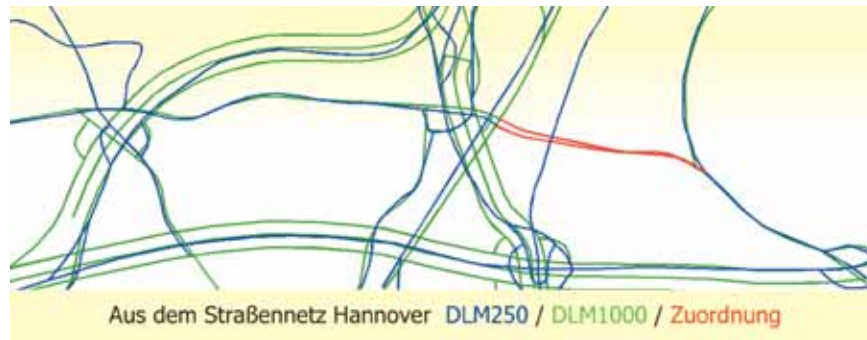


# Karten mischen in der Datenbank

## MULTI-RESOLUTION/MULTI-REPRESENTATION-DATENBANKEN INTEGRIEREN GEOWISSENSCHAFTLICHE DATENBESTÄNDE

Karten unterschiedlichen Maßstabs sind unterschiedlich genau. Was auf der einen aussieht wie ein schlichter Strich, entpuppt sich auf der Karte mit feinerem Maßstab vielleicht als kurvenreiche Straße. Die unterschiedlich genaue Darstellung macht es sehr aufwändig, Veränderungen in der Landschaft in die Karten aufzunehmen. Wie dies automatisiert werden könnte, zeigen Forscher vom Fachgebiet Datenbanksysteme.



Zur Illustration sind in Abbildung 1 die gleichen Ausschnitte aus dem Straßennetz Hannover der Digitalen Landschaftsmodelle 1:250.000 und 1:1.000.000 (DLM250/

Wie plant man eine lange Fahrtroute? Zunächst sucht man auf einer Übersichtskarte die Autobahnverbindung, um dann im Zielgebiet auf einer detaillierteren Karte die Strecke vor Ort zu bestimmen. Dafür muss insbesondere die Autobahn mit der zugehörigen Abfahrt auf der anderen Karte wieder gefunden werden. So »mischt« man manuell (geographische) Karten.

Im Fachgebiet Datenbanksysteme werden derzeit Konzepte entwickelt, mit denen solche Zuordnungen zwischen Objekten, die aus mehreren geowissenschaftlichen Datenbeständen der gleichen Region stammen, gefunden, gespeichert und angewendet werden können. Dabei kann es um Karten mit verschiedenen Maßstäben oder um Karten zu verschiedenen Themen, zum Beispiel Topographie und Bodenkunde, gehen. Dies dient dem Aufbau einer »multi-resolution/multi-representation«-Datenbank (MRDB), die solche Datenbestände integriert, ein objektweises Wechseln der

Auflösung oder Darstellung erlaubt und zukünftig inkonsistente Änderungen der »gleichen« Objekte in mehreren Datenbeständen vermeiden hilft. So können beispielsweise Änderungen aus einem feineren Maßstab automatisch in einen größeren Maßstab fortgeschrieben werden.

Betrachtet man zwei Karten verschiedener Maßstäbe, die die gleiche Region abbilden, so wird man dort identische Real-Welt-Objekte in unterschiedlichen Repräsentationen finden. So wird eine wichtige Straße, beispielsweise eine Bundesautobahn, vermutlich in beiden Karten dargestellt sein, jedoch im feineren Maßstab detaillierter, das heißt mit »mehr Kurven« als im größeren Maßstab. Ein Mensch wird sie dennoch relativ problemlos als das gleiche Objekt interpretieren, da er aufgrund der Lage, bestimmter Eigenschaften (zum Beispiel der Autobahnnummer) und des Zusammenhangs erkennt, dass es sich in der Real-Welt um dasselbe Objekt handelt.

DLM1000) des Amtlichen Kartographisch-Topographischen Informationssystems (ATKIS) des Bundes und der Länder übereinander gelegt.

Würde nun die Straße verändert, beispielsweise weiter ausgebaut, so müssten unter Umständen alle Karten, auf denen diese Straße abgebildet ist, verändert werden, das heißt alle Repräsentationen dieses Real-Welt-Objekts müssten angepasst werden.

