

Multiskalige Geodaten in einer Datenbank – Erzeugung und Nutzen

MONIKA SESTER, MARK HAMPE & KARL-HEINRICH ANDERS, Hannover

Keywords: MRDB, federated databases, generalization, automatic update

Summary: *Spatial Data in a MRDB – Generation and Use.* MRDB (multiple resolution or representation databases) allow for the representation of spatial data of different origin and resolution – representing the same physical objects – in one data structure, and thus provide an integrated view of the data. This is achieved by a direct link between the individual corresponding objects in all data sets. Such a data structure leads to several advantages: consistent data storage and management, possibility of quick multiscale visualization, use for hierarchical data analysis, as well as the possibility of automatic update of data through a propagation into all connected data sets of the MRDB. In the presentation the generation of such data structure will be shown and the benefit is sketched by examples.

Zusammenfassung: Eine MRDB (multiple resolution/representation database) bietet die Möglichkeit, raumbezogene Daten unterschiedlicher Herkunft und Auflösung, welche gleiche Realweltobjekte beschreiben, in einer einheitlichen Sicht darzustellen und vorzuhalten. Dies wird durch eine direkte Verbindung der einzelnen Datenbestände auf Objektebene erreicht. Hieraus ergeben sich viele Vorteile, welche insbesondere in der konsistenten Datenhaltung, der Möglichkeit der schnellen Visualisierung, der Nutzung für die hierarchische Datenanalyse sowie der automatischen Fortführung von Daten liegen. Im Beitrag wird auf die Erstellung solcher Datenstrukturen eingegangen sowie der Nutzen anhand von Beispielen skizziert.

1 Einführung und Übersicht

MRDB (multiple representation bzw. resolution database) als Datenstruktur zur Verwaltung und Speicherung von Daten unterschiedlicher Auflösung und Repräsentation gewinnen zunehmend an Bedeutung. Sie erlauben prinzipiell, dass Objekte in ihrer Skaligkeit beschrieben werden können (multiple resolution). Gleichmaßen ist es möglich, unterschiedliche thematische Facetten eines Objektes – etwa seine Repräsentation in unterschiedlichen Fachwelten – adäquat darzustellen (multiple representation). Von besonderer Bedeutung ist hierbei die explizite Verknüpfung aller individuellen Objekte dieser Darstellungsebenen. Im Beitrag wird zunächst eine Übersicht über MRDB, ihr Einsatzgebiet sowie verwandte Arbeiten gegeben. Anschließend werden hierzu nötige

Datenstrukturen präsentiert. Die Möglichkeiten zur Erstellung der Verknüpfungen von unterschiedlichen Ausprägungen der Objekte wird vorgestellt, wobei der Fokus auf der Erzeugung durch Generalisierung liegt. Es folgen Anwendungsbeispiele für eine MRDB und schließlich ein Ausblick auf offene Fragen, welcher die Arbeit beschließt.

2 Verwandte Arbeiten

Der Einsatz von MRDB wird gegenwärtig in vielen Bereichen untersucht und verfolgt: Für die Repräsentation ländereweiter topographischer Datenbestände sind MRDB von Bedeutung, da sie es erlauben, Datensätze in unterschiedlichen Maßstäben zu verwalten und vorzuhalten – analog zu den Maßstabserien der topographischen Kar-

tenwerke (KREITER 2002). MRDB ermöglichen, dass individuelle Objekte unterschiedlicher Maßstäbe direkt miteinander verbunden werden; diese können somit in ihrer Multiskaligkeit direkt angesprochen werden. Neben einer konsistenten Datenhaltung ist für viele Vermessungsverwaltungen (etwa in Deutschland, Frankreich und in der Schweiz) der Nutzen für die Datenfortführung erklärtes Ziel: in der Idealvorstellung müssen die Daten nur in der höchsten Auflösungsebene aktualisiert werden – alle Änderungen können aufgrund der Verbindungen in die angrenzenden Maßstäbe propagiert werden. KILPELÄINEN (1997) hat hierzu ein formales Konzept entworfen. HARRIE & HELLSTRÖM (1999) zeigen exemplarisch anhand ausgewählter Objekte, wie eine solche Fortführung durchgeführt werden kann.

MRDB im Sinne einer „multiple representation database“ werden aber auch für die Datenintegration genutzt und benötigt. Gilt es beispielsweise, Daten unterschiedlicher Herkunft (und Qualität) zusammenzuführen, sind zunächst zugehörige Objekte in den jeweiligen Repräsentationen zu identifizieren. Dies erfordert typischerweise eine semantisch-geometrische Zuordnung, um sicherzustellen, dass nur Objekte vergleichbarer Bedeutung und Geometrie miteinander in Beziehung gesetzt werden (SESTER et al. 1998). WALTER (1997) nutzt eine relationale Zuordnung, um ATKIS und GDF-Straßendaten zusammenzuführen. Die explizite Verbindung von homologen Objekten ermöglicht anschließend etwa das Austauschen von Attributen unter den Objekten der unterschiedlichen Repräsentationen. Die Integration von Daten unterschiedlicher Fachdisziplinen und unterschiedlichen Typs (Vektor, Raster) wird im Rahmen des Projekts Geotechnologien erforscht (SESTER et al. 2003).

