten Strecken zu Gunsten der schnelleren Verbindungsart ausfällt und der gleiche Algorithmus durch einfache Modifikation angewandt werden kann. Lieferte der Algorithmus in seiner ursprünglichen Variante die kürzeste Strecke, wird diese nun durch den vom Verbindungstyp

abhängigen Faktor künstlich verlängert. Das Ergebnis kann als Zeitaufwand für die Zurücklegung des Abschnitts betrachtet werden. Der Algorithmus sucht auch in diesem Fall den minimalen Abstand – nun bezogen auf die Dauer der Fahrt bzw. des Weges.

5. interaktive Routenberechnung (dynamische Gewichtung)

Wird die Gewichtung nicht anhand des generellen Verbindungstyps durchgeführt, sondern bemüht sich der Verwalter des Systems um die individuelle Gewichtung der einzelnen Straßen, Passagen und Wege, eröffnet dies weitreichende Möglichkeiten. Der Benutzer hat nun die Möglichkeit das Verhältnis aus kürzestem und sehenswertem Weg festzulegen und kann an Abschnitten seiner Route bestimmen, den 'schöneren' Weg zu folgen. Diese aufwendige Gewichtung könnte als Community-Projekt implementiert oder aber an gemeinnützige Vereine abgegeben werden. So wären die Einwohner einer Stadt in der Lage über ein dafür extra eingerichtetes Frontend im Internet, sehenswerte Plätze, lohnenswerte Fußgängerpassagen oder zu meidende Wege anzugeben und ortsfremden Benutzer des Systems die automatische Navigation entsprechend der heimischen Empfehlung zu ermöglichen. Die Relation „Verbindungen“ müsste dazu um das Attribut „Gewichtung“ ergänzt werden, welches den Standardwert Null enthielte. Gemäß der Anzahl positiver und negativer Bewertungen zur Abgabe der Stimme berechtigter Einwohner kann daraus ein neuer Wert berechnet werden. Noch genauere Empfehlungen können mit der Anbringung dieser zusätzlichen Spalte in der Tabelle „Verbindungsstücke“ erreicht werden. Insbesondere bei langen Straßen, deren Ursprung in einer noblen Gegend liegt, die Straße nach Kilometern jedoch in einem kriminellen Viertel enden mag, verhilft diese Differenzierung zur genaueren Beurteilung und Navigation des auswärtigen Anwenders. Mit der später näher erläuterten Einführung von Benutzerprofilen erhält der Anwender selbst die Möglichkeit, aus der Vielzahl abgegebener Bewertungen, die für ihn relevante Straßenführung zu bestimmen. Anhand angegebener Interessen erstellt der Benutzer ein persönliches Profil, das ihm die Navigation durch fremde Gebiete ohne sein Zutun automatisch und individuell ermöglicht. So erfolgen die Gewichtungen von Straßen oder Streckenabschnitten nicht mehr pauschal über einen berechneten Endwert im jeweiligen Datensatz. Vielmehr wird eine eigene Tabelle „Verbindungsgewichtungen“ erzeugt, die durch die mehrdimensionale Angabe von Gewichtung der einzelnen Streckenabschnitte ein nicht mehr zu steigerndes Maß an Differenzierungsfähigkeit bereit stellt. Was bedeutet dies konkret?

Während der Benutzer durch Wahl von „Routenberechnung gemäß Empfehlungen der Einwohner“ mit der eben erläuterten Ergänzung am DBS auf einfache Weise in Anspruch nehmen kann, bietet die Erstellung einer weiteren Tabelle weitere Auswahlmöglichkeiten. Der lokale Wandersportverein kann eine eigene Rubrik zur „Routenberechnung naturliebender Benutzer“ einrichten, welche Wegabschnitte entlang ruhiger Straßengassen, sprudelnder Bäche, See-Gebiete oder Waldabschnitte positiv hervorhebt. Gleichzeitig bleibt Unternehmern der Stadt die Möglichkeit, die Einkaufspassagen in der „Shopping-Routenberechnung“ geltend zu machen.

