

Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA) presents:

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

**Verantwortliche Personen: Claudia Dolci, Dante Salvini, Helmut
Flitter, Robert Weibel**

Inhaltsverzeichnis

1. Räumliche Abfragen (Spatial Queries)	2
1.1. Einführung in räumliche Abfragen	3
1.1.1. Das Informationssystem	3
1.1.2. Die Grundkomponenten der geographischen Information	4
1.1.3. Klassifikation der Abfragen	6
1.1.4. Ein- und Ausgabe einer Abfrage (Input/Output)	9
1.1.5. Fragen	12
1.2. Thematische Abfragen	13
1.2.1. Vergleichsoperatoren	15
1.2.2. Arithmetische Operatoren	16
1.2.3. Logische Operatoren	17
1.2.4. Kombination der Operatoren	21
1.2.5. Mögliche Abfragen formulieren	23
1.3. Geometrische Abfragen	25
1.3.1. Die geometrischen Grundformen	25
1.3.2. Geometrische Messfunktionen	27
1.4. Topologische Abfragen	36
1.4.1. Topologische Beziehungen	36
1.4.2. Topologische Operatoren	42
1.5. Zusammenfassung	45
1.6. Glossar	46
1.7. Bibliographie	47

1. Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

Ziel der räumlichen Abfragen (Spatial Queries) und deren Analyse ist es, räumliche Beziehungen zwischen Elementen eines oder mehrerer Themen zu ermitteln, um auf dieser Basis eine Lokalisierung von Objekten zu erreichen. Die Analyseergebnisse können dann bei konkreten Fragestellungen zur Entscheidungsfindung beitragen. Die Lektion über die raumbezogene Selektion ist in vier Units unterteilt. Die erste Unit dient der Einführung, dabei sollen die wesentlichen Begriffe aufgefrischt werden und die Kernthemen präsentiert werden. In den folgenden Units werden die angetönten Themen vertieft.

Lernziele

- Sie kennen die Gegenstände der Abfragen und können einen Bezug zwischen der Datenbankstruktur und den Abfragemöglichkeiten herstellen.
- Sie sind in der Lage, eine thematische Abfrage zu formulieren sowie eine einfache als auch eine komplexe Abfrage auszuführen.
- Sie verstehen die Grundlagen geometrischer Abfragen und beherrschen die Ausführung der wichtigsten geometrischen Abfragen.
- Sie kennen die topologischen Beziehungen zwischen den Objekten und können eine topologische Abfrage formulieren.

1.1. Einführung in räumliche Abfragen

Die Datenbankstruktur, welche im GIS enthalten ist, gewährleistet die logische, *konsistente*¹ und geordnete Speicherung und Verwaltung der Daten, wobei sowohl geometrische als auch thematische Angaben in tabellarischer Form vorhanden sind. Unter dem Begriff Datenanalyse versteht man in der Disziplin der Geoinformation jene Untersuchungen, Abfragen, Auswertungen usw., die von strukturierten, gespeicherten Geodaten durchgeführt werden. Eine Abfrage greift über die Grundelemente dieser Struktur – bekanntlich sind das Tabelle, Feld, Datensatz, Wert und Verbindungen – zu den passenden Elementen der gestellten Frage.

Zitate aus der Literatur:

"Die Ableitung neuer Informationen aus den bestehenden raumbezogenen Datenbeständen ist mit die Hauptaufgabe eines Geoinformationssystems.

Die räumliche Analyse schliesst die Analyse und Synthese von raumbezogenen Daten zu einer Einheit [...] Jede räumliche Analyse beinhaltet die fachgerechte Interpretation der Ergebnisse. " (Bill 1999)

Beispiel einer Abfrage:

„Wie gross ist der prozentuale Anteil der Zürcher Stadtbevölkerung, der mehr als 200 m von einer Haltestelle des ö.V. entfernt wohnt?“