Im Hinblick auf Datenvisualisierung gehen die Vorstellungen dahin, Daten multiskalig darzustellen, indem etwa ein hoch aufgelöstes Objekt in seinem globalen (geringer aufgelöst) Kontext sichtbar gemacht wird: BÉDARD & BERNIER (2002) sprechen hier vom „information drilling“. Generell lassen sich auf der Basis dieser Struk-

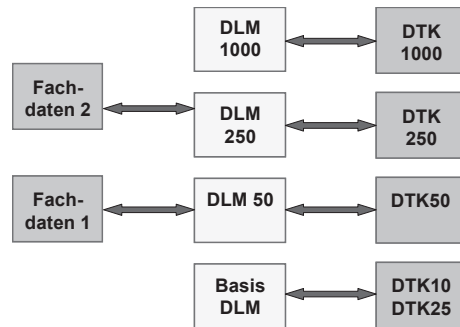


Abb. 1: MRDB für die Repräsentation topographisch-kartographischer Datenbestände.

turen sehr effizient auch große Maßstabsunterschiede überbrücken, und beliebige Zwischenmaßstäbe interpolieren (CECONI 2003, SARJAKOSKI et al. 2002).

Für die Repräsentation digitaler topographischer Datenbestände ist das Konzept einer MRDB ideal: Zum einen können die Daten unterschiedlicher Maßstäbe miteinander verknüpft werden (etwa die Landschaftsmodelle DLM25, DLM50, ...). Zum anderen können unterschiedliche Repräsentationen der Objekte vorgehalten werden, was für die Verbindung von DLM und DTK (digitaler Topographischer Karte) einer Maßstabebene wichtig ist: auf diese Weise können zum einen die lagetreuen DLM-Objekte repräsentiert werden – die typischerweise für genaue Analyseaufgaben genutzt werden; zum anderen können diese mit einer kartographisch darstellbaren Repräsentation verknüpft werden (vgl. Abb. 1). Weiterhin können in der MRDB auch Fachdatenbestände angeschlossen werden.

3 Schema der MRDB

3.1 Föderiertes Datenbanksystem

Die Struktur einer MRDB basiert im allgemeinen auf einem föderierten Datenbanksystem (FDBS), (MANTEL 2002). In Abb. 2 ist der allgemeine Aufbau eines FDBS dargestellt.

Ein föderiertes Datenbanksystem vereint beliebig viele einzelne Datenbanksysteme zu einem logischen Datenbanksystem. Der Zu-

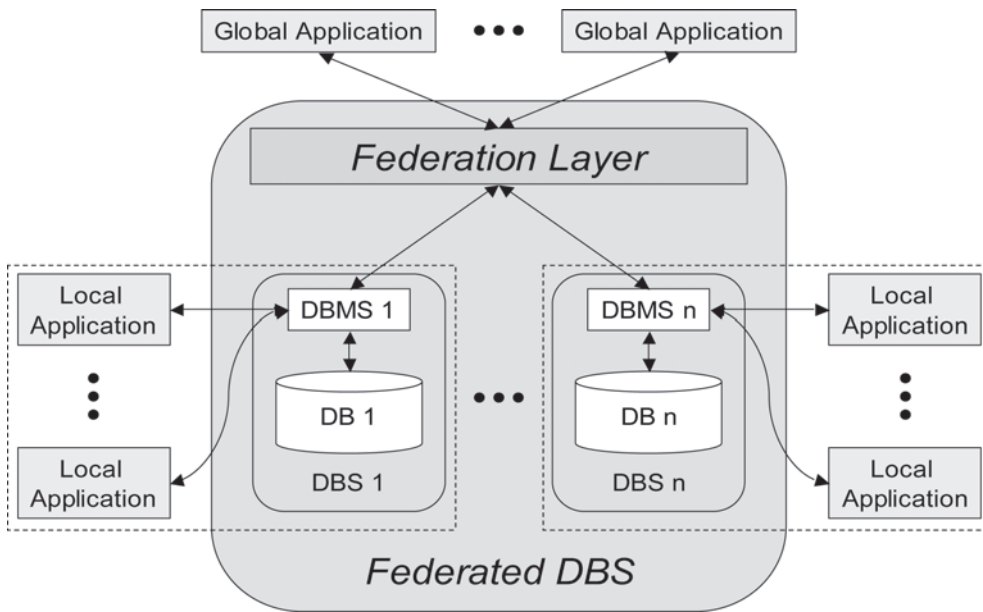


Abb. 2: Aufbau einer föderierten Datenbank.

griff eines externen Nutzers auf das FDBS erfolgt über die so genannte Föderierungsschicht, die die Anfrage entsprechend an die untergeordneten DBS weiterleitet. Ein FDBS kann bezüglich der folgenden drei Kriterien klassifiziert werden:

Verteilung: Die einzelnen Datenbanken befinden sich am selben räumlichen Ort oder sind geographisch verteilt.

Heterogenität: Alle Datenbanken verwenden das gleiche oder unterschiedliche Datenbank-Managementsysteme.

Autonomie: Der Entwurf, die Nutzung und Pflege der einzelnen DBS kann unabhängig voneinander oder gar nicht stattfinden.

Eine MRDB kann jedoch auch noch hinsichtlich ihrer internen Struktur der Repräsentationsstufen klassifiziert werden. Drei Fälle sind möglich: Im ersten Fall besitzen alle einzelnen Datenbanksysteme unterhalb der Föderierungsschicht den gleichen Aufbau und unterscheiden sich nur im räumlichen Bereich der gespeicherten Daten. Im zweiten Fall decken alle Datenbanken den

gleichen räumlichen Bereich ab und unterscheiden sich in den gespeicherten Maßstäben (Auflösung bzw. LoD (level of detail)). Der dritte Fall stellt eine Mischform aus den beiden ersten dar.

3.2 Verknüpfungsstruktur

Die Speicherung einzelner Auflösungsstufen von Geobjekten in einer Datenbank erfüllt noch nicht den Anspruch einer MRDB. Entscheidend ist hierbei vor allen Dingen die Verknüpfung von Objekten, die dasselbe Phänomen der Realität in den verschiedenen Auflösungsstufen beschreiben.