Ein Kartograph, der mehrere Maßstäbe weiterzuführen hat, könnte nun ausgehend vom feinsten Maßstab nach Regeln der kartographischen Generalisierung die Veränderung auf alle betroffenen Repräsentationen manuell übertragen. Dies bedeutet jedoch einen hohen Aufwand. Man hofft diesen durch weitgehende Automatisierung verringern zu können.

Voraussetzung dafür ist jedoch, dass ein System existiert, welches den Zusammenhang der Repräsentationen eines Objektes kennt und so für die Weitergabe von Up-

dates nutzen kann. Ein solches System ist durch das Konzept der »multi-resolution/multi-representation«-Datenbank (MRDB) gegeben. Diese integriert zum einen die Datenbestände in den verschiedenen Maßstäben, zum anderen speichert sie den Zusammenhang der Objekte untereinander, also deren »Zuordnungen« beziehungsweise »Links«.

In Abbildung 1 ist eine Zuordnung »gleicher« Straßenabschnitte hervorgehoben.

Diese MRDB wird gemäß der Architektur »förderierter« Datenbanksysteme entworfen (siehe Abbildung 2), welche den beteiligten Datenbeständen ihre (»lokale«) Autonomie belässt, diese aber über einen »Föderierungsdienst« mit eigener Arbeitsdatenbank integriert und für neue (»globale«) Anwendungen erschließt. Für die Ermittlung und Speicherung der Zuordnungen zwischen Objekten werden dann effiziente Verfahren zur »Objektidentifikation«, dies sind Methoden zur Erkennung von gleichen Real-Welt-Objekten in verschiedenen Repräsentationen, sowie ein Datenmodell für Zuordnungen (»Linkmodell«) benötigt.

Beim Entwurf des Linkmodells gilt es zu bedenken, dass Real-Welt-Objekte in verschiedenen Karten durchaus mit unterschiedlicher Zusammensetzung repräsentiert sein können. So wird etwa ein Gebäude in einem feinen Maßstab

tatsächlich als einzelnes Objekt abgebildet, in einem größeren Maßstab ist es aber möglicherweise nur als Teil eines Gebäudekomplexes zu finden (siehe Abbildung 3).

Andererseits können bestimmte Objekte in einer Karte größeren Maßstabs aufgrund der geringeren Detailtiefe ganz verschwinden. Auch kann es passieren, dass ein Objekt in beiden Karten zwar durch mehrere Teilobjekte repräsentiert wird, die Eintei-

sächlichen geometrischen Zusammenhänge speichert. Hieraus entsteht ein Datenbankschema wie in Abbildung 6.

Die eigentliche Objektidentifikation (auch »Matching« genannt) besteht dann aus

1. einer semantischen Klassifikation, die zum Beispiel Straßen von Gebäuden separiert, da Zuordnungen nur innerhalb dieser Klassen sinnvoll sind,

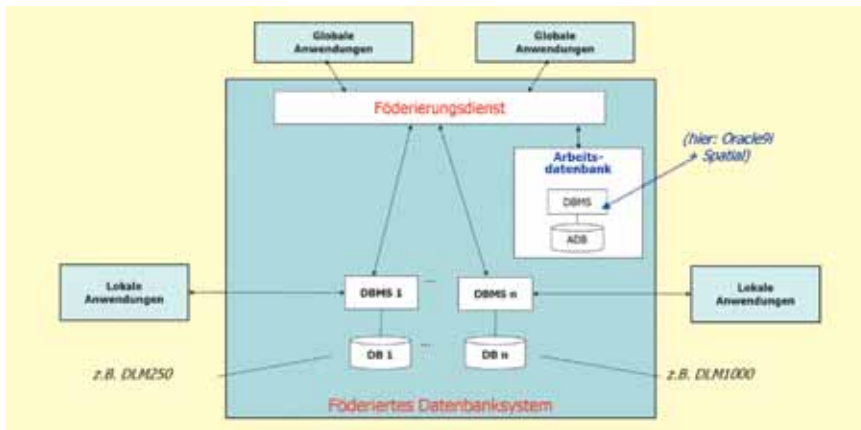


Abbildung 1 (links) Ausschnitte aus dem Straßennetz Hannover digitaler Landschaftsmodelle des Amtlichen Kartographisch-Topographischen Informationssystems (ATKIS) des Bundes



Abbildung 2 Architektur »förderierter« Datenbanksysteme

lung aber nach unterschiedlichen, zum Beispiel maßstababhängigen Kriterien erfolgt ist (bei Straßen beispielsweise aufgrund von Kreuzungen und Veränderungen der Breite). Auf diese Art entstehen Zuordnungen verschiedener »Kardinalitäten« (siehe Abbildung 4), die in einem einheitlichen Linkmodell zu berücksichtigen sind.