1.1.1. Das Informationssystem

Ein Informationssystem ist ein auf einem Datenbestand aufgebautes Frage-Antwort-System. Dieses System enthält Allzweckwerkzeuge zum rechnergestützten Behandeln und Analysieren von Informationen. Haben die gespeicherten Daten einen Raumbezug, so spricht man von einem geographischen Informationssystem (GIS) (Carosio 2000). Ein GIS setzt sich grundsätzlich aus einer Vielzahl einzelner Komponenten zusammen. Zum Teil stellen diese Komponenten Grundfunktionen dar, während andere eher für besondere Applikationen benötigt werden. In diesem Zusammenhang spielen die Benutzeroberfläche, die Funktionen zur Datenabfrage und das Datenverwaltungssystem eine wichtige Rolle. Unter Benutzeroberfläche ist das Medium zu verstehen, welches dem Operateur zur Verfügung steht, um mit dem GIS zu kommunizieren, d.h. um es zu steuern, Operationen auszulösen, Informationen abzufragen usw. Über die Benutzeroberfläche können somit die gewünschten Analysefunktionen angewandt werden, welche auf die Daten zugreifen. Der Datenzugriff sowie das Management der Daten im Allgemeinen ist vom Datenbank-Verwaltungssystem gesteuert.

Die nachfolgenden Abbildungen sollen Ihnen ein Informationssystem näher bringen:

¹ Gewährleisten der Widerspruchsfreiheit innerhalb einer Datenbank; d. h., dass der Inhalt einer Datenbank alle vordefinierten Konsistenzbedingungen („Constraints“) erfüllt.