In diesem Zusammenhang sind gerade im Hinblick auf die Speicherung der Daten und ihrer Verknüpfung untereinander die möglichen Relationen zu untersuchen:

- a) $1:1$ Relation: Ein Objekt im Maßstab A gehört zu einem Objekt im Maßstab B (das Objekt wurde beispielsweise in seiner Geometrie vereinfacht).
- b) $n:1$ Relation: mehrere Objekte im Maßstab A werden aggregiert zu einem Objekt im Maßstab B .

- c) $1:0$ oder $n:0$ Relation: Ein oder mehrere Objekte werden im kleineren Maßstab eliminiert.
- d) $0:1$ oder $0:n$ Relation: Die Objekte erscheinen ausschließlich im kleineren Maßstab.
- e) $1:n$ Relation: Mehr als ein Objekt im kleineren Maßstab entstanden aus einem Objekt im größeren Maßstab.
- f) $n:m$ Relation: Mehrere Objekte des einen Maßstabs entsprechen mehreren Objekten des anderen.

Grundsätzlich sind alle gezeigten Verknüpfungen zwischen zwei Objekten bzw. Objektgruppen möglich und daher bei der Entscheidung zur Speicherstruktur zu beachten, wobei eine $0:1$ oder $0:n$ Verbindung zwischen zwei Objekten eines großen und eines kleineren Maßstab eher die Ausnahme darstellt.

KREITER (2002) identifiziert drei Möglichkeiten, um die Link-Struktur einer MRDB in einer Datenbank abzulegen:

Die Variante „Attribute“ versucht mit einem Datensatz auszukommen und alles weitere über Attribute zu organisieren. Dabei wird jedes Objekt nur ein einziges Mal gespeichert. Über zusätzliche Attribute wird festgelegt, in welchen Maßstäben die elementaren Bestandteile des Objekts – sprich seine Knoten – existieren und gegebenenfalls ihre Lage ändern. Dies bedeutet, dass differentielle Änderungen in den Stützpunkten gespeichert werden. Die Abbildung komplexer Beziehungen wird mit dieser Methode jedoch sehr aufwändig und vielschichtig.

In der Variante „bottom-up“ erhält jedes Objekt als zusätzliches Attribut einen Hinweis auf sein Folgeobjekt im nächst höheren Maßstab. Diese Variante kann insoweit ergänzt werden, dass hier nicht nur der Link auf den nächst höheren Maßstab, sondern auf alle Folgemaßstäbe gespeichert wird. Voraussetzung ist hierbei, dass jedes Objekt einem oder keinem Objekt ($1:1$, $1:0$), nicht jedoch mehreren Objekten ($1:n$) im Folgemaßstab zugeordnet wird.

Die dritte Variante „top-down“ geht den umgekehrten Weg. Da man hier davon aus-

gid	aobjid	the_geom
0	H05NM20	SRID=1,MULTIPOLYGON
1	H06K0BT	SRID=1,MULTIPOLYGON
2		
3		
4		
5		
6		

gid	the_geom
100	SRID=1,MULTIPOLYG
100	SRID=1,MULTIPOLYG
	MULTIPOLYG
	MULTIPOLYG

id1	id2
0	100
1	100
2	100
3	100
4	100

Abb. 3: Verknüpfungstabelle.

geht, dass die Objekte eine unterschiedliche Anzahl von „Vorgängerobjekten“ im größeren Maßstab besitzen ($1:n$), jede Siedlungsfläche enthält beispielsweise verschieden viele Gebäude, kann man diese Verknüpfung nicht mehr als zusätzliche Spalte an die Tabelle anhängen, sondern muss eine zusätzliche Tabelle für jede Verknüpfung schaffen. Jede Beziehung zwischen zwei Objekten wird durch eine eigene Zeile in dieser Verknüpfungstabelle repräsentiert (siehe Abb. 3).

Diese Art der Speicherung der Daten in einer zusätzlichen Tabelle ist eine sehr praktikable Lösung.

Nachteilig erweist sich lediglich die Tatsache, dass der Zugriff auf eine Geometrie und deren Verknüpfungen immer mit mindestens zwei Anfragen an die Datenbank verbunden ist.

In einer MRDB existieren i. a. räumliche (mit Geometrie), nicht räumliche (ohne Geometrie) und komplexe Objekte (Objekte, die aus anderen Objekten zusammengesetzt sind). Dies ist speziell bei der Speicherung von ATKIS Daten der Fall. Deshalb werden dort typischerweise zwei Linktabellen benötigt. Eine Linktabelle, die die Verknüpfungen zwischen den nicht komplexen Objekten speichert (wobei hiermit die räumlichen und nicht räumlichen Objekte gemeint sind) und eine Tabelle für die Verknüpfungen zwischen komplexen Objekten. Bei Verknüpfungen zwischen Objekten

kann es sinnvoll sein, zusätzliche Attribute mit der Verknüpfung abzuspeichern, die Auskunft darüber geben, welches Verhältnis zwischen beiden Objektgeometrien existiert, um so später unnötige wiederholte Analysen beider Objekte zu vermeiden. Die verknüpften Objektgeometrien können z. B. identisch sein, eine Teilmengenbeziehung bilden oder sich schneiden. Ebenfalls nützlich kann es sein, an einem Link zu speichern, wie die Verknüpfung entstanden ist (Elimination, Geometriotypwechsel, Geometrieänderung, etc.). Solche Metainformationen sind insbesondere für eine spätere automatische Fortführung von Daten wichtig.