Dies wird realisiert, indem die betroffenen Objekte jeweils aggregiert (also zu einem Objekt zusammengefasst) und nur die aggregierten Objekte einander zugeordnet werden (Abbildung 5), während man für die Einzelobjekte die tat-

2. einem Algorithmus, der auf geometrischer Basis eine Menge von »möglichen« Zuordnungen ermittelt, und
3. einer anschließenden regelbasierten Auswahl »richtiger« Zuordnungen.

Nur die verbleibende Menge von möglichen Zuordnungen, die nicht automatisch als richtig oder falsch erkannt und damit entweder bestätigt oder verworfen wurden, muss dann mit Hilfe interaktiver Werkzeuge manuell untersucht werden.

Abbildung 3

Ein Algorithmus zur Ermittlung möglicher Zuordnungen ist das »Buffer Growing«.

Dieser geht davon aus, dass die Repräsentationen eines Real-Welt-Objektes auf verschiedenen Karten (bei ent-

Für diese Aggregationen werden dann wieder durch Pufferbildung mögliche Zuordnungspartner ermittelt (siehe Abbildung 7[II]).

Durch Iteration dieser Methode entsteht die Menge

Dieses Prinzip wird im folgenden Auswahlprozess genutzt. Zunächst wird durch Regeln geprüft, ob die Zuordnungen bestimmte Ähnlichkeiten aufweisen.

Solche Ähnlichkeitskriterien können sich sowohl auf Merkmale der zugeordneten Objekte (»merkmalbasiertes Matching«) als auch auf die Beziehung der Zuordnungen zueinander (»relationales Matching«) beziehen.

So lautet beispielsweise eine Regel beim merkmalsbasierten Matching, dass eine Zuordnung nur dann akzeptiert wird, wenn die Größendifferenz der zugeordneten (aggregierten) Kartenobjekte einen bestimmten Schwellenwert nicht überschreitet.

Eine Regel des relationalen Matching lautet, dass Zuordnungen verworfen werden, deren Objekte in verschiedenen topologischen Beziehungen zu einer bereits bestätigten Zuordnung stehen; beispielsweise wird eine Zuordnung zweier Straßenabschnitte verworfen, wenn eine der Repräsentationen eine bereits zugeordnete Straße weiterführt, die andere jedoch von dieser Straße räumlich getrennt ist.

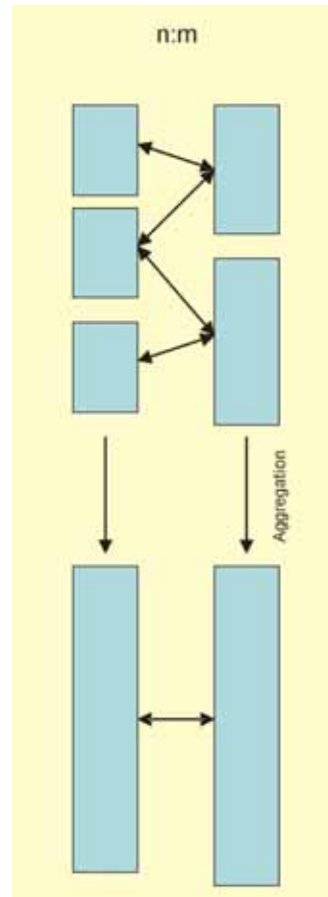
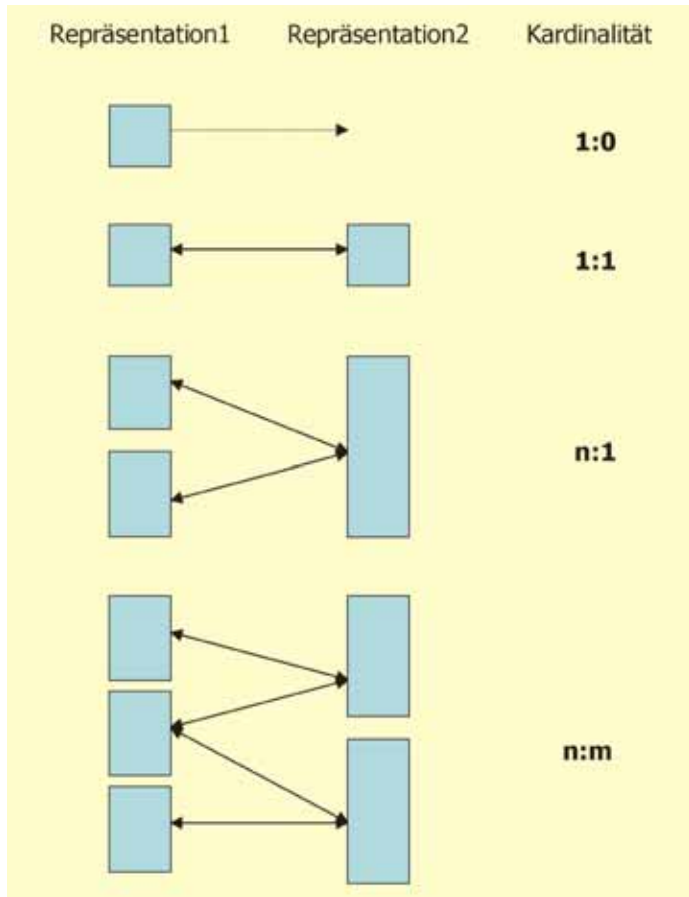