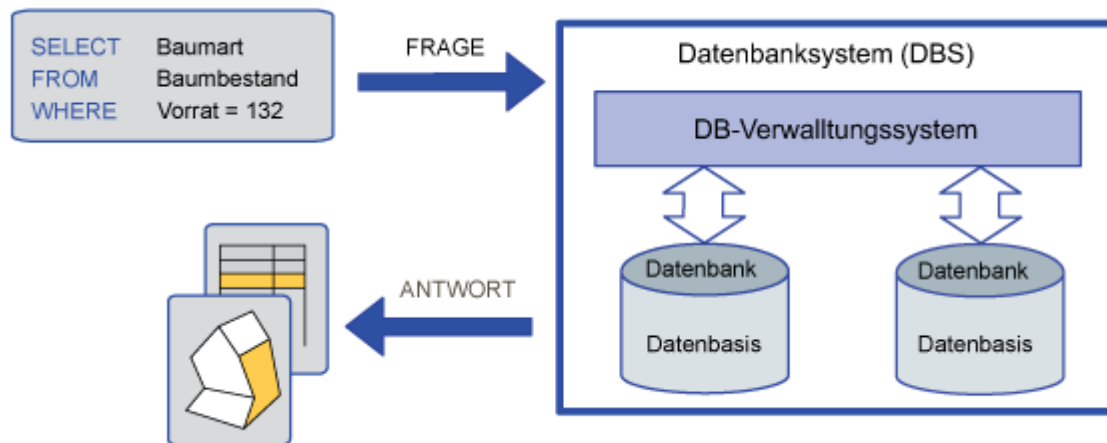


Abb. A: Architektur einer Datenbank

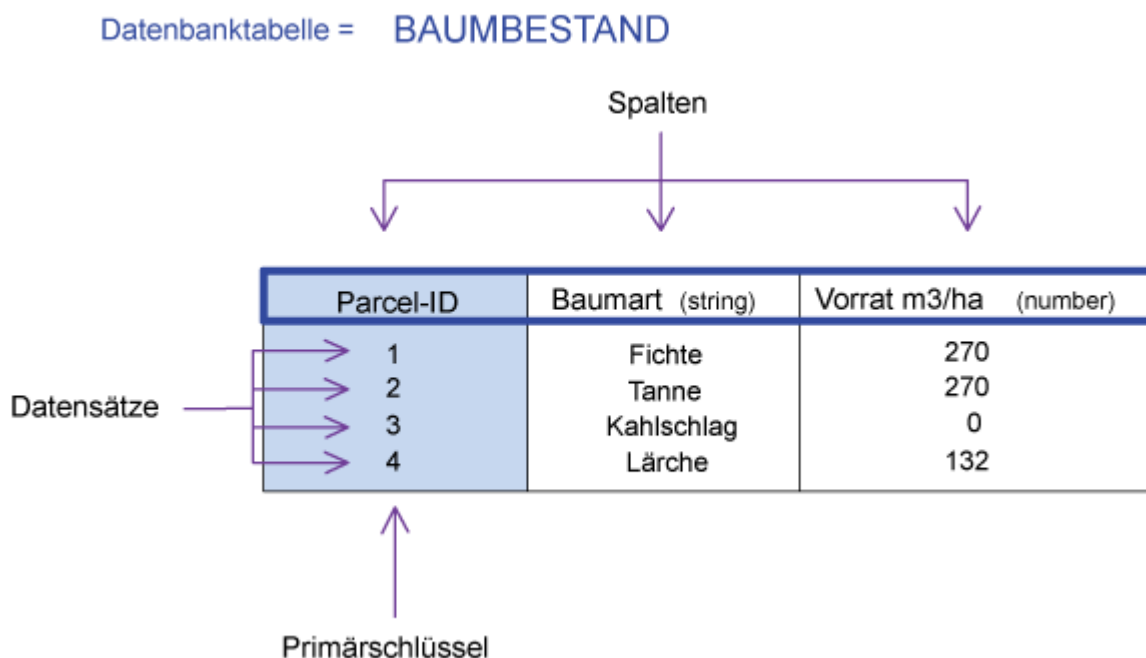


Abb. B: Struktur einer Tabelle

1.1.2. Die Grundkomponenten der geographischen Information

Ein kommerzielles GIS speichert die räumlichen Daten und deren Attribute in separaten Dateien. Entsprechende Zeilen in den Dateien sind über eine Identifikationszahl verknüpft. Das erlaubt dem GIS die Suche und Darstellung von Attributwerten aufgrund von räumlichen Suchkriterien und umgekehrt.

Der Benutzer kann in der geometrischen Darstellung der Daten ein Objekt wählen und sich dessen Eigenschaften anzeigen lassen. Er kann aber auch ausgehend von einem gewählten Eintrag in der Attributtabelle zum entsprechenden geometrischen Objekt gelangen.

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

Die Datenstruktur ist mit dem Zusammenhalt der geometrischen und thematischen Information gleichzusetzen. Die Geometrie kommt im Raumbezug zum Ausdruck. Diesen weisen alle Objekte in einem mehr oder weniger starken Ausmass auf. Sie erfüllen also die Voraussetzungen bezüglich der Lage und der Ausdehnung. Neben metrischen Eigenschaften (Geometrie) sind topologische Eigenschaften zu erwähnen: Sie äussern sich in Beziehungen der Nachbarschaft, des Enthaltenseins, der Überschneidung und Ähnlichem. Neben den der Geometrie zugerechneten Charakteristika weist jedes Objekt auch thematische Eigenschaften auf; d. h. die erfassten Merkmale eines Objektes in tabellarischer Form. Geometrische und thematische Aspekte von Daten beeinflussen einander. Diese sogenannten Objekte können zeitlichen Veränderungen unterliegen. (Bartelme 2000).