4 Aufbau der MRDB

Der Aufbau der Verbindungen zwischen den einzelnen Objekten lässt sich unterschiedlich gestalten und hängt dabei von der Art der zu verknüpfenden Objekte ab. Geometrisch-semantische Zuordnungs- bzw. Matching-Verfahren können angewandt werden, wenn existierende Datenbestände miteinander verbunden werden sollen. Voraussetzung ist hierbei, dass der thematische Zusammenhang zwischen den Objekten bekannt ist. Verbindungen zwischen Daten aus unterschiedlichen Auflösungen lassen sich durch Generalisierungsoperationen bestimmen.

4.1 Matching-Verfahren

Entsprechend dem Grad der Übereinstimmung zwischen den Objekten in den Ursprungsdaten können Matching-Verfahren unterschiedlicher Art angesetzt werden: bei hoher geometrisch-semantischer Übereinstimmung genügen einfache thematische oder geometrische Überprüfungen (etwa Namen oder geometrische Maße), um eine Zuordnung festzustellen. Sind die Objekte jedoch von unterschiedlicher Struktur, so müssen u.U. Transformationen mit mehr Freiheitsgraden zugelassen werden, was meist zu Suchverfahren höherer Komplexität führt (vgl. WALTER 1997 und BADARD 1999).

4.2 Generalisierungsoperationen

Liegen zwischen den einzelnen Repräsentationen Maßstabsunterschiede vor, so kann eine Verbindung durch Generalisierungsfunktionen bestimmt werden. Im Bereich der topographischen Datenbestände ist dies der Fall. Mittels Modellgeneralisierung können neue Landschaftsmodelle abgeleitet werden, über kartographische Generalisierung werden die kartographischen Repräsentationen hierzu erzeugt. Im folgenden werden Ansätze beschrieben, welche eine Verbindung von Katasterdaten (hier Gebäuden) und den topographischen Datenbeständen herstellen. Exemplarisch werden Ansätze zur Formvereinfachung, zur Aggregation sowie zur Verdrängung vorgestellt.

4.2.1 Formvereinfachung

Sollen kartographische Objekte in unterschiedlichen Maßstäben dargestellt werden, so ist aufgrund von einem geringeren Platzangebotes im kleineren Maßstab die Informationsdichte zu minimieren. Am Beispiel von Gebäuden bedeutet dies in einem ersten Schritt eine Vereinfachung der Form, abhängig von den durch den Maßstab vorgegebenen Mindestgrößen. So werden kleinere Vorsprünge oder Gebäudeteile, die in dem Zielmaßstab nicht mehr wahrnehmbar sind, eliminiert. Ein Ansatz zur Gebäudevereinfachung ist beispielsweise in SESTER (2001) zu finden.

Als Ergebnis einer solchen Generalisierungsoperation erhält man neue Objekte für einen neuen Maßstabsbereich, die in der



Abb. 4: Gebäudevereinfachung: Ausgangssituation (links), vereinfachte Gebäudegrundrisse (rechts).

MRDB mit den Ausgangsgebäuden in Beziehung gesetzt werden können (siehe Abb. 4). Somit bekommt man eine zweite Repräsentation der Ausgangsdaten, wobei in diesem Fall entweder eine 1:1 oder 1:0 Beziehung zwischen den Objekten bestehen kann.

Da durch diesen Generalisierungsprozess sowohl das Ausgangsobjekt als auch sein Folgeobjekt im nächst kleineren Maßstab bekannt sind, kann neben der neuen Geometrie gleichzeitig auch die Verknüpfung zwischen den Objekten nach o.g. Schema abgelegt werden.

In diesem Fall wird die „top-down“ Lösung gewählt, die die Daten in einer eigenen Tabelle ablegt, die jeweils die Objekt-ID und die ID des bzw. der korrespondierenden Objekte(s) in derselben Zeile nebeneinander speichert (Abb. 3).

4.2.2 Aggregation

Die Aggregation von Flächen beim Übergang von einem digitalen Landschaftsmodell mit einem großen Maßstab zu einem Modell mit kleinerem Maßstab wird immer dann notwendig, wenn Erfassungskriterien nicht mehr erfüllt sind oder eine semantische Umklassifizierung bezüglich des kleineren Maßstabs notwendig wird.

Erfüllt ein flächenhaftes Objekt nicht mehr die Mindest erfassungsgröße für Flächen im gewünschten Zielmaßstab, so wird es – je nach vorgegebenen Erfassungskriterien – entweder als punktförmiges Objekt modelliert oder vollständig eliminiert. In beiden Fällen entsteht eine Freifläche, die in geeigneter Weise mit ihren Nachbarflächen vereint werden muss. Diese Aggregation erfolgt meistens nach dem Ähnlich-

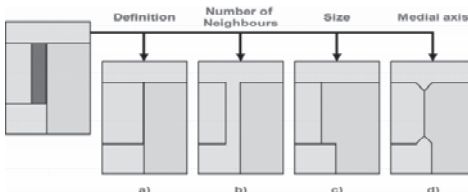


Abb. 5: Verschiedene Möglichkeiten der Aggregation einer wegfallenden Fläche zu ihren Nachbarflächen.

keitsprinzip, wobei die Ähnlichkeit entweder mit Hilfe von Prioritätslisten (PODRENEK 2002) explizit vorgegeben werden kann oder anhand der Objektattribute automatisch abgeleitet werden muss (OOSTEROM 1995). In diesem Fall sind geeignete Ähnlichkeitsmaße vorzugeben. Diese Maße müssen die Attribute der Nachbarobjekte berücksichtigen und können zusätzlich auch die Größe und Häufigkeit der Nachbarobjekte berücksichtigen, wie in Abb. 5 dargestellt. Soll die Freifläche gleichmäßig auf alle Nachbarflächen aufgeteilt werden, so muss die Mittelachse dieser Freifläche ermittelt werden und die so gebildeten Teilflächen den jeweiligen Nachbarflächen zugeordnet werden.

