

**Oberseminar: Datenbanksysteme -
Aktuelle Trends:
Geodatenbanken**

Viktoria Schubert

7. Juli 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Informationssysteme	3
2.1	Geoinformationssysteme	3
2.2	Offene Geoinformationssysteme	3
2.3	Geodienste	4
3	Geodaten	6
3.1	Eigenschaften	6
3.1.1	Geometrische Eigenschaften	6
3.1.2	Topologische Eigenschaften	6
3.1.3	Thematische Eigenschaften	6
3.1.4	Temporale Eigenschaften	7
3.2	Standardisierung von Geodaten	7
3.2.1	Feature-Geometry-Modell	7
3.2.2	Simple-Feature-Modell	7
4	Funktionalität von Geodatenbanksystemen	9
4.1	Räumliche Basisanfragen	9
4.2	Indexierung von Geodaten	10
4.2.1	R-Bäume	10
4.2.2	Quadrees	10
4.3	Geocoding	11
4.4	Oracle Spatial	11
4.5	Fazit	12

Kapitel 1

Einleitung

Geodatenbanken finden in so vielen Bereichen ihre Verwendung. Allein das Navigieren mit Hilfe eines Navigationssystems wäre ohne Geodatenbanken nicht ohne Weiteres möglich. Auch die Erstellung von Landkarten, Bebauungsplänen, Katasterkarten oder Landschaftsplänen wäre deutlich aufwändiger. Doch wie lässt sich ein Stück unserer Welt in einer Datenbank abbilden und speichern und wie können diese Daten genutzt werden? Diese Frage sowie der Aufbau, die Eigenschaften und die Standards der Geodaten soll in dieser Arbeit und im dazugehörigen Vortrag behandelt werden.

Kapitel 2

Informationssysteme

Informationssysteme sind Systeme zur Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung von Informationen. Geoinformationssysteme, offene Geoinformationssysteme und Geodienste sind eine Untermenge der Informationssysteme. ([Bri13], S. 3)

2.1 Geoinformationssysteme

Geoinformationssysteme - kurz GIS - befassen sich mit der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung von räumlichen Daten. Sie grenzen sich von anderen Informationssystemen indem sie räumliche Daten verwalten und keine reinen Sachdaten. GIS finden im Vermessungswesen (für topografische Karten), im Katasterwesen (Liegenschaftskarten), für Raum- und Bebauungspläne, in der Telekommunikation (Anzeige von Mobilfunkstationen), im Umweltschutz, in der Geologie, in der Logistik und in der Landschaftsarchitektur ihren Einsatz. ([Bri13], S. 3) Informationssysteme und auch Geoinformationssysteme bestehen aus vier wesentlichen Komponenten: Erfassung, Verwaltung und Speicherung in der Geodatenbank (Kern des Systems), Analyse und Verarbeitung sowie der Präsentation der Daten. Die Wechselwirkungen sind in Abb. 2.1 zu sehen. Die erfassten Daten werden in der Geodatenbank gespeichert. Die Geodatenbank kümmert sich Modellierung, Speicherung sowie die Bereitstellung der Daten. Diese werden dann vom GIS weiterverarbeitet, analysiert (sofern nötig) und dann für Nutzende ausgegeben.

2.2 Offene Geoinformationssysteme

GIS waren lange Zeit aufgrund spezieller technischer und funktionaler Anforderungen eine Eigenentwicklung der jeweiligen Anbieter. Es wurden auf die Nutzung bereits vorhandener Komponente und Systeme verzichtet. Auch die Datenmodellierung und Speicherung waren bei GIS-Anbietern demnach traditionell den Entwicklern selbst überlassen. Daraus ergeben sich folgende Probleme: die GIS-spezifischen Lösungen genügen oft nicht den üblichen Standards im Datenbankbereich und es kommt zu einer hohen Abhängigkeit vom Systemanbieter und einem hohen Schulungsaufwand für Nutzende. Als Lösung stellt sich ein *offenes Geoinformationssystem* heraus. Vom *Open Geospatial Consortium*