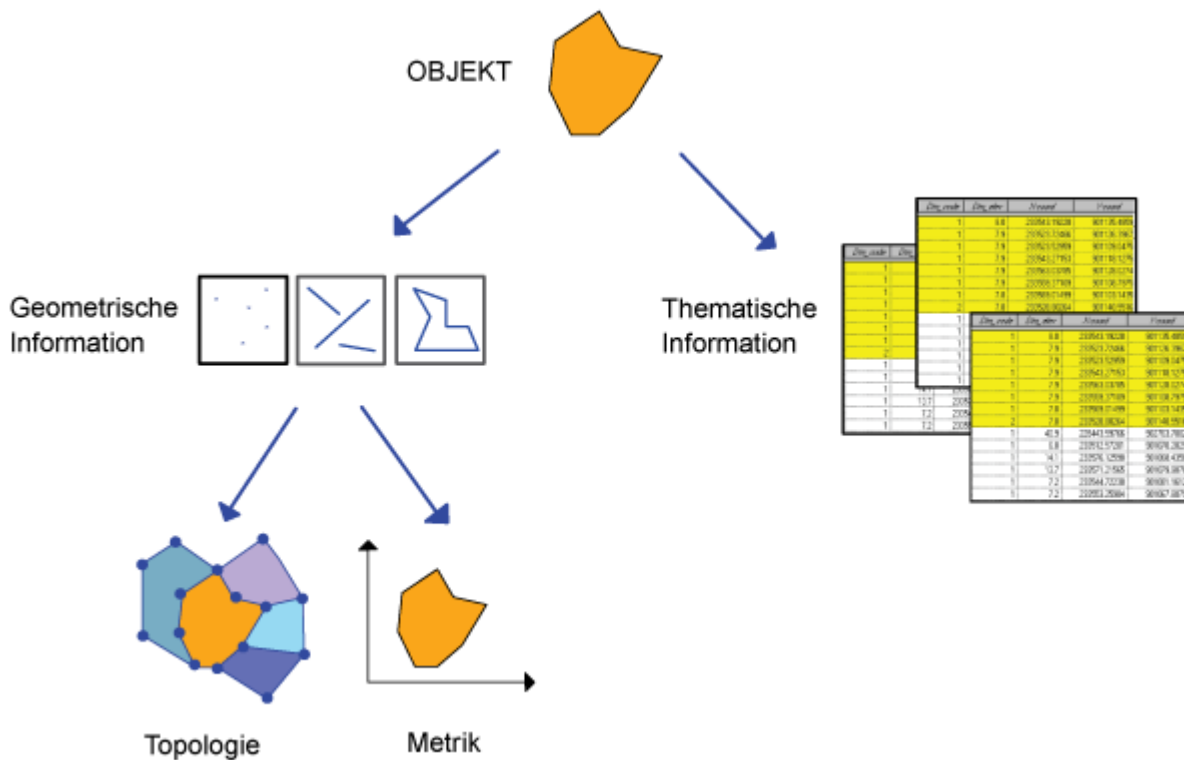
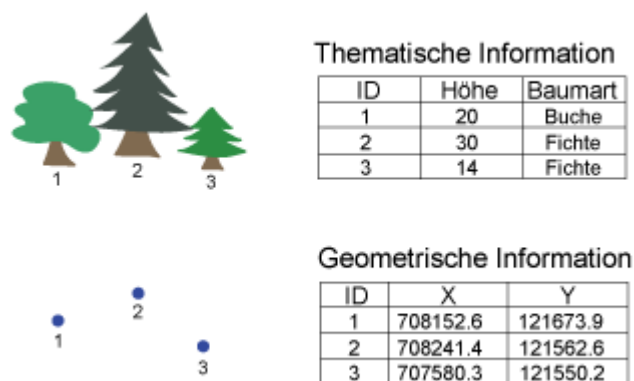
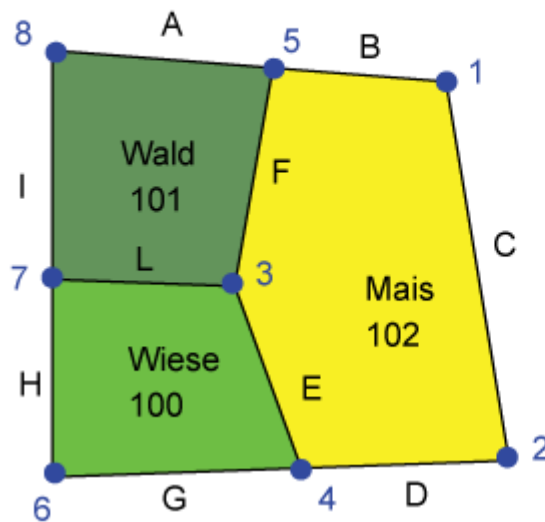


Abb. C: Die Grundkomponenten eines GIS

Beispiel 1:



Beispiel 2:



Thematische Information

ID	Name	Ertrag
100	Wiese	....
101	Wald	....
102	Mais	....

Geometrische Information

ID	Perimeter	Fläche
100
101
102

Geometrische Information

ID	X	Y
1	708241.4	121673.9
2	707580.3	121562.6
3	709010.3	121550.2
4	708875.8	121976.6
5	710405.6	120500.5
6	721512.5	120574.0
7	723649.2	1206457
8	723634.4	120788.2

Topologische Information

ID	FROM NODE	TO NODE	LEFT POLYGON	RIGHT POLYGON	LENGTH
A	8	5	outside	101	....
B	5	1	outside	102	....
C	1	2	outside	102	....
D	2	4	outside	102	....
E	4	3	100	102	....
F	3	5	101	102	....
G	4	6	outside	100	....
H	6	7	outside	100	....
I	7	8	outside	101	....
L	8	3	101	100	....

1.1.3. Klassifikation der Abfragen

Ziel der raumbezogenen Selektion und Analyse ist es, räumliche Beziehungen zwischen Elementen eines oder mehrerer Themen zu ermitteln, um auf dieser Basis eine Lokalisierung von Objekten zu erreichen. Die Analyseergebnisse können dann bei konkreten Fragestellungen zur Entscheidungsfindung beitragen.