Abbildung 4  
Zuordnungen verschiedener  
»Kardinalitäten«

Abbildung 5  
Zuordnung aggregierter Objekte

sprechender proportionaler Vergrößerung des größeren Maßstabes) ähnliche räumliche Positionen und Größen aufweisen.

Es wird also zunächst um jedes Kartenobjekt ein Puffer gelegt, und alle darin befindlichen Kartenobjekte der anderen Karte sowie sinnvolle Zusammensetzungen davon werden als mögliche Zuordnungspartner identifiziert (siehe Abbildung 7[I]).

Wird nun ein Kartenobjekt von zwei Puffern geschnitten, ohne ganz in einem der beiden enthalten zu sein, so werden die Kartenobjekte, um die diese Puffer gelegt wurden, zu einem räumlichen Objekt aggregiert; die »Puffer wachsen« dann also zusammen.

möglicher Zuordnungen, die noch in einem Auswahlprozess bearbeitet werden muss.

Die ermittelten möglichen Zuordnungen können miteinander in Konflikt stehen, das heißt es können mehrere Zuordnungen existieren, die dasselbe (einzelne) Kartenobjekt enthalten.

Ist eine dieser Zuordnungen die »richtige«, so sind die anderen nicht akzeptabel, da ein einzelnes Kartenobjekt nur zu einem Real-Welt-Objekt gehören kann. Man kann also durch Auswahl einer Zuordnung andere mögliche Zuordnungen verwerfen.

Verwirft man mit Hilfe solcher Regeln die unwahrscheinlichen Zuordnungen, so werden teilweise Zuordnungen übrig bleiben, die mit keiner anderen in Konflikt stehen und alle Regeln erfüllen, also als »wahrscheinlich richtig« betrachtet werden können. Werden diese Zuordnungen bestätigt, so können sie andere Zuordnungen etwa wegen der erwähnten topologischen Beziehungen als »wahrscheinlich falsch« klassifizieren. Durch iterierte Regelanwendungen kann ein (meist) großer Teil der Zuordnungen automatisch verworfen oder bestätigt werden. Für die restlichen Zuordnungen ist die Auswahl manuell vorzunehmen.

Auch die manuelle Auswahl kann durch geeignete Software-Tools unterstützt werden.

Ein solches Tool muss zunächst die Möglichkeit bieten, Kartenobjekte anzuzeigen und zu markieren, die einander zugeordnet wurden (»Paarmodus«). Zur eigentlichen Auswahl werden dann Funktionalitäten wie das manuelle Bestätigen oder Verwerfen von Zuordnungen benötigt.

Hierbei sollen beim Bestätigen einer Zuordnung alle damit in Konflikt stehenden Zuordnungen automatisch verworfen und weitere Regel-

von Klassifikations- und Auswahl-Regeln, welche für Erweiterungen durch beteiligte Fachwissenschaften (Kartografie, Bodenkunde und andere) offen bleiben soll.

Als Benutzerschnittstelle wird ein eigenentwickelter Visualisierer für räumliche Daten (»GISVisual«) ausgebaut, um automatische und manuelle Matching-Prozesse zu unterstützen.

Gefördert werden diese Arbeiten durch das Bundesamt für Kartografie und Geodäsie sowie im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms »Geotechnologien«.



**Prof. Dr. Udo Lipeck**

Jahrgang 1956, leitet das Fachgebiet Datenbanksysteme des Instituts für Informationssysteme.



**Dipl.-Math. Daniela Mantel**

Jahrgang 1972, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Datenbanksysteme.