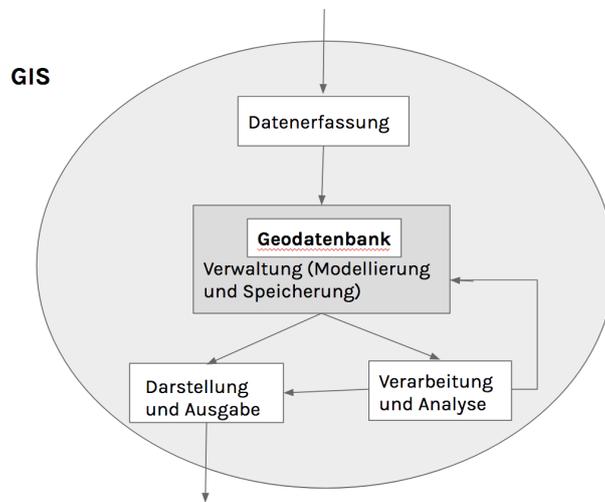


Abbildung 2.1: Bestandteile eines Geoinformationssystems [Bri13]

¹ wurden Normen entwickelt, zur Beschreibung geeigneter Geodatenformate, Datenmodelle, Schnittstellen und standardisierten Metadaten. Ziel ist es, das mehrere Systeme miteinander arbeiten können. ([Bri13], S. 4 f.)

2.3 Geodienste

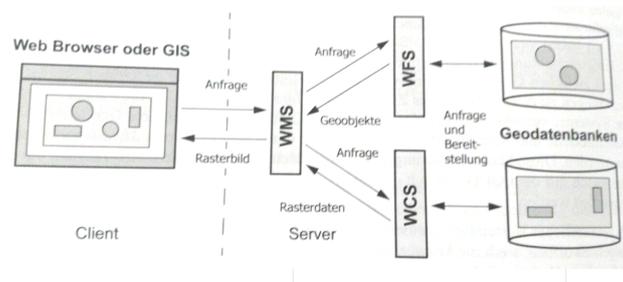


Abbildung 2.2: Datenbereitstellung durch Geodatenbanken für Geodienste [Bri13]

Geodienste sind wichtige Entwicklung zur internetbasierten Bereitstellung von Karten, Geodaten und deren Metadaten. Es gibt eine Reihe von standardisierten Schnittstellen:

- Web Map Service (WMS): Schnittstelle zur Bereitstellung von raster-, aber auch von vektorbasierten Karten aus dem Internet
- Web Feature Service (WFS): Schnittstelle zur Bereitstellung und evtl. Veränderung von Vektordaten

¹Open Geospatial Consortium: Zusammenschluss zahlreicher GIS-Anbieter, Anwender, Forschungseinrichtungen um Standards zu entwickeln

- Web Coverage Service (WCS): Schnittstelle zur Bereitstellung und evtl Veränderung von Rasterdaten (flächenbasierte Daten)
- Catalog Service of the Web (CSW): Schnittstelle zur Bereitstellung von Metadaten

Ein WMS bezieht seine Vektordaten aus einem WFS und die Rasterdaten aus WCS. WFS und WCS beziehen die Daten jeweils aus Geodatenbanken.

Neben standardisierten Geodiensten gibt es auch *proprietäre* Geodienste, wie *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps*. Dienste dieser Art haben offene Programmierschnittstellen (APIs), die Basiskarten um eigene Geoobjekte ergänzen können. Diese Kombinationen werden als *Mashups* bezeichnet.

Kapitel 3

Geodaten

3.1 Eigenschaften

3.1.1 Geometrische Eigenschaften

Geometrische Eigenschaften sind Koordinaten, die die Lage oder Ausdehnung eines Geoobjektes beschreiben. Die können durch zwei Modelle repräsentiert werden: dem Vektormodell und dem Rastermodell. Dabei wird jeweils zwischen objektbasiert und raumbasiert unterschieden. Ein objektbasiertes Vektormodell beschreibt Geoobjekte durch Punkte und Linien im Koordinatensystem. Die Lage der Punkte wird jeweils über Koordinaten beschrieben. Scharfe Linien trennen thematischen Eigenschaften voneinander ab. Im raumbasierten Vektormodell werden Ebenen im dreidimensionalen Raum vektoriell beschrieben. Diese Beschreibung dient beispielsweise der Modellierung von Geländeformen. Das objektbasierte Rastermodell hingegen, zerlegt zunächst den Datenraum in gleichförmige Teilflächen (Pixel). Raumbasierte Rastermodelle beschreiben Rasterbilder, die z.B. aus Luftaufnahmen oder Satellitenbildern gewonnen werden. ([Bri13], S. 63 f.)