Bei einer Abfrage wird eine Reihe von Kriterien formuliert, welche das Gesuchte erfüllen müssen. Dabei sind drei Ansätze möglich:

- Thematische Abfrage:
Selektiert die Objekte, deren Eigenschaften (Attribute) die gestellten Bedingungen erfüllen. Z. B.: „Selektiere alle Bäume der Art Fichte.“
- Geometrische Abfrage:
Selektiert die Objekte, welche die gestellten räumlichen Bedingungen erfüllen. Z. B.: „Selektiere alle Häuser, die weniger als 250 m vom Fluss entfernt sind.“

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

- **Topologische Abfrage:**
Selektiert die Objekte, welche die gestellten Bedingungen bezüglich den räumlichen Beziehungen zwischen den Objekten erfüllen. Z. B.: „Selektiere alle Gebäude, die vollständig in der Wohnzone II (WII) liegen.“

SUBQUERY (Verschachtelte Abfragen)

Die Datenmenge auf die sich die Abfrage bezieht, kann der gesamte Datensatz sein oder eine Teilmenge davon, welche wiederum mittels Abfrage generiert wurde. Auf diese Weise ergeben sich verschachtelte Abfragen. Eine Subquery ist eine SELECT-Anweisung, welche in einer SELECT, SELECT . . . INTO , INSERT . . . INTO , DELETE , UPDATE-Anweisung oder in einer anderen Subquery verschachtelt ist. Eine Subquery ist dreiteilig.

Teile	Beschreibung
Vergleich	Ein Prädikat und ein Vergleichsoperator, der das Prädikat mit dem Resultat der Subquery vergleicht.
Ausdruck	Ein Ausdruck, nach dem im Resultat der Subquery gesucht wird.
SQL-Anweisung	Eine SELECT-Anweisung nach dem üblichen Format der SELECT-Anweisung. Diese muss in Klammern gesetzt sein.

Ein Beispiel:

```
SELECT * FROM produkte WHERE produkt-ID IN (SELECT produkt-ID FROM bestellungen WHERE rabatt >= .25);
```

Die Abfrage kann aufgrund der Ergebnisse wiederum auf zwei Arten klassifiziert werden

- **Direkte Abfrage:**
Dabei werden Daten aus einer Datenbank interaktiv durch Anwenderinnen und Anwender oder durch Anwendungsprogramme abgerufen. Somit wird aus der Datenbank eine Teilmenge der Gesamtmenge der Daten extrahiert. Dabei bleiben die Ausgangsdaten unverändert. Die Auswahlbefehle können in Textform („command line“) oder durch Ausfüllen von Abfragemasken eingegeben werden. Komplexere Abfragen, die mehrere Einzelbefehle erfordern, können als Folgen von Kommandozeilen vorbereitet werden (batch, macro). Um die Abfragen zu formulieren, steht in der Regel eine formale Abfragesprache zur Verfügung. Viele GIS unterstützen oft *SQL*² (Structured Query Language) als Abfragesprache für die thematischen Inhalte (vgl. Unit „Thematische Selektion“).
- **Manipulation:**
Dabei kann man neue geographische Informationselemente erzeugen, die in späteren Schritten wiederum in Analyseoperationen verwendet werden können. In der Regel müssen die neuen Objekte vorgängig konzeptionell modelliert werden, und ihre Datenstruktur muss im GIS mit

² SQL (Structured Query Language) hat sich als Abfragesprache für relationale Datenbanken durchgesetzt. SQL wird als Schnittstelle zu relationalen Datenbanken benutzt. SQL ist nach dem ANSI-Standard genormt und damit auf viele relationale Datenbanken anwendbar, z. B. Oracle, Access, usw. SQL Anweisungen werden sowohl zur Daten-Abfrage als auch zur Daten-Definition verwendet.

der Datenbeschreibungssprache implementiert werden. Einzelne GIS können für die Objekte automatisch eine minimale Datenstruktur (ohne thematische Attribute) generieren. Die Kombination von unterschiedlichen Objekten führt zu neuen Informationen, die als neue geographische Objekte betrachtet und verwaltet werden können. Sie können im System für weitere Analysen verwendet werden.