Auf Grund der Vielzahl von Interessensgruppen scheiterte zwar nicht das Navigationssystem samt des zugrunde liegenden DBS – die Übersichtlichkeit und Bedienbarkeit der Anwendungen würde jedoch im erheblichen Maße beeinträchtigt. Der Anwender wüsste in der Vielzahl gegebener Routenberechnungsoptionen keinen Rat bei der manuellen Auswahl und ist daher auf die automatische Unterstützung angewiesen. Im dritten Kapitel „Userprofile“ wird dazu eingehend die Implementierung personenbezogener Dienste behandelt. Durch Angabe von Interessen und Abneigungen erstellt der Kunde dabei sein eigenes Profil, wobei auch die Erstellung mehrerer Profile für den jeweiligen Anlass bzw. Einsatz des Navigationsgerätes möglich ist und auch auf vorgefertigte Profile zurückgegriffen werden kann. Durch die Auswahl des jeweiligen Profils nimmt der Benutzer interaktiven Einfluss auf das Verhalten des Navigationsgerätes. Gibt er sich als unternehmenslustiger Teeny aus, der gerne Diskotheken besucht und Kultur meidet, zugleich jedoch über wenig Jahresgehalt verfügt, schlägt im das System Routen gemäß der Empfehlung des jeweiligen Interessenverbandes vor und führt ihn zu preiswerten Abendveranstaltungen ohne kulturellen Aspekt.

6. vordefinierte Routen

Neben diesen dynamisch erstellten Routen, deren Zusammenstellung von der sich veränderbaren Gewichtung abhängt, können statische Routen und Wegvorgaben in das System eingepflegt werden. So kann dem lokalen Tourismus-Verband, der Stadtverwaltung oder anderen Organisationen Zugangsberechtigungen eingeräumt werden, mit denen feste Wanderwege, Städtetouren oder vergleichbare Strecken abgespeichert werden können. Damit nicht jeder Streckenabschnitt samt Angabe der jeweiligen Koordinaten erneut erfasst werden muss, wird die Relation „Verbindungsstücke“ um einen weiteren Identifier „VSid“, der über eine Nummer jeden einzelnen Streckenabschnitt eindeutig identifizierbar macht, erweitert. In der zusätzlichen Tabelle „Routen“ können von zugangsberechtigten Personen neue Wegstrecken definiert werden. Dazu wird zunächst eine fortlaufende, eindeutige Routen-ID vergeben. Die Tabelle „Routendetails“ schafft die Verknüpfung zwischen der in „Routen“ abgelegten Beschreibung zu den einzelnen Streckenabschnitten, wie sie in „Verbindungsstücke“ bereits gespeichert sind. Die in Kapitel III beschriebene Implementierung von Benutzerprofilen regelt zugleich die Zugangsberechtigung und Rechteverteilung für das Erstellen von Routen und die in Kapitel II erläuterten Erstellung von Points of Interests. Wurde einem Kunden (hier in der Rolle als Anbieter) die zur Erstellung von Routen erforderlichen Schreib- und Änderungsrechte erteilt, kann dieser neue Routen bequem über eine Internet-Applikation zusammenstellen. Dazu definiert er zunächst eine neue Route, der er eine kurze Beschreibung, bspw. „Waldspaziergang auf dem Freiburger Schlossberg“ hinzufügt. Auf einer Straßenkarte im Internetportal fügt er durch Anklicken der entsprechenden Wegabschnitte nun eine neue Route zusammen. Dabei kann der Anbieter auch auf bereits bestehende Wegstrecken zurückgreifen, diese modifizieren und als neue Route speichern. Im Hintergrund operiert die Datenbank wie folgt:

- Der privilegierte Kunde gibt eine Bezeichnung ein und klickt auf 'erstellen':
INSERT INTO Routen VALUES (nextID(), 'Waldspaziergang auf dem Freiburger Schlossberg');
Die Funktion nextID() liefere die nächst höhere, noch freie Nummer 412 zurück.
- Der Kunde selektiert die Streckenabschnitte auf der Karte, bspw. das Wegstück 24712:
INSERT INTO Routendetails VALUES ('412', '24712')
Dieses Wegstück ist in der Tabelle „Verbindungsstücke“ mit den Koordinaten der Endpunkte genau definiert und ist einer weiteren Nummer, der VID zugeordnet. Mit dieser VID, kann der Name der Verbindung ermittelt werden.