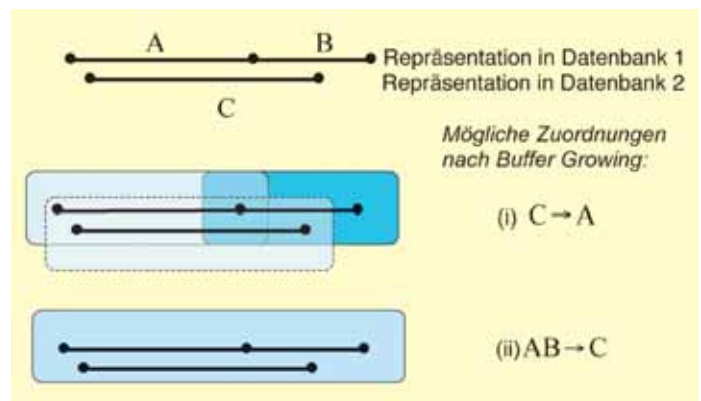
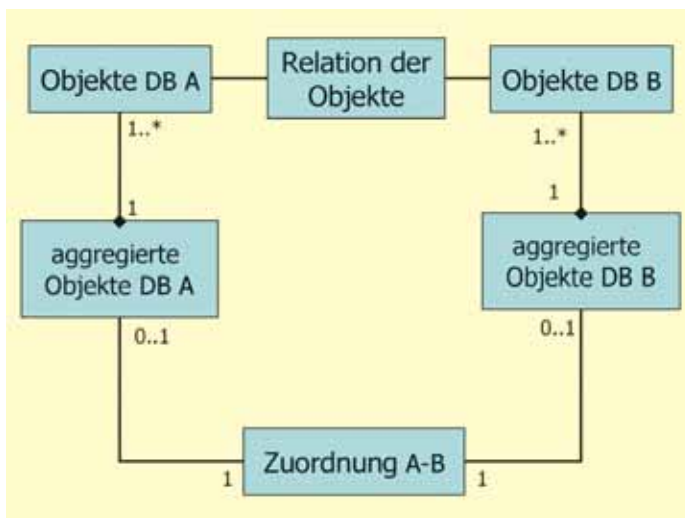


Abbildung 6  
Datenbankschema

Abbildung 7  
(i) Identifizierung von Zuordnungspartnern;  
(ii) Ermittlung möglicher Zuordnungspartner durch Pufferbildung

prüfungen für benachbarte Zuordnungen angestoßen werden.

Am Fachgebiet Datenbanksysteme des Instituts für Informationssysteme wird derzeit an der Konzeption einer MRDB auf Basis der räumlichen Erweiterung (Spatial Cartridge) des objektrelationalen Datenbanksystems Oracle 9i gearbeitet.

Zum Fördererendienst gehören insbesondere die datenbankgerechte, das heißt mengenorientierte Realisierung und Weiterentwicklung des Buffer-Growing-Algorithmus, ein Ausführungsrahmen für die regel-basierte Auswahl sowie der Entwurf einer Arbeitsdatenbank zur Speiche-

**Literatur**

1. Conrad, S.: Föderierte Datenbanksysteme. Springer-Verlag, Berlin, 1997.
2. Devogele, T., Parent, C. und Spaccapetra, S.: On Spatial Database Integration. International Journal of Geographical Information Science, 12(4), 1998, pp. 335-352.
3. Kleiner, C., Lipeck, U.W. und Falke, S.: Objekt-Relationale Datenbanken zur Verwaltung von ATKIS-Daten. In: R.Bill, F.Schmidt (Hrsg.), ATKIS - Stand und Fortführung, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 2000, pp.169-177.
4. Kleiner, C. und Lipeck, U.W.: Web-Enabling Geographic Data with Object-Relational Databases. In: A. Heuer et al. (Hrsg.), Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft - 9. GI-Fachtagung BTW 2001, Springer-Verlag, Berlin, 2001, pp. 127-143.
5. Mantel, D.: Konzeption eines Fördererendienstes für geographische Datenbanken. Diplomarbeit, FB Informatik, Universität Hannover, 2002.
6. Sester, M., Anders, K.-H. und Walter, V.: Linking Objects of Different Spatial Data Sets by Integration and Aggregation. Geoinformatica, 2(4), 1999, pp. 335-358.
7. Sester, M.: Maßstabsabhängige Darstellungen in digitalen räumlichen Datenbeständen. Habilitationsschrift, Universität Stuttgart, 2000.
8. V. Walter: Zuordnung von raumbezogenen Daten - am Beispiel der Datenmodelle ATKIS und GDF. Dissertation, Universität Stuttgart, 1997.