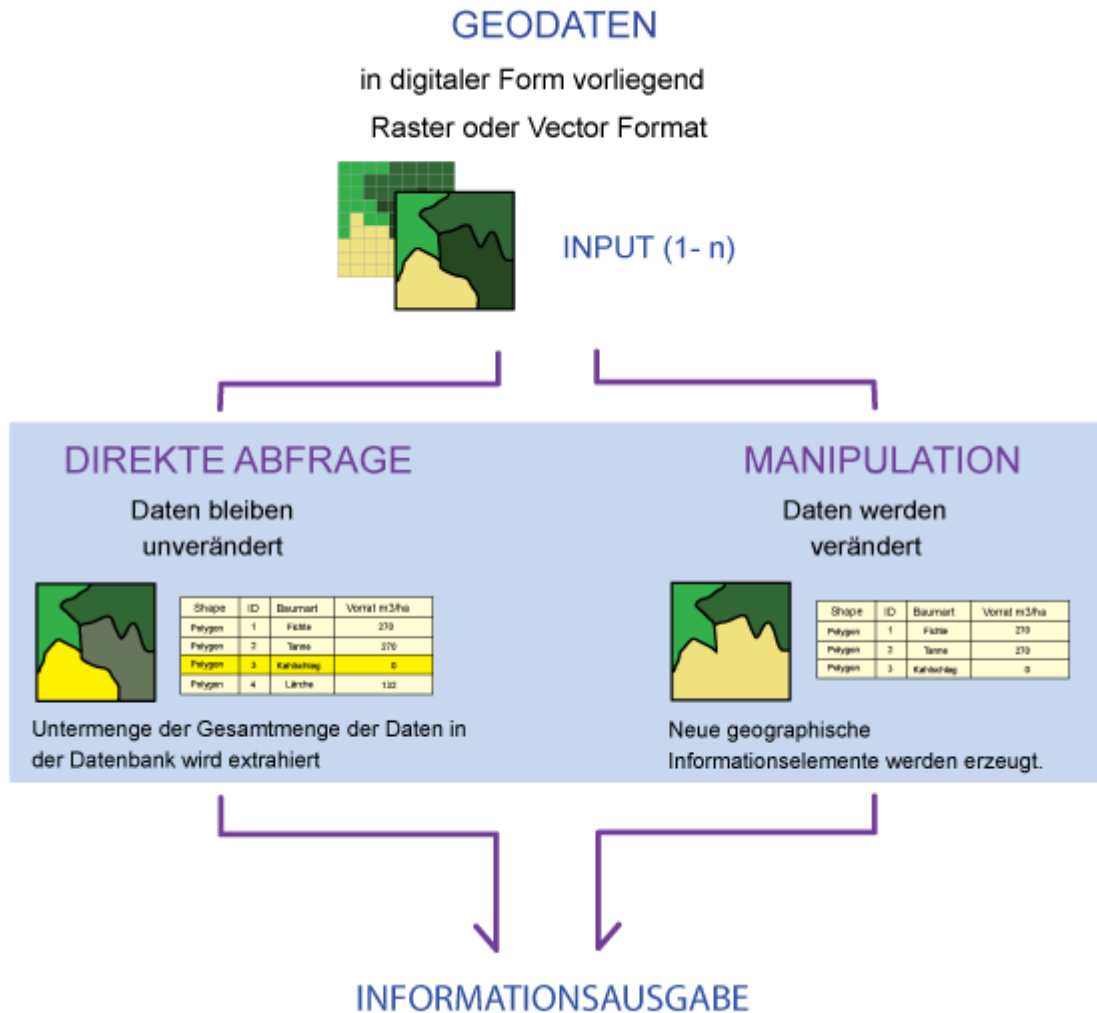


Abb. D: Klassifizierung der Anfrage

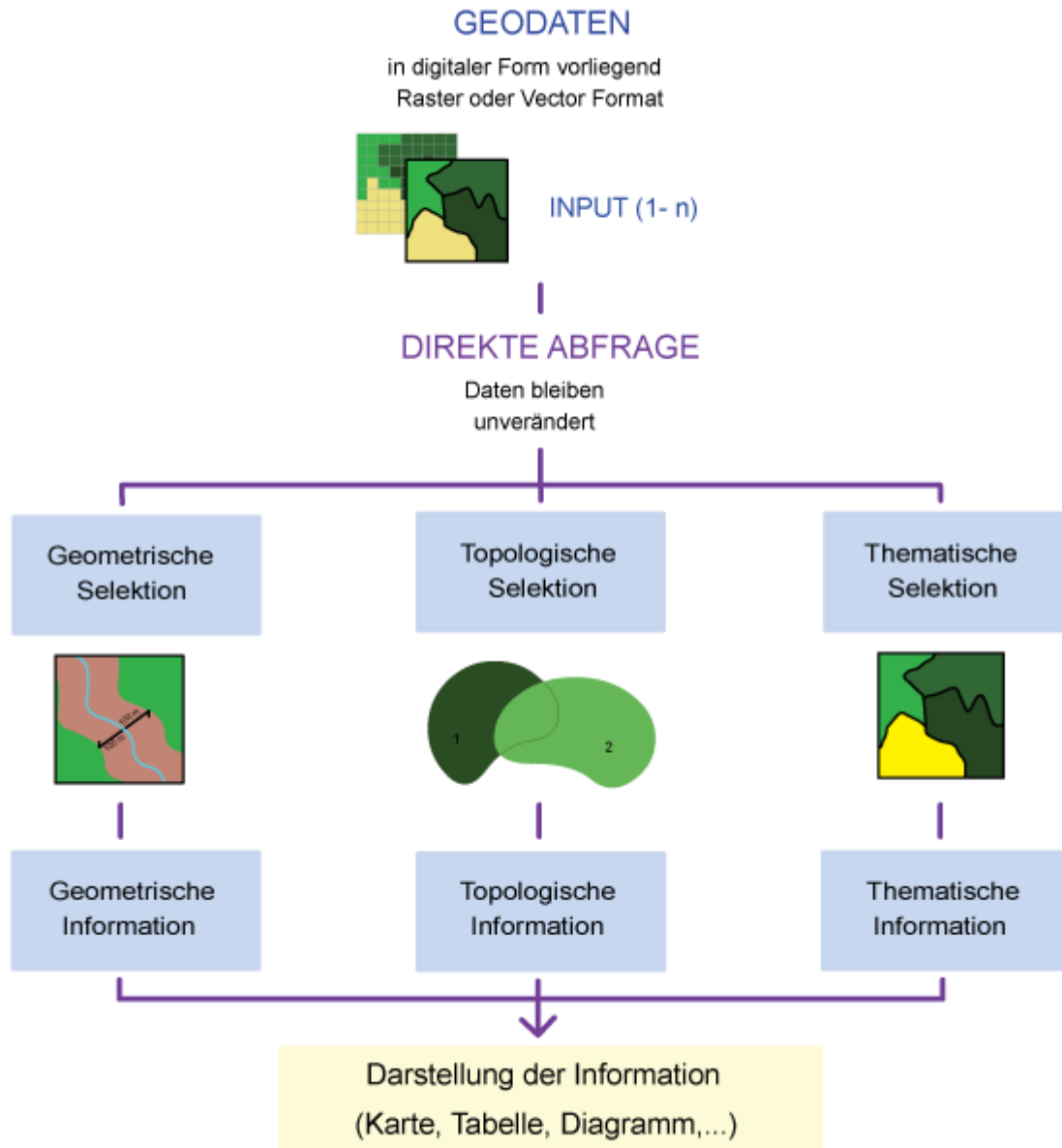


Abb. E: Aufteilung der direkten Abfragen

1.1.4. Ein- und Ausgabe einer Abfrage (Input/Output)

Wie bereits erläutert bezieht sich eine Abfrage auf bestimmte Datensätze. Je nachdem, welcher Typ von Daten vorliegt, ist eine gewisse Abfrage möglich oder undenkbar. Die üblichen Formate in einem GIS sind Vektor-, Rasterformate und Daten in tabellarischer Form. Somit ist die Abfrage über Rasterdaten nicht dieselbe wie diejenige für Vektordaten, obwohl die ausgehende Fragenstellung die gleiche sein kann. Weiter spielt auch die Anzahl Datensätze eine Rolle, welche man bei der Abfrage mit einbezieht. Die Abfrage kann sich auf einen einzelnen Datensatz beziehen oder mehrere Datensätze berücksichtigen, wie in der Folge dargestellt wird.

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

Die Beziehungen zwischen den in der Abfrage involvierten Daten ist über die Geometrie (*Topologie*³) oder Thematik (Tabellen) gewährleistet. Zwischen den einzelnen Tabellen können Beziehungen vorhanden sein; d. h. die Inhalte der Tabelle sind über Schlüsselattribute verknüpft. Somit kann eine Abfrage über mehrere verknüpfte Tabellen stattfinden.

