

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 101 (2003)

**Heft:** 5: GIS-Sondernummer = Numéro spécial SIT

**Artikel:** Abfragesprachen für rasterbasierte Geo-Informationssysteme

**Autor:** Graeff, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236007>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Abfragesprachen für rasterbasierte Geo-Informationssysteme

Geo-Informationssysteme sind heutzutage ein unverzichtbarer Bestandteil für die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Darstellung von Geodaten geworden. Ihre Bedeutung zeigt sich quer durch verschiedene Bereiche von Anwendungen. Für rasterbasierte GIS-Systeme bestehen jedoch noch zu wenige Analysewerkzeuge. Dieser Artikel stellt zwei Ansätze für eine SQL-ähnliche Abfragesprache zur Datenanalyse von kartografischen Rasterdaten im GIS vor.

*Les systèmes d'information géographiques sont un outil indispensable pour l'acquisition, la gestion, l'analyse et la visualisation de données géo-spatiales. Leur importance est démontrée par les applications réalisées dans différents domaines. Il n'existe pourtant pas encore suffisamment d'outils pour l'analyse des données raster. Cet article présente deux méthodes basées sur un langage de requête semblable au SQL servant à analyser dans un SIG les données cartographiques en format raster.*

I sistemi informativi geografici sono strumenti indispensabili per l'acquisizione, la gestione, l'analisi e la visualizzazione dei dati geo-spaziali. L'importanza dei GIS è confermata dalle applicazioni realizzate in una molteplicità di settori. Nei GIS con dati a strutture raster esistono attualmente solo pochi strumenti per l'analisi di tali dati. Il presente articolo illustra due soluzioni per la realizzazione di un linguaggio di interrogazione simile a SQL, con il quale diventa possibile l'analisi di immagini cartografiche raster, in base al loro contenuto geometrico e semantico.

B. Graeff

## Einleitung

In den letzten Jahren erfolgte im Bereich der Geodatenhaltung ein grosser Umbruch. An die Stelle von analogen Karten, Plänen, Rissen und Verzeichnissen sind

mehr und mehr digitale Geo-Informationssysteme getreten, bei denen die Geodaten vernetzt und funktionsübergreifend eingesetzt werden können. Die vormaligen separaten Aufgabenfelder Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation von Daten sind nunmehr in leistungsfähigen GIS-Paketen integriert vorzufinden.

Mit dem Aufkommen der GIS-Technologie ist das Bestreben verbunden, die noch immer zahlreich in analoger Form vorliegenden Geodaten einer digitalen Nutzung in Informationssystemen zuzuführen. Die Scannertechnologie liefert hierzu den schnellsten und kostengünstigen Weg. So können aus analogen Dokumenten digitale Rasterdaten gewonnen werden.

Herkömmliche GIS-Technologien offerieren ihre Funktionalität jedoch nur für wohlstrukturierte Daten, wie etwa Vektordaten. Es ergibt sich daher die Notwendigkeit, die nach dem Scannen gewonnenen Rasterdaten möglichst verlustfrei und informationskonform in Vektordaten zu überführen. Dieser Bearbeitungsschritt (Mustererkennung) ist kostenaufwändig und in automatisierten Verfahren häufig mit Fehldetektionen bzw. unbeabsichtigten Informationsverlust verbunden. Die Erfahrungen hiermit haben gezeigt, dass die angewandte Methode der Mustererkennung stets angepasst, verbessert und verfeinert werden muss.

Hingegen wird die Bedeutung von Rasterdaten als Information enthaltene Geodaten zunehmend auch für GIS-Systeme erkannt. Rasterdaten haben den Vorteil, dass sie nicht nur einfach und kostengünstig herzustellen sind, sondern die raumbezogene Information in einem originärerem Zustand als Vektordaten wiedergeben.