3.1.2 Topologische Eigenschaften

Topologische Eigenschaften beschreiben relative räumliche Beziehungen von Objekten, also z.B. Nachbarschaften oder Überschneidungen. Bezüglich ihres Transformationspunktes werden diese Eigenschaften nicht verändert.

3.1.3 Thematische Eigenschaften

Bei thematischen Eigenschaften handelt es sich um reine Sachdaten. Dazu zählen nominative Eigenschaften wie Ortsnamen oder Postleitzahlen, qualitative Eigenschaften wie Gemeindestatus oder Wochentage der Müllabfuhr und quantitative Eigenschaften wie Niederschlagsmenge oder die Einwohnerzahl einer Gemeinde. Sie lassen sich über Mechanismen der eines relationalen Datenbanksystems beschreiben. In GIS werden sie oft als *Layer* dargestellt. Gibt es mehrere überlappende Layer werden mehrere thematische Attribute einem oder mehreren Geoobjekten zugeordnet. Bei einem Layer handelt es sich also um

eine heterogene Menge von Geometrien mit gleichen Attributen. Eine Ebene ist z.B. Niederschlagsmenge, eine andere Ebene kann für die Anzeige von Müllabfuhrterminen zuständig sein. GIS erlauben das Ein- und Ausblenden sowie Kombinieren von Layern.

3.1.4 Temporale Eigenschaften

Temporale Eigenschaften beschreiben den Zeitpunkt oder Zeitraum, zu welchem die bisher erwähnten Eigenschaften ihre Gültigkeit finden. Die Geometrie eines Geoobjektes bleibt meistens über eine kurze Distanz gleich. Durch temporale Eigenschaften kann die Dynamik des Objektes über einen längeren Zeitpunkt beschreiben werden.

3.2 Standardisierung von Geodaten

Ziel der Standardisierung ist es, eine Interoperabilität zwischen GIS-Anwendungen zu gewährleisten. Um dies umzusetzen benötigt es Standards zum Datenaustausch, insbesondere für Modellierung und Speicherung der Geodaten. Dafür gibt es zwei zuständige Organisationen: das *Open Geospatial Consortium (OGC)* und das *Technische Komitee 211 Geographic Information/ Geomatics*. Es entstanden zwei Standardisierung-Spezifikationen: Abstrakte Spezifikationen, also technische Spezialisierung sowie die Modellierung über UML und Implementierungsspezifikationen, die eine Basis für Entwickelnde darstellen soll, auf welcher Software implementiert werden kann. Die Implementierungsspezifikation ist so konkretisiert, das sie mit anderer Software (die diese Spezifikation ebenfalls erfüllen) kommunizieren kann. Als Richtlinien wurden zwei Modelle veröffentlicht: das Feature-Geometry-Modell und Simple Feature Modell.

3.2.1 Feature-Geometry-Modell

Hierbei handelt es sich um konzeptionelles Datenmodell, das die Geometrie und Topologie von Geodaten beschreibt. Das Modell ist eine abstrakte Spezifikation und definiert Standardoperationen für Zugriff, Anfrage, Verwaltung, Verarbeitung und Austausch von Geoobjekten. Das *OGC* definiert Geoobjekte als *Features*, die über zwei Bestandteile verfügen: *Element Property* für allgemeine Informationen und *Geometric Property* für die geometrische Basisdaten (wie Punkte, Streckenzüge, Polygone).