Auf diese Weise kann jeder registrierte Anbieter eigene Routen zusammenstellen und den Benutzern des Navigationssystems als empfehlenswerte Tour oder Stadtführung bereitstellen. Damit dieser Service jedoch nicht an der Vielzahl gut gemeinter Reisevorschläge in einer unübersichtlichen Angebotssammlung untergeht, in der sich der Anwender nicht mehr zurecht findet, beschreibt Kapitel III die Möglichkeit, die Routenerstellung als kostenpflichtige Dienstleistung einzuführen. Dem zahlenden Kunden kann dann ein entsprechender Zugang über ein Internetportal entweder nur zeitbegrenzt oder mit einer limitierten Möglichkeit zur Erstellung von Wegstrecken eingerichtet werden. Diese Limitation kann sich auf die Anzahl der Routen, der verwendeten Streckenabschnitte, der Länge der Route oder auch auf Begrenzung des auswählbaren Gebietes beziehen. So kann der hiesigen Stadtverwaltung die Berechtigung nur für den regionalen Bereich erteilt werden, indem Streckenabschnitte außerhalb des Koordinatenbereichs blockiert werden. Befürwortet der Betreiber des Navigationssystem jedoch die gemeinnützige Variante ohne Erhebung von Gebühren, kann durch statistisch erhobene Daten zum Abfrageverhalten der Routen ein Ranking ermittelt und unnötige Varianten einer ähnlichen Strecke entfernt werden.

7. Interaktion mit dem Navigationsgerät

Sind Start- und Zielpunkt der Reise oder auch des Spazierganges bekannt und steht die Option für die Routenberechnung fest, so kennt das DBS den optimalen Weg und schlägt diesen vor. Relevante Punkte sowie die abzulaufende/-fahrende Strecke werden farblich hervorgehoben. Bevor das für die Darstellung der 2D-Karte erstellte Bild an das anfragende, mobile Navigationsgerät übermittelt wird, werden zur Navigation hilfreiche Pfeile und Navigationsanweisungen eingeblendet. Verfügt das Gerät nicht über einen entsprechenden Kompass-Sensor, werden die Instruktionen zum Abbiegen gemäß der zu erwartenden Bewegungsrichtung eingefügt.

Auf Grund des mobilen Einsatzes ändert sich die Position des Anwenders selbstverständlich ständig. GPS-Geräte werden daher in vom User festlegbaren Intervallen neue Anfragen an das DBS stellen und die Informationen in regelmäßigen Abständen aktualisieren. Steht dem Gerät, wie es beim Einsatz der Software auf Handys vorkommen wird, kein GPS zur Verfügung, werden der Karte Wegpunkte hinzugefügt, die durch manuelle Eingabe als erreicht markiert und die Karte daraufhin aktualisiert werden kann.

Entscheidet sich der Handybesitzer auf Grund beschränkter Ressourcen oder zur Vermeidung von Verbindungskosten, die grafische Anzeige zu deaktivieren und in den Textmodus zu wechseln, so liefert das DBS anstelle von 2D-Karten textuelle Instruktionen, zur Befolgung der berechneten Route aus. Verfügt das Handy über eine Sprach-Engine, können dem Benutzer diese Navigationshinweise vorgelesen werden, ohne weiteres Daten-Aufkommen zu verursachen. Dieser Komfort kann für allgemeine Hinweise und Textbausteine wie „X Meter gerade aus“, „dann rechts abbiegen“ auch durch Versand oder der festen Implementierung von Sprachnachrichten ersetzt werden, wird jedoch nicht dem Informationspotential des zugrunde liegenden Datenbanksystems gerecht. Entsprechend parametrisierte Anfragen veranlassen das DBS hingegen zur Erstellung von Textnachrichten, die das Handy mit detaillierten Informationen versorgen. Durch Ergänzungen aus dem im Kapitel II vorgestellten Content-Bereich sind Anweisungen wie „folgen Sie der Straße 200m bis zur Johannes-Kirche und biegen Sie dann links ab“ ebenso möglich, wie die bereits von standardmäßigen Navigationsgeräten bekannten Funktionen zur Suche und Berechnung der Route zur nächst gelegenen Tankstelle, Apotheke oder Unterkunft. Nach dem selben Konzept wird dieses Verfahren um weitere Objekte wie Diskotheken, Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel und kulturelle Plätze erweitert. Da diese Objekte jedoch nicht zwangsläufig an Straßen anliegen oder sich in den bereits erfassten Gebäuden befinden, werden die Koordinaten der sog. *Points of Interests* objektbezogen im Content-Bereich gespeichert. Somit ist dieser Bereich weitgehend eigenständig nutzbar und kann als zweite Ebene auf der erstellten Standortkarte betrachtet werden, ohne auf die Relationen der Navigation zurückgreifen zu müssen.