Die Aggregation wird so lange durchgeführt, bis alle zu kleinen Flächenobjekte ersetzt sind. Bei der Aggregation von Flächen bietet es sich an, die Ausgangsdaten in so genannte Generalisierungsblöcke zu zerlegen. Auf diese Weise kann die lokale semantische Situation des zu generalisierenden Landschaftsmodells besser im Zielmodell erhalten werden. Diese Generalisierungsblöcke werden aus Maschen bereits generalisierter bedeutsamer Linienobjekte (z. B.



Abb. 6: Beispiel für eine Flächenaggregation: oben: Situation vorher, unten: Situation nach der Aggregation.

Hauptstraßen, Flüsse) oder den Grenzen von übergeordneten Flächenobjekten (z. B. Ortslage) gebildet.

Nach der Aggregation von benachbarten Flächen kann die Linktabelle direkt erweitert werden. Abhängig von der Ursache für die Aggregation (Übergang von Fläche zu Punkt oder Elimination eines flächenhaften Objekts) werden entweder eine oder zwei neue Relationen eingeführt. Die Elimination von Flächen führt zu 1: n Beziehungen in der Linktabelle, da eine aggregierte Fläche im Zielmaßstab generell aus mehreren Flächen gebildet worden sein kann. War der Grund für die Aggregation jedoch der Übergang der Erfassung eines Objekts von Fläche zu Punkt aufgrund von Unterschreitung von bestimmten Mindestgrößen, so wird zusätzlich zu der 1: n Beziehung noch eine 1:1 Relation zwischen dem Flächenobjekt im kleineren Maßstab und dem Punktobjekt im größeren Maßstab erzeugt. Abb. 6 zeigt ein Beispiel für die Aggregation von Flächen in einem größeren Gebiet.

4.2.3 Verdrängung

Während die bislang beschriebenen Operationen eher der Modellgeneralisierung zuzuordnen sind, d. h. einen Übergang von einem DLM in ein DLM geringerer Auflösung ermöglichen, ist die Verdrängung eine Operation der kartographischen Generalisierung. Sie wird dann nötig, wenn mehrere Objekte denselben Raum beanspruchen und es somit zu geometrischen Konflikten kommt. Dies ist beim Übergang vom DLM auf ein DKM der Fall. Hier muss die lage-treue Geometrie zugunsten der Lesbarkeit der Darstellung aufgegeben werden.

In SESTER (2001) wird hierzu das Programm PUSH beschrieben, welches auf einem Ausgleichungsansatz basiert und ermöglicht, alle räumlichen Konflikte einer Szene in einem Guss zu minimieren. Für den automatischen Prozess können Charakteristika jedes Objektes bzw. jeder Objektklasse modelliert werden: die Verschiebbarkeit gemäß einer vorgegebenen Verdrängungshierarchie, die Deformierbarkeit sowie der minimale Abstand, der zwischen dem Objekt

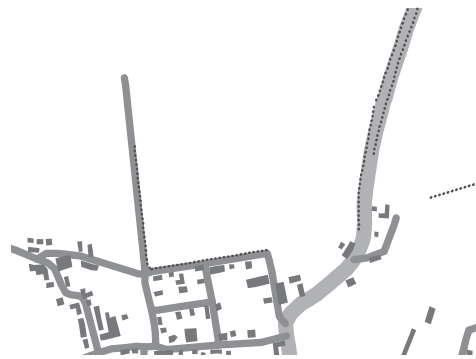


Abb. 7: Situation vor der Verdrängung: Konflikte zwischen Baumreihen, Gebäuden und Straßen.

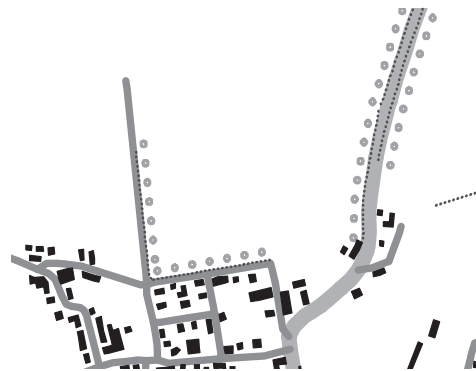


Abb. 8: Nach der Verdrängung: Objekte werden verschoben, so dass Konflikte minimiert werden.

und seinen Nachbarn einzuhalten ist. Die folgenden Abbildungen (Abb. 7 + 8) verdeutlichen die Wirkungsweise des Verdrängungsoperators: Straßen wurden hier als Objekte hoher Priorität modelliert, so dass diese nicht verdrängt werden. Gebäude und Baumreihen hingegen werden von den Straßen verdrängt und somit verschoben; ebenfalls verdrängen sich Gebäude untereinander.

Da bei dem Prozess der Verdrängung lediglich Geometrieänderungen der Objekte erfolgen, liegt hier immer eine einfache 1:1-Beziehung zwischen den Objekten der unterschiedlichen Repräsentationen vor.