3.2.2 Simple-Feature-Modell

Das Simple-Feature-Modell ist eine Implementierungsspezifikation und liegt in zwei ISO-Normen. Das Modell zeigt die Modellierung von Geometriestrukturen und Objektbildungen. Eine Geometrie wird beschrieben durch Primitiven: also Punkte, Kurven, Flächen. Eine Kurve wiederum besteht aus Streckenzüge und ein Streckenzug besteht aus Linien und Ringen. Eine Fläche besteht aus Polygonen. Jeder Geometrie kann ein räumliches Bezugssystem zugeordnet werden, dem *SpatialReferenceSystem*, siehe Abb. 3.2. ([Bri13], S. 78) Das Simple-Feature-Modell stellt eine Reihe von Methoden zur Verfügung, um räumliche Beziehungen darzustellen und räumliche Analysen zu ermöglichen ([Lan13]).

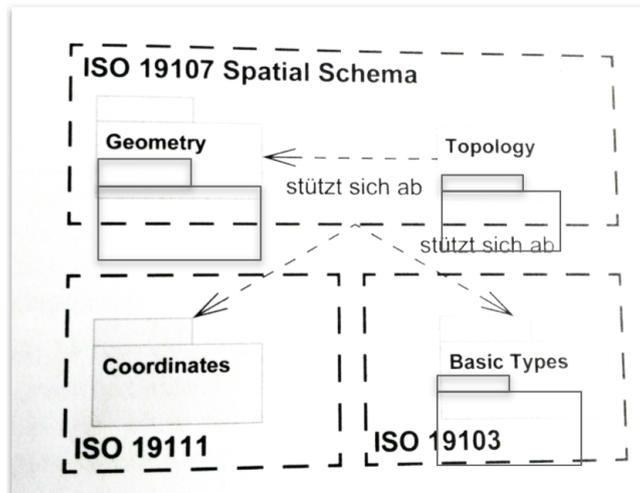


Abbildung 3.1: Feature-Geometry-Modell [Bri13]

Umgesetzt werden die Schemas mit *GML - Geography Markup Language*, eine XML-basierte Beschreibungssprache für Geodaten.

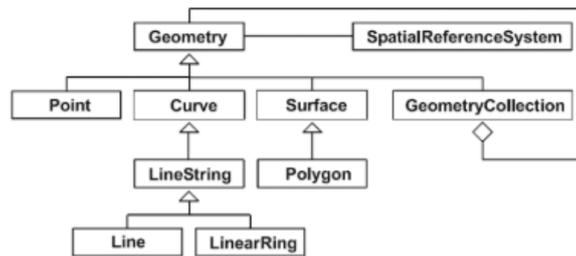


Abbildung 3.2: Simple-Feature-Modell [Bri13]

Kapitel 4

Funktionalität von Geodatenbanksystemen

Nach [Bri13] sind Geodatenbanksysteme Datenbanksysteme, die die Speicherung von Geodaten und die Bearbeitung räumlicher Anfragen unterstützen. Um das umzusetzen, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Es muss geometrische Datentypen bereitstellen, um Punkte, Streckenzüge, Löcher, Polygone und Weitere darstellen zu können und über Methoden verfügen, die die Ausführung geometrischer Funktionen erlauben, also beispielsweise den Schnitt zwischen Flächen oder zur Berechnung der Länge eines Streckenzugs.

Die Verwaltung und Speicherung kann aufgrund der Komplexität von Geodaten nicht in relationalen Datenbanken abgespeichert werden. Stattdessen bietet sich eine Speicherung und Verwaltung in objektrelationalen Datenbanken an. Die komplexe Struktur der geometrischen Datentypen kann so durch entsprechende Klassen modelliert werden. Diese sind in objektrelationalen Geodatenbanksystemen oft schon vordefiniert, ebenso wie geeignete Methoden. Beispiele für konkrete objektrelationale Datenbanksysteme sind *Microsoft SQL Server* oder *Oracle Spatial* ([Bri13], S. 159 ff.).