8. graphische Erläuterung zum Datenbankschema

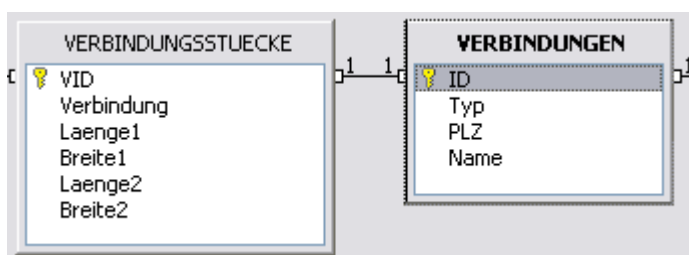
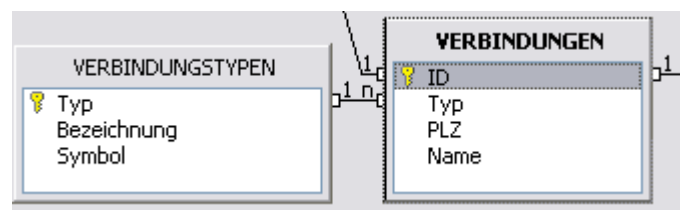


Zu jeder Verbindungsstrecke existiert ein Eintrag in der Tabelle *Verbindungen* (ID, Typ, PLZ, Name) wie folgt:

('27038', 'O', '79106', 'Neunlindenstraße');
 ('27039', 'O', '79106', 'Hartmannstraße');
 ('11284', 'DB', '79106', 'DB-0382');
 ('27022', 'O', '79106', 'Kaiserstuhlstraße');

Der *Verbindungstyp* wird in der verknüpften Tabelle erläutert und mit einem Symbol für die Darstellung auf der Karte gespeichert.

('B', 'Bundesstraße', <Binärcode>);
 ('O', 'Ortsstraße 2-spurig', <Binärcode>);
 ('DB', 'Gleis 1-spurig', <Binärcode>);



Um die Verbindungen mit ihren Koordinaten auch bei nicht-geradlinigen Verläufen zu erfassen, werden sie in gerade Streckenabschnitte unterteilt (siehe gelbe Markierung) und einzeln in der Tabelle *Verbindungsstücke* abgelegt. Anhand der gleichbleibenden VID lässt sich die Zusammengehörigkeit der einzelnen Teile sowie der Name und Typ der Verbindung ermitteln.

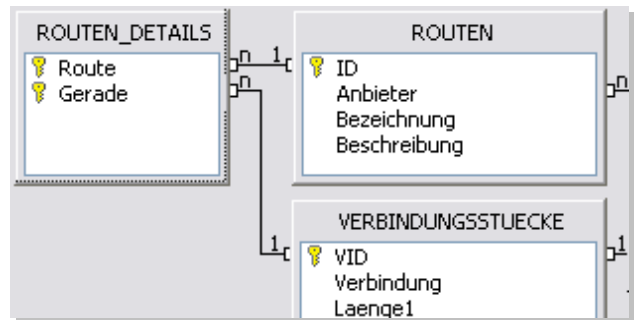
('27038', '3227038', '7.8601', '47.9792', 7.8603, '47.9755');
 ('27038', '3227039', '7.8603', '47.9755', 7.8609, '47.9758');
 ('27038', '3227040', '7.8609', '47.9758', 7.8605, '47.9824');

Durch die Zuordnung eindeutiger Nummern für jeden einzelnen Streckenabschnitt, können später Routen einfach zusammengestellt werden. Zunächst werden diese jedoch wie folgt definiert:

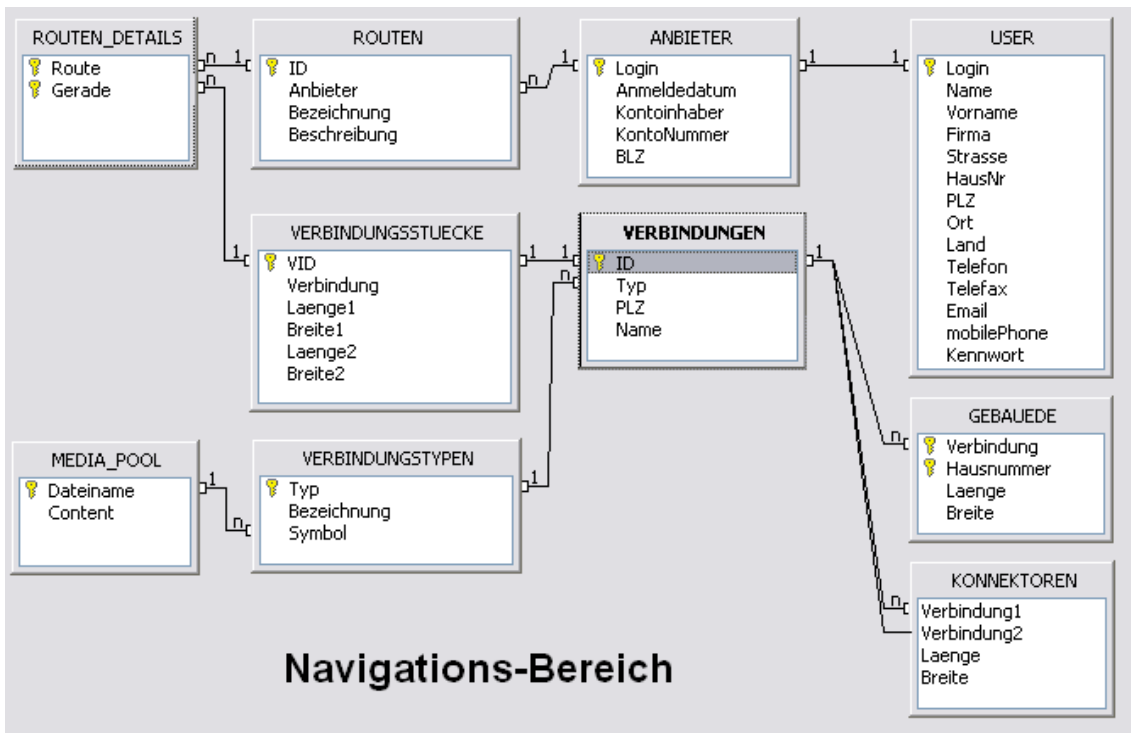
('1061', 'Stadtverwaltung Freiburg', 'Schlossbergtour', 'Bei schönem Wetter können Sie hier...');
 ('1092', 'Feldberger Hof', 'Wanderung 5', 'Anstrengende Bergtour, bei der Freunde der...');

Die Erstellung der Tour erfolgt anschließend durch einfache Zuordnung von den betroffenen Verbindungsstücken zur neu definierten Strecke:

('1061', '3226887')
 ('1061', '3226892')
 ('1061', '3226899')
 ('1061', '3226908')
 ...



Relationship Model (Auszug)



Navigations-Bereich

Weiterführende Literatur

Gesamtdokument - Datenbankbasierte Implementierung mobiler Straßennavigationssysteme
(Matthias Bernauer, Clemens Eppner, Matthias Laquai, Jürgen Luhr, Freiburg – April 2006)

Datenbankbasierte Implementierung mobiler Straßennavigationssysteme
Kapitel II - Erweiterung mobiler Straßennavigationssysteme um Location Based Services
(Matthias Laquai, Freiburg – April 2006)

Datenbankbasierte Implementierung mobiler Straßennavigationssysteme
Kapitel III - personalisierte Dienste im Bereich mobiler Navigations- & Informationssysteme
(Clemens Eppner, Freiburg - April 2006)

Datenbankbasierte Implementierung mobiler Straßennavigationssysteme
Kapitel IV - Schnittstellen zu ergänzenden Systemen und Applikationen
(Jürgen Luhr, Freiburg - April 2006)

Entwicklung und Gestaltung graphischer Frontends für die Nutzung mobiler
Straßennavigationssysteme auf Personal Digital Assistents und Smartphones
(Jörg Lesch & Daniel Rebei, Freiburg - April 2006)

Entwicklung und Gestaltung graphischer Frontends für die Nutzung mobiler
Straßennavigationssysteme auf Handys
(Vadym Kryzhanirsky & Moritz Hartges, Freiburg - April 2006)

Urheberrechtlicher Hinweis

Dieses Dokument ist Teil eines verbundenen Werkes und unterliegt den urheberrechtlichen Bestimmungen gem. §§2, 8, 9 UrhG.
Urheber dieser Ausarbeitung im Sinne §7, UrhG ist Matthias Bernauer, Freiburg im Breisgau.

Die Vervielfältigung und Verbreitung dieser Veröffentlichung, auch auszugsweise und in digitalisierter Form, ist nur mit Quellenangabe [1] gestattet.

[1] http://matthias-bernauer.de/data/Implementierung_Navigationssysteme.pdf