5 Nutzen der MRDB

5.1 Online Generalisierung

Der Nutzer von Geodaten in Form von digitalen Karten möchte heute nicht mehr nur auf allgemeine Karten zurückgreifen, die für eine Vielzahl von Nutzern konzipiert wurden. Der Trend in der digitalen Kartographie geht immer mehr zur persönlichen Karte, die optimal auf eine bestimmte Anwendung und die persönlichen Vorlieben des Anwenders zugeschnitten ist, und ihm Freiheiten bezüglich der Auswahl des Inhalts oder des Maßstabs lässt. Auch im Hinblick auf die verschiedenartigen Medien, auf denen digitale

Karten präsentiert werden können, vom PC zu Hause bis hin zum mobilen Pocket-PC (PDA), müssen die Karten verschiedensten Ansprüchen genügen.

Somit werden die Präsentationen der Geodatenbestände im Idealfall erst generiert, wenn sie vom Nutzer angefordert werden, also online. So soll beispielsweise in dem EU-Projekt *GiMoDig* ein mobiler Nutzer in ganz Europa digitale Geodaten in Form von Karten mit seinem mobilen Gerät abrufen können. Diese Informationen sollen in Echtzeit zusammengestellt und präsentiert werden. Aufgrund der Größe der Displays mobiler Geräte mit einer Auflösung von bis zu 320 mal 240 Pixeln macht dies eine online-Generalisierung der Datenbestände erforderlich, um dem Nutzer ein flexibles Zoomen zur Visualisierung der Übersicht und der Inspektion von Details zu ermöglichen.

Da die meisten Generalisierungsoperationen jedoch sehr rechenaufwändig sind und sich teilweise gar nicht voll automatisiert durchführen lassen, muss die Online-Generalisierung auf vorverarbeitete Daten zurückgreifen können.

An dieser Stelle wird die Möglichkeit aufgegriffen, vorverarbeitete Daten in einer MRDB abzulegen um diese dann aus der jeweils benötigten Maßstabsebene ableiten zu können. Im Vorfeld werden komplexe Berechnungen beispielsweise zur Verdrängung oder Typifizierung sowie bei komplexen

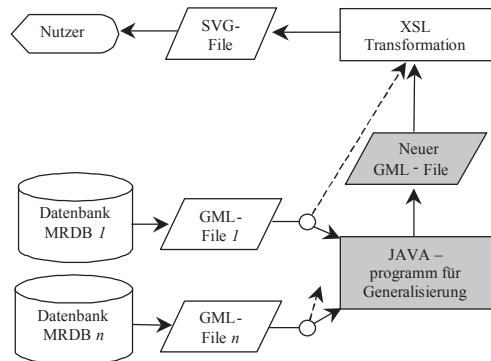


Abb. 9: Ausschnitt aus der Systemarchitektur von GiMoDig.

Operationen auch manuelle Veränderungen der Geometrie vorgenommen. Die Generalisierungsschritte zwischen den vorbereiteten Daten und dem gewünschten Zielmaßstab werden hierdurch so gering, dass dieser verbleibende Schritt in Echtzeit durchgeführt werden kann.

LEHTO et al. (2003) beschreiben verschiedene Möglichkeiten zur Ableitung von Darstellungen in Echtzeit mit Rückgriff auf verschiedene Datenbanken (vgl. Abb. 9). Die Daten werden hierbei als XML-Daten aus der Datenbank abgerufen und beispielsweise einem JAVA-Programm zur Berechnung von Generalisierungsoperationen zugeführt. Dieses formt die XML/GML-Geometrien in neue Geometrien um. Um nun von diesen GML-Daten zu einer SVG-Grafik zu gelangen, die dem Nutzer angeboten werden soll, ist eine so genannte XSLT (Extensible Style-sheet Language Transformation) notwendig. Eine weitere Idee besteht darin, in der XSL-Transformation direkt eine Generalisierungsoperation zu kodieren. Dies ist jedoch nur für sehr einfache Operationen möglich, wie z. B. Elimination, Approximation durch umschreibendes Rechteck, etc.

Die Kombination aus vorgeneralisierten Maßstabsebenen in einer MRDB, JAVA-Programmen zur Generalisierung von komplexen Objektstrukturen sowie der XSL Transformation zur Umwandlung einzelner Geometrien erlaubt eine Generierung individueller Karten in Echtzeit.

5.2 Polyfokale Darstellungen

Einen weiteren Vorteil bietet die MRDB durch ihre Vielschichtigkeit. Beispielsweise wurden im Rahmen des o.g. Projektes Untersuchungen angestellt, um die Möglichkeiten multiskalärer Darstellungen zu realisieren. Durch diese so genannten polyfokalen Darstellungen wird es ermöglicht, auf einem kleinen Display eine Übersichtskarte mit einer Detailansicht zu vereinen, ohne dem Nutzer eine zu hohe Informationsdichte präsentieren zu müssen (siehe Abb. 10).

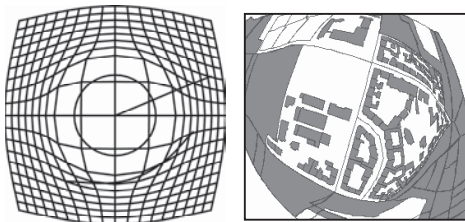


Abb. 10: Polyfokale Darstellung: Kombination verschiedener Ebenen einer MRDB.

HARRIE et al. (2002) haben hierzu Darstellungen realisiert, bei denen im Zentrum des Betrachters ein größerer Maßstab dargestellt wird, als am Rand.

Der Maßstab wird zum Rand hin zunehmend kleiner, so dass eine Art Lupeneffekt entsteht. Zum einen werden hierbei Inhalte, die den Nutzer besonders interessieren, vergrößert dargestellt. Gleichzeitig verliert dieser jedoch nicht den Überblick über den Gesamtzusammenhang. Neben einer einfachen Vergrößerung der Geometrien werden im Zentrum auch mehr Details präsentiert als am Rand. Es werden zwei Maßstabsebenen der MRDB kombiniert dargestellt. In diesem Fall werden die im Zentrum liegenden Siedlungsflächen durch Einzelhausdarstellungen ersetzt. Dies wird ermöglicht durch die bestehende Verknüpfung der Datenbestände.