4.1 Räumliche Basisanfragen

Ist der Raumbezug gegeben (z.B. die Lage eines Punktes im Koordinatensystem) und eine Anfrage wird ausgeführt, dann kann das Geodatenbanksystem eine oder mehrere räumliche Basisanfragen durchführen. Es gibt verschiedene Anfragearten:

- Punktanfrage: zu gegebenem Anfragepunkt p werden alle Geoobjekte, die den Punkt p enthalten selektiert
- Rechteck- oder Fensteranfrage: zu gegebenen Anfragerechteck r werden alle Objekte die r schneiden, selektiert (im Rechteck selbst oder den Rand schneiden)
- Regions- oder Gebietsanfrage: zu einem gegebenen Anfragepolygon (z.B. Gemeinde) pol werden alle Geoobjekte selektiert, die pol schneiden

- Richtungsanfrage: selektiert alle Geoobjekte, die zu dem Anfrageobjekt in einer bestimmten Richtung liegen
- Abstandsanfrage: bestimmt alle Geoobjekte, die sich in einem bestimmten Abstand $dist$ vom Anfragepunkt p befinden
- Nächste-Nachbarn- Anfrage: bestimmt zu einem Geoobjekt obj den nächstgelegenen Nachbarn oder mehrere nächstgelegene Nachbarn
- Räumlicher oder geometrischer Verbund: selektiert einen Verbund, zwischen zwei oder mehr Relationen, die mindestens eine Verbundbedingung enthalten
- Nächste Paar Anfrage: Mischung aus Nächste-Nachbarn und dem räumlichen Verbund

4.2 Indexierung von Geodaten

Durch die Komplexität der Geodaten ergeben sich Anforderungen an die Indexierung:

- die räumlichen Basisanfragen müssen effizient ausgeführt werden
- dynamisches Einfügen, Löschen und Ändern der Geoobjekte muss möglich sein, Indexstruktur sollte sich nicht groß ändern
- gute Speicherplatzausnutzung ([Bri13], S. 187 ff.)

Im Folgenden werden zwei Möglichkeiten zur effizienten Indexierung vorgestellt.

4.2.1 R-Bäume

Bei R-Bäumen handelt es sich um balancierte Bäume - die Blattknoten haben alle den gleichen Abstand zur Wurzel. Ein Baum verfügt über Verzeichnisknoten (R1-R3), die Verweise auf Objekte und deren Nachbarn enthalten. In der nächsten Ebene liegen die Datenknoten (R4-R11), die Informationen über das Geoobjekt enthalten. Im Datenraum werden die Geoobjekte in Rechtecke unterteilt und jeweils von einem minimal umgebenen Rechteck umgrenzt (s. Abb. 4.1). Die Suchen erfolgt über Tiefensuche in Teilbäumen oder in Blattknoten. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Pfadauswahl willkürlich passiert, weshalb eine gute Performance nicht garantiert ist. ([WM], S. 20 ff.)

4.2.2 Quadrees

Eine andere Möglichkeit der Indexierung von Geodaten bieten *Quadrees*. Quadrees zerlegen einen k -dimensionalen Datenraum rekursiv in 2 -hoch- k große Zellen (s. Abb. 4.2). Sie unterteilen eine Zelle so lange, bis nur noch ein Punkt enthalten ist. Der Datenraum selbst wird in Nordwest (NW), Nordost (NO), Südwest (SW) und Südost (SO) geteilt. Das Einfügen eines neuen Punktes würde dann zu neuen Zerlegungen führen. ([Bri13], S. 200 ff.)

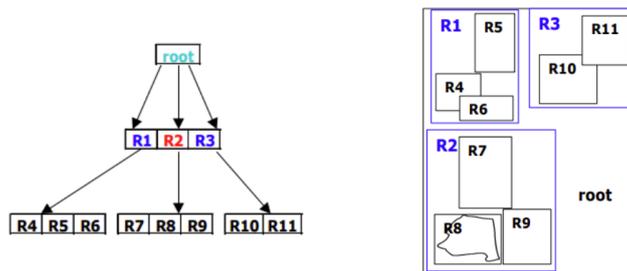


Abbildung 4.1: R-Bäume und Darstellung im Datenraum [WM]

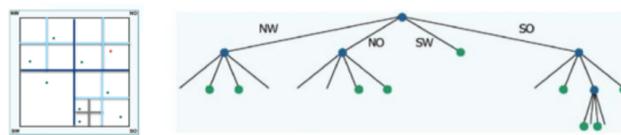


Abbildung 4.2: Quadrees [unb]

4.3 Geocoding

Unter *Geocoding* wird die Transformation von Positionen (z.B. Koordinaten, Adresse, Ortsname) - also einer physische Adresse - in eine Position auf der Erdoberfläche verstanden. Einzelnen Objekten, z.B. Häusern wird dann ein einzigartiger Geocode zugeordnet. Es findet Verwendung in Navigationssystemen zur Ermittlung einer geografische Position zu einer Zieladresse. Ebenso beim *Geofencing* - zur Implementierung einer digitalen Grenzlinie, z.B. geschlossener Bereich, bei dessen Überschreitung etwas ausgelöst wird (digitale Fußfessel, bei Überschreitung der Grenze wird Alarm ausgelöst). ([UNI17])

4.4 Oracle Spatial

Das Datenbankschema von Oracle Spatial ist eine konkrete Implementierung des Simple-Feature-Modells. Es beschreibt ein objektrelationales Datenbankschema zur Repräsentation von Geometrien. Oracle Spatial's Aufgaben ist die Erleichterung der Verarbeitung und Handhabung räumlicher Daten für die Nutzenden und für die darauf aufbauenden Anwendungen (wie ein GIS). Es bietet eine Sammlung an Funktionen und Prozeduren, die es ermöglichen, räumliche Daten zu speichern, zurückzugewinnen, zu updaten und Abfragen darauf auszuführen. Außerdem enthält es ein Schema für die Beschreibung der Speicherung, der Syntax und der Semantik der unterstützten Datentypen, räumliche Indizierungsmechanismen sowie eine Sammlung von Operatoren und Funktionen. Das Modell speichert die gesamte Geometrie eines Objektes in Oracles nativen räumlichen Datentyp - SDO_GEOMETRY. In dieser Klasse können alle relevanten Daten einer Geometrie sowie deren Referenz zum Bezugssystem gespeichert werden. Mit den bereits in Oracle Spatial implementierten Methoden kann beispielsweise direkt eine Konvertierung der Objekte in CLOBs, BLOBs oder in GML

durchgeführt werden. Auch können Zugriffe auf Koordinaten, Längen- und Umfangsberechnungen, Flächeninhalte, Abstandsberechnung von zwei Geometrien, Verschneidungsoperation und weitere Operationen ausgeführt werden. ([Bri13], S. 105 ff.)

4.5 Fazit

Durch das Aufkommen mobiler Endgeräte haben standortbezogene Dienste und auch mobile GIS an Bedeutung gewonnen, die auf mobilen Geodatenbanken basieren. Das macht Geodatenbanken zu nicht mehr wegzudenkenden Systemen, auch in der Zukunft. Die Bereiche Geographie, Umweltforschung, Archäologie, Marketing, Kartografie, Stadtplanung, Kriminologie (Verbrechenskarten), Logistik, Ressourcenmanagement, Gesundheitswesen und Landschaftsarchitektur würden in unserer aktuellen Zeit ohne Geodatenbanksystemen nicht mehr ihren Anforderungen nachkommen können. Besonders mit Oracle Spatial ist ein guter Weg gefunden worden, um diese komplexen Datentypen zu händeln.

Literaturverzeichnis

- [Bri13] BRINKHOFF, Thomas: *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage*. Wichmann Verlag, 2013
- [Lan13] LANGE, Norbert de: *Geoinformatik in Theorie und Praxis, 3. Auflage*. Springer Verlag, 2013
- [unb] UNBEKANNT: *OS Aktuelle Datenbankrends Geodatenbanken*. HTWK Leipzig
- [UNI17] UNISERV: *Geocoding ist mehr als die Anzeige einer Adresse auf einer Karte*. <https://www.nationalgeographic.com/environment/planetorplastic/>, 2017. – Zugegriffen am 03.07.2018
- [WM] WILKE-MÜLLER, Gabriele: *R-Baum eine dynamische Index-Struktur für räumliche Suche*. Universität Konstanz, FB Informatik und Informationswissenschaft