Daher sind für rasterbasierte GIS-Systeme die Aufgabenfelder Erfassung, Verwal-

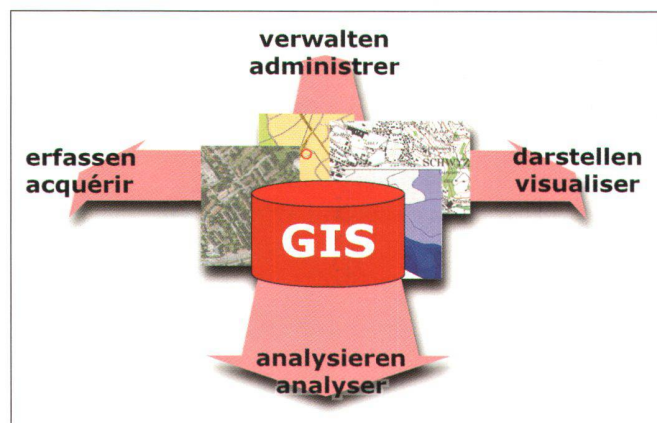


Abb. 1: Grundfunktionen eines GIS.

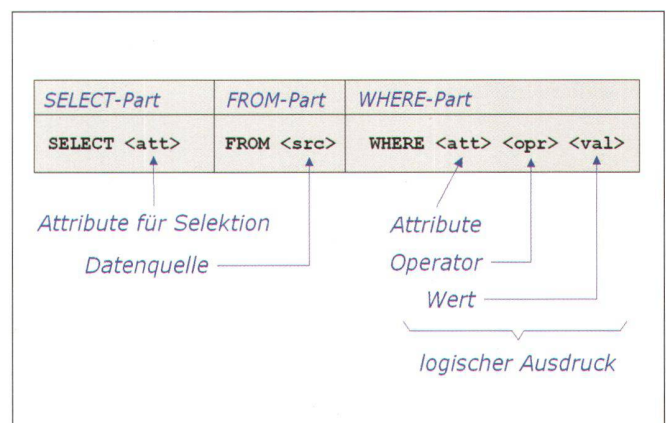


Abb. 2: Struktur einer SQL-Abfrage (query).

tung, Analyse und Präsentation datentypspezifisch zu definieren. Besonders im Bereich der Datenanalyse, für die in vektorbasierten GIS-Applikationen Abfragewerkzeuge (Query-Tools) zur Verfügung stehen, besteht hierbei noch ein gewisser Entwicklungsbedarf, auf die dieser Artikel eingeht.

## Rasterbasierte Geo-Informationssysteme

Rasterdaten, die durch das Einscannen von Plänen, Karten, Vermessungsrissen, analogem Bildmaterial erhalten oder durch das Aufnehmen von Luftbildern in CCD-Kameras gewonnen werden, enthalten raumbezogene Information. Wenn wir Rasterdaten auf dem Bildschirm betrachten, sind wir in der Lage, die dargestellten Objekte mit Hilfe unserer Erfahrung und unserer Kenntnisse vom Bildverstehen oder vom Plan-, Riss- resp. Kartenlesen zu verstehen. Was für den Menschen sehr einfach ist, gestaltet sich für den Computer äusserst schwierig. Rasterdaten speichern zwar interpretierbare raumbezogene Information, jedoch ist diese Information nicht explizit und objekt-segmentiert adressierbar. Sie ergibt sich nur implizit aus der Zusammenschau von grösseren zusammenhängenden Pixelverbänden.

Bei rasterbasierten Geo-Informationssystemen bedarf es einer ähnlich guten Integration der Aufgabenfelder Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation von Daten wie beim vektorbasierten GIS, um als leistungsstarkes Instrumentarium Akzeptanz zu finden.

Während die Erfassung uns insbesondere die Datenintegration (Einführung neuer Rasterdaten in das GIS) sowie die Visualisierung keine Schwierigkeiten bereiten, müssen hinsichtlich der Datenverwaltung und -analyse leistungsstarke Funktionen entwickelt werden. Bezüglich der Verwaltung von Rasterdaten gibt es bereits interessante Ansätze, Rasterdaten mit Hilfe von Datenbanken zu verwalten [Nebiker (1997), Widmann and Baumann (1998)]. Hierbei geht es vor Allem um ei-

nen möglichst schnellen Zugriff auf die pixelweise vorliegende Information.

Für die Datenanalyse von Rasterdaten sind an der ETH Zürich in den letzten Jahren zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt worden, die auf Abfragesprachen (query languages) beruhen.

## Abfragesprachen und GIS

Die Technik der Abfragesprachen (query languages) findet sich vor allem bei Datenbanken. Heutzutage ist dort SQL (structured query language) ein anerkannter Standard. Ziel der Abfragesprachen ist es, dem Informationssuchenden gezielt Daten in einer strukturierten Form zuzustellen. Dabei muss der Abfragende nicht die physischen Zugriffsmechanismen auf die Datenbankinhalte kennen, sondern er kann dieses mit Hilfe eines sprachenähnlichen Tools vollziehen. Abfragesprachen zeichnen sich durch einen geringen, einfach erlernbaren und der englischen Sprache angelehnten Wortschatz mit einfacher Grammatik aus. So zeichnet sich die Datenabfrage mittels SQL durch die charakteristischen Schlüsselwörter SELECT, FROM, WHERE aus, die vom Benutzer leicht ausgefüllt werden können.

Hinter dem SELECT folgen diejenigen Attribute von Daten, die der Benutzer angezeigt bekommen möchte (Fragestellung: Was ist gesucht?), FROM spezifiziert die Datenquelle (Wo stehen die Daten?) und im WHERE-Teil gibt der Benutzer die besondere Beschaffenheit bzw. die Bedingungen an, die die Daten erfüllen müssen, um seinem Wunsch nach Information zu entsprechen (Wie beschaffen?). Mit Hilfe dieser, in den Grundzügen sehr einfachen Formulierung kann aus dem Gesamtbestand an Information, das in einem Datenbanksystem gespeichert ist, explizit der für die Anfrage relevante bzw. gewünschte Teil herausgelöst werden.

Solche «Abfragemechanismen» beherrschen auch den Geodatenmarkt. Wenn unterschiedlichste Anwender topografische Karten, Luftbilder, Katasterpläne und andere Unterlagen heranziehen, versuchen sie, aus der Gesamtheit der dargestellten raumbezogenen Information denjenigen Teil herauszulesen, der zur Lösung ihrer Aufgabenstellung wichtig ist. Ein Architekt, der für den Bau eines Hauses einen Katasterplan zu Rate zieht, interessiert sich für die Flächengeometrie der zu bebauenden Zelle, den Strassenanstoss und die Lage der wichtigsten Versorgungsleitungen. Andere Informatio-

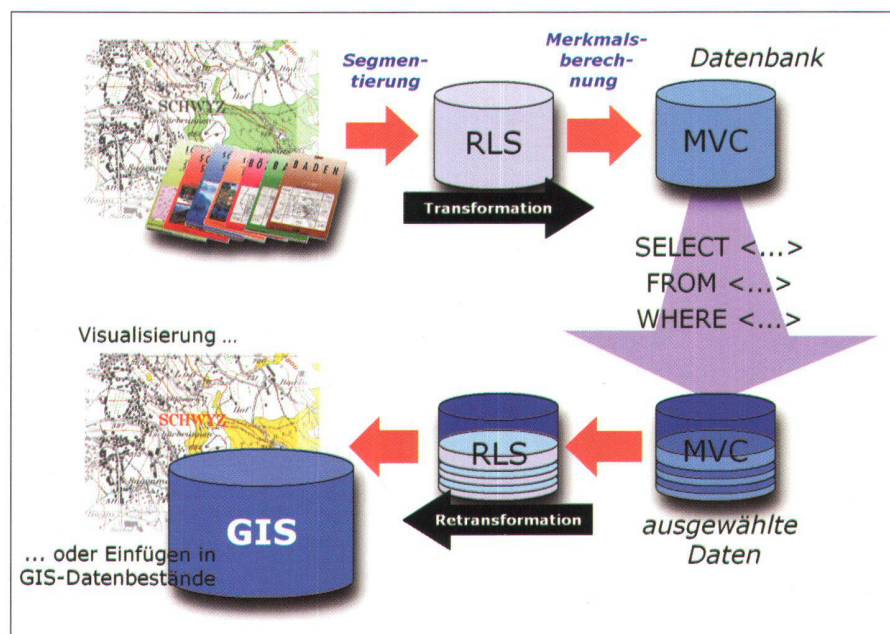


Abb. 3: Schema der Abfrage von Objektmerkmalen.



Abb. 4: Segmentierung und Berechnung von Objektmerkmalen.

nen, wie etwa die Vegetation wird nicht benötigt. Für Von-Tür-zu-Tür-Routenplaner hingegen interessiert die Flächengeometrie einer einzelnen Parzelle samt Liegenschaft nicht. Da genügt die Information, wo sich die Liegenschaft (punktuell) befindet und wie sie an das Strassen- und Wegenetz angebunden ist.

Es können noch viele weitere Beispiele angegeben werden, wo auch in Geodaten Abfragen als analytisches Mittel eingesetzt werden.

Bezogen auf Rasterdaten (etwa den in Rasterform vorliegenden topografischen Landeskarten der Massstäbe 1:25 000, 1:50 000 und 1:100 000) hat die ETH Zürich zwei verschiedene Abfragemethoden entwickelt, deren Wortschatz und Grammatik auf SQL basiert. Die eine Methode ermöglicht, bestimmte geometrische und topologische Merkmale von dargestellten Objekten gezielt abzufragen. Die andere Methode nutzt hingegen neben der Geometrie auch die Semantik zur gezielten Informationsgewinnung aus Rasterdaten.

## Abfrage von Objektmerkmalen

Zur Identifikation bestimmter Objektklassen auf Rastervorlagen können Objektmerkmale abgefragt werden [Frischknecht (1999)]. Objektmerkmale sind geometrische bzw. topologische Kenngrößen, die zu Segmenten eines Rasterbildes errechnet werden.

Hierfür ist in einem ersten Schritt das Rasterbild in einzelne Rastersegmente zu zerlegen, die als Objekte betrachtet werden. Dieses Verfahren wird in der Bildverarbei-

tung als Segmentierung bezeichnet. Bei der Segmentierung werden Pixelregionen nach gewissen Segmentierungsregeln zu Objekten zusammengefasst und als solche voneinander abgegrenzt. Die Regeln, die einer Segmentierung zu Grunde liegen, können sehr unterschiedlich sein und somit zu einer unterschiedlichen Objektdefinition im Bild führen. Nahe liegend sind jedoch Segmentierungsverfahren, bei denen benachbarte gleichfarbige Pixel als zu einem Objekt und benachbarte verschiedenfarbige Pixel als zu zwei verschiedenen Objekten gehörig erachtet werden. Bei der Segmentierung rasterbasierter topografischer Karten macht eine solche Segmentierungsregel Sinn: Freistehende Gebäude werden somit direkt als Objekte betrachtet. Probleme entstehen bei einer solchen Segmentierungsmethode erst dann, wenn sich gleichfarbige Bildinhalte berühren (etwa mehrere Gebäude mit einer Strassenbegrenzungslinie) und aus diesem Konglomerat nur ein Objekt im Sinne der Segmentierungsregeln entsteht.

Jedes aus der Rastersegmentierung entstandene Rastersegment wird fortan als Bildobjekt betrachtet. Sie können durchnummeriert und somit identifiziert werden. In einer Datenbank können zu jedem Objekt Eigenschaften und Kenngrößen gespeichert werden, die als Merkmale bezeichnet werden. Zu solchen Merkmalen können verschiedene geometrische und topologische Größen herangezogen werden, etwa die Anzahl der Pixel im Rastersegment als Mass der Fläche, die Schwerpunktkoordinaten des Segmentes, Länge und Breite des Objekts, Umfang, Anzahl der Löcher, Hauptachsenhalbmesser und -orientierung und viele andere Größen [Frischknecht (1999)]. Die meisten Merkmale werden durch numerische Werte repräsentiert (Ganzzahlen, Fließkommazahlen) oder durch Boolesche Variablen (ja, nein für qualifizierende Eigenschaften), z.B. bei einem Merkmal, das angibt, ob der Schwerpunkt selbst zum Segment gehört oder ausserhalb liegt. In einer Datenbank repräsentieren die Objektmerkmale die Datenattribute bzw. Datenfelder.

Nun kann die von der Datenbanktechnologie stammende Abfragemethode (SQL) eingesetzt werden, um eine Auswahl unter den Objekten zu treffen. Sollten z.B. zu einem segmentierten Rasterbild das Merkmal area (Fläche) berechnet worden sein, so kann mit einem SQL-Befehl wie *SELECT \**

*FROM Objekte*

*WHERE area BETWEEN 100,200*

diejenigen Objekte herausgefunden wer-



Abb. 5: Objektmerkmalsbasierte Abfrage für die Grenzlinie: Die hintereinander ausgeführten Abfragen nach den Merkmale Fläche (area), Hauptachsenverhältnis (lambdaq) und Kompaktheit (kompakt) führen zur sukzessiven Eingrenzung des Resultats.



Abb. 6: Schema zur geometrisch-semanticen Abfrage.

den, deren Flächeninhalt zwischen 100 und 200 (Pixeln) beträgt. Damit solche Abfrageresultate nicht nur auf der Ebene der Datenbank verbleiben, werden die ausgewählten Rastersegmente anschliessend im Bild mit einer besonderen Farbe markiert und sichtbar gemacht.

Genau betrachtet wird bei dieser Abfragemethode durch die Segmentierung und die Berechnung der Objektmerkmale zu jedem Rastersegment eine Abbildung des Rasterbildes in eine korrespondierende Datenbank vorgenommen. Erst hier kommt eine SQL-gesteuerte Abfrage zum Einsatz, dessen Resultat abschliessend über die Objektidentifikation wieder auf das Bild übertragen wird, indem entsprechende Rastersegmente umgefärbt werden. Dieses entspricht einem indirekten Weg, da eigentlich nicht im Bild selbst, sondern nur in einer äquivalenten Datenbank abgefragt wird.

## Abfrage von geometrisch-semanticen Information

Auf der Suche nach einem direkten Weg für die Bildabfrage wurde eine neue Abfragemethode entwickelt, bei der die Verknüpfung zwischen einer geometrischen Zeichen- bzw. Objektdefinition und der Semantik im Vordergrund steht [Graeff (2002)]. Dieser Ansatz geht vom Wissen um Zeichen und Symbole aus, das z.B. in der Legende einer Karte explizit deklariert oder im Falle von Schriftzeichen als «allgemein erlerntes Wissen» vorhanden liegt. Dieses Wissen besteht aus zwei Komponenten: der grafisch-geometri-

schen Komponente und der semantisch-thematischen Komponente. Die grafisch-geometrische legt die grafische Ausprägung des Zeichens und den Raumbezug fest. In der semantisch-thematischen Komponente wird die Bedeutung des Zeichens und weitere thematische Attribute abgespeichert. Beides zusammen ergibt pro Zeichen ein sogenanntes wissensbasiertes Template (Muster). Mit Hilfe solcher Wissenskomponenten kann eine Abfrage direkt im Bild erfolgen. Eine SQL-ähnliche Abfrage basierend auf diesem Prinzip ist z.B.

```
SELECT line
FROM Rasterbild
WHERE region LIKE ROTATED Grenzkreuz
```

Das SELECT-Attribut gibt den Ausgabotyp

der raumbezogenen Information wieder. In diesem Falle ist eine Linie (line) gefragt und sie wird als Linienvektor vom System zurückgegeben. Andere Möglichkeiten sind point für Punktsignaturen und area für Flächensignaturen. FROM spezifiziert die Datenherkunft. In diesem Falle handelt es sich um das Rasterbild selber. Mit WHERE werden Bildvergleiche ausgedrückt. Der Attributsschlüssel region steht für einen begrenzten Bereich zusammenhängender Pixel. Der Operator LIKE ROTATED führt den matchenden Vergleich zwischen dem Bildausschnitt und dem Template Grenzkreuz durch. Im Template «Grenzkreuz» ist das Wissen über die Signatur abgespeichert.

Während im Datenbank-SQL exakte mathematische Operatoren für den Attributvergleich herangezogen werden, steht in diesem Fall ein neuer Operator (hier: LIKE ROTATED) zur Verfügung. Dieser impliziert eine Reihe methodenspezifischer Parameter, die mehrere Aufgaben erfüllen:

- Der Bildvergleich muss je nach Operator gleichermassen für rotierte und skalierte Signaturen möglich sein.
- Der Bildvergleich muss selektiv und signifikant sein: Verwechslungsgefahren zwischen geometrisch-grafisch ähnlichen, aber semantisch verschiedenen

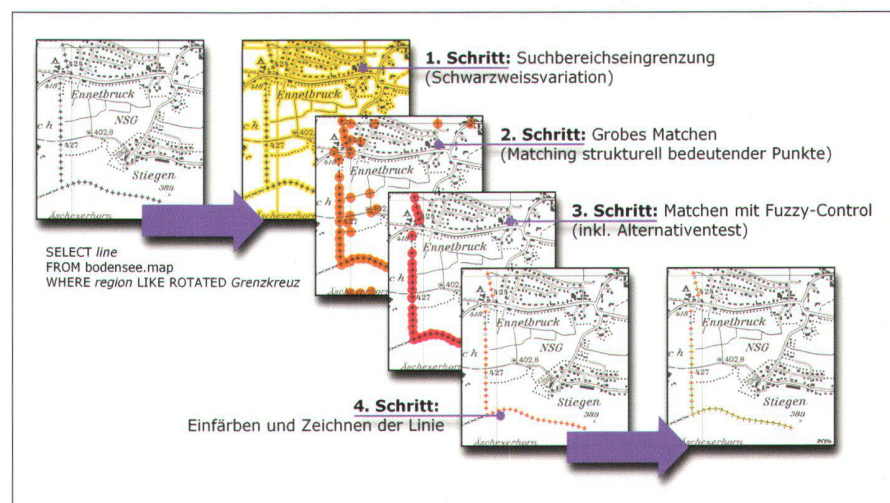


Abb. 7: Prozessschritte bei der geometrisch-semanticen Abfrage: Bildeingrenzung auf Grund der Farbwerte, Matching charakteristischer Bestandteile, fuzzifiziertes Matching mit Alternativentest, Ausgabe des Resultats als überlagertes DXF-Linienfile.

Signatures müssen durch geeignete Strategien aufgefangen werden.

- Abfrageresultate müssen schnell zur Verfügung gestellt werden. Hierzu werden Methoden der Fuzzy-Logik und der Fuzzy-Regelung (Fuzzy Control) eingesetzt. Die Eingrenzung der Bildstellen auf die Abfrageresultate erfolgt dabei in einem mehrstufigen Prozess.

Die Abfragemethode basiert auf einem wissensbasierten Template-Matching-Ansatz, d.h. dem Vergleichen von vordefinierten Mustern mit Strukturen im Rasterbild. Diese Methode hat den Vorteil, dass sie erstens direkt im Bild eingesetzt werden kann, und dass zweitens keine Segmentierung zur Objektbildung notwendig ist, wie es bei der Merkmalsabfrage der Fall ist.

### Ausblick

Die beiden vorgestellten Abfragemethoden (Abfrage von Objektmerkmalen und

die geometrisch-semantiche Abfrage) sind Ansätze zur Aufwertung rasterbasierter GIS-Systeme. Sie zeigen, dass im Bereich kartografischer Rasterdaten, die einfach und ohne grossen Kostenaufwand aus bestehenden Beständen produziert werden können, strukturierte raumbezogene Analysen vorgenommen werden können. Die Abfragesprachen liefern somit einen Ansatz, rasterbasierte Systeme um die häufig fehlende Analysefunktionalität zu ergänzen.

#### Literatur:

Frischknecht, S. (1999): Eine Abfragesprache für die Geometrie von Rasterelementen für die rasterorientierte Kartographische Mustererkennung und Datenanalyse. Mitteilungen Nr. 69 des IGP an der ETH Zürich.

Graeff, B. (2002): Abfragesprache für geometrische und semantische Information aus rasterbasierten topografischen Karten. Mitteilungen Nr. 77 des IGP an der ETH Zürich.

Nebiker, S. (1997): Spatial Raster Data Mana-

gement for Geo-Information Systems. A Database Perspective. Mitteilungen Nr. 63 des IGP an der ETH Zürich.

Widmann, N. and Baumann P. (1998): Towards Comprehensive Database Support for Geo-Scientific Raster Data. In: Proceedings of the ACM-GIS 97, Las Vegas, Nevada, USA, November 1997.

Die Abbildung von Ausschnitten der Schweizerischen Landeskarten erfolgt mit freundlicher Genehmigung durch das Bundesamt für Landestopographie, Wabern (BA034972).

Dr. sc. techn. Bastian Graeff  
Dipl. Vermessungsingenieur  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
ETH Hönggerberg  
CH-8093 Zürich  
graeff@geod.baug.ethz.ch

**K&K**  
**ELECTRONIC**  
**PUBLISHING**  
AKTIENGESELLSCHAFT  
CH-8902 URDORF  
IN DER LÜBERZEN 17  
TELEFON 01 734 51 55  
TELEFAX 01 777 17 86  
ISDN 01 777 17 85  
e-mail: k-k-pub@uudiol.ch

**GESTALTUNG?**  
**KONZEPT?**  
**BELICHTUNG?**  
**DRUCK?**

WIR SETZEN IHRE IDEEN UND VORSTELLUNGEN IN GEDRUCKTES UM.