5.3 Multiskalige Analyse

Ein Beispiel für die Nutzung der Verknüpfung zur integrierten Datenanalyse ist in GABAY & SESTER (2003) gegeben: Objekte eines Datenbestandes können auf Basis der

mit ihnen verknüpften Objekte einer anderen Auflösungsebene analysiert werden. Dies wurde anhand der Verknüpfung von ALK und ATKIS-Objekten beispielhaft untersucht. Auf Basis dieser Verknüpfungsstruktur kann beispielsweise im ATKIS-Datenbestand eine Anfrage bezüglich der Gebäude in der Nähe einer Straße gestellt werden, obwohl Gebäude in ATKIS gar nicht vorhanden sind. Über die Verknüpfung in der MRDB kann zunächst die zugeordnete Straße im ALK-Datenbestand gefunden werden. Davon ausgehend wird eine Bereichsabfrage nach benachbarten Gebäudeobjekten durchgeführt, was schließlich zur Beantwortung der Anfrage führt.

5.4 Inkrementelle Fortführung

Ein wesentlicher Nutzen, der aus einer MRDB gezogen werden kann, ist die inkrementelle Fortführung von Daten in einer Maßstabsreihe. Ziel ist es, nur den detailliertesten Datensatz manuell fortzuführen und alle weiteren kleineren Maßstäbe aus diesem Datensatz automatisch abzuleiten. Im Rahmen des Projekts WIPKA werden in einer MRDB die vier ATKIS Landschaftsmodelle (BasisDLM, DLM50, DLM250 und DLM1000) gespeichert. Somit soll zum einen erreicht werden, dass die vier ATKIS Landschaftsmodelle in einen konsistenten Zustand gebracht werden, und dass der Fortführungsprozess so effizienter und schneller durchgeführt werden kann.

Für die Zwecke der Fortführung ist es zunächst wichtig, die betroffenen Objekte zu kennen: wird z. B. ein Objekt aus einem Datenbestand entfernt, so muss diese Änderung gegebenenfalls auch in den angrenzenden Maßstabsebenen berücksichtigt werden. Welche Objekte betroffen sind, lässt sich direkt aus den Links der MRDB entnehmen. Anschließend muss geklärt werden, welche Aktion für eine Fortführung zu treffen ist. Dies ist objekt- und kontextspezifisch zu entscheiden: ein Entfernen eines Gebäudes in der Mitte eines Siedlungsgebietes hat typischerweise keinen Einfluss auf das Siedlungsgebiet der nächsten Aggregationsstufe; liegt das Gebäude hingegen am

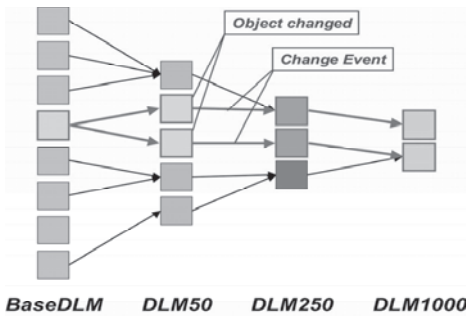


Abb. 11: Update-Propagierung in der MRDB.

Rande, so muss das Siedlungsgebiet eventuell verkleinert werden. Analoges gilt für ein Hinzufügen eines Gebäudes.

Dieses Problem kann abstrakt über eine Art Nachrichtendienst modelliert werden, der die Verknüpfungen innerhalb der MRDB als gerichtete Kanten eines Graphen interpretiert. Entlang dieser Kanten werden Informationen über eine Objektänderung innerhalb eines Maßstabs als Signal an die über die Linktabelle verknüpften Objekte des Folgemaßstabs weitergeleitet. Diese Objekte führen dann von einem Regelsystem kontrollierte Generalisierungsoperationen innerhalb des Folgemaßstabs aus. Es lassen sich folgende drei Signale unterscheiden:

- Insert:** Ein neues Objekt wurde eingefügt.
- Remove:** Ein Objekt wurde gelöscht.
- Change:** Ein Objekt hat sich geändert.

Diese Änderungen können wiederum in drei Fälle eingeteilt werden:

- Change Attribute: Nur Attributwerte haben sich geändert.
- Change Geometry: Nur die Geometrie hat sich geändert.
- Change Attribute and Geometry: Attributwerte und die Geometrien haben sich geändert.

Diese Änderungsnachrichten werden solange weitergeleitet, bis der letzte Maßstab der Maßstabsreihe erreicht wurde.

Für die konkrete Abarbeitung müssen für jede Objektart sowie für unterschiedlichen

Kontext Regeln entwickelt werden, welche im Fortführungsfall anzuwenden sind.

6 Zusammenfassung und Ausblick

MRDB erlauben prinzipiell eine strukturierte Sicht und einen integrierten Zugriff auf raumbezogene Daten unterschiedlicher Herkunft und Auflösung, indem sie die impliziten Zusammenhänge zwischen den Datensätzen explizit machen. Dies führt zu Vorteilen wie Datenkonsistenz, Reduzierung des Datenerfassungsaufwandes, integrierte Datenhaltung und -nutzung sowie dem Austausch von Daten auch über Nutzergrenzen hinaus.

Für die Haltung amtlicher Daten bietet MRDB die konsistente Sicht auf die Daten, die Möglichkeit der Repräsentation von Präsentationsdaten sowie die Erleichterung der Fortführung. Während leistungsfähige Datenstrukturen zur integrierten Datenhaltung bereits entwickelt sind, gibt es jedoch gerade im Zusammenhang mit der Fortführung noch einige offene Probleme. Hierzu zählt u.a. die Erarbeitung der objekt- und kontextspezifischen Fortführungsregeln, die Berücksichtigung unterschiedlicher Fortführungszyklen der verschiedenen Maßstäbe sowie deren Qualitätssicherung. Ferner ergeben sich prinzipiell Möglichkeiten und Chancen einer Propagierung von Änderungen vom kleineren in einen größeren Maßstab, d.h. vom Groben ins Feine: auf diese Weise können Hypothesen über mögliche Veränderungen auch in die detaillierten Maßstäbe übertragen werden, selbst wenn sich die exakte Geometrie der Veränderungen damit noch nicht bestimmen lässt. Aber allein die Information über eine Veränderung kann für viele Anwendungen schon hilfreich sein.

7 Dank

Diese Forschungsarbeiten entstanden im Rahmen des EU-Projekts GiMoDig und einer Kooperation mit dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) im Projekt WIPKA. Beiden Institutionen sei für die Förderung gedankt.

8 Literatur

- BADARD, T., 1999: On the automatic retrieval of updates in geographic databases based on geographic data matching tools. – Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of the ICA', Ottawa, Canada.
- BÉDARD, Y. & BERNIER, E., 2002: Supporting multiple representation with spatial databases views management and the concept of „VUEL“. – ISPRS/ICA Joint Workshop on Multi-Scale Representations of Spatial Data, Ottawa, Canada.
- CECCONI, A., 2003: Integration of Cartographic Generalization and Multi-Scale Databases for Enhanced Web Mapping. – PhD Thesis, University Zurich.
- GABAY, Y. & SESTER, M., 2003: Forming and utilizing communication between two spatial representations at different scales – a demonstration. – Eingereicht.
- HARRIE, L., SARJAKOSKI, L. T. & L. LEHTO, 2002: A variable-scale map for small-display cartography. – Proceedings of the Joint International Symposium on „GeoSpatial Theory, Processing and Applications“ (ISPRS/Commission IV, SDH2002), Ottawa, Canada, July 8–12, 2002, 6 p, CD-ROM.
- HARRIE, L. & HELLSTRÖM, A.-K., 1999: A Case Study of Propagating Updates between Cartographic Data Sets. – 'Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of the ICA', Ottawa, Canada.
- KILPELÄINEN, T., 1997: Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps. – Kirkkonummi 1997.
- KREITER, N., 2002: Multirepräsentationsdatenbank als Basis von topografischen Landeskarten. – Diplomarbeit, unveröffentlicht, Institut für Kartographie, ETH Zürich.
- LEHTO, L. & SARJAKOSKI, L. T., 2003: Realtime generalisation of XML-encoded spatial data for the Web and mobile devices. – International Journal of Geographical Information Science. Accepted for publication, 18 p.
- MANTEL, D., 2002: Konzeption eines Föderierungsdienstes für geographische Datenbanken. – Diplomarbeit am Institut für Datenbanken und Informationssysteme, Universität Hannover.
- VAN OOSTEROM, P., 1995: The GAP-tree, an approach to 'on-the-fly' map generalization of an area partitioning. – In: MÜLLER, J.-C., LA GRANGE, J.-P. & WEIBEL, R., Hrsg.: GIS and Generalization – pp.120–132, Methodology and Practice, Taylor & Francis.
- PODRENEK, M., 2002: Aufbau des DLM50 aus dem Basis-DLM und Ableitung der DTK50 – Lösungsansatz in Niedersachsen. – Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 22.
- SARJAKOSKI, T., SARJAKOSKI, L. T., LEHTO, L., SESTER, M., ILLERT, A., NISSEN, F., RYSTEDT, R. & R. RUOTSALAINEN, 2002: Geospatial Infomobility Services – A Challenge for National Mapping Agencies. – Proceedings of the Joint International Symposium on „Geo-Spatial Theory, Processing and Applications“ (ISPRS/Commission IV, SDH2002), Ottawa, Canada, July 8–12, 2002, 5 p, CD-ROM.
- SESTER, M., 2001: Maßstabsabhängige Darstellungen in digitalen räumlichen Datenbeständen. – Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 544.
- SESTER, M., ANDERS, K.-H. & WALTER, V., 1998: Linking Objects of Different Spatial Data Sets by Integration and Aggregation. – *GeoInformatica* 2(4): 335–358.
- SESTER, M., BUTENUTH, M., GÖSSELN, G. v., HEIPKE, C., KLOPP, S., LIPECK, U. & MANTEL, D., 2003: New methods for semantic and geometric integration of geoscientific data sets with ATKIS – applied to geobjects from geology and soil science. – *Geotechnologien Science Report*, Part 2, Koordinierungsbüro Geotechnologien, Potsdam.
- WALTER, V., 1997: Zuordnung von raumbezogenen Daten – am Beispiel der Datenmodelle ATKIS und GDF. – Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft Nr. 480.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr.-Ing. habil. MONIKA SESTER
 Dipl.-Ing. MARK HAMPE
 Dipl.-Inform. KARL-HEINRICH ANDERS
 Institut für Kartographie und Geoinformatik,
 Universität Hannover, Appelstraße 9a
 D-30167 Hannover
 {monika.sester, mark.hampe, karl-heinrich.anders}@ikg.uni-hannover.de

Manuskript eingereicht: Juli 2003
 Angenommen: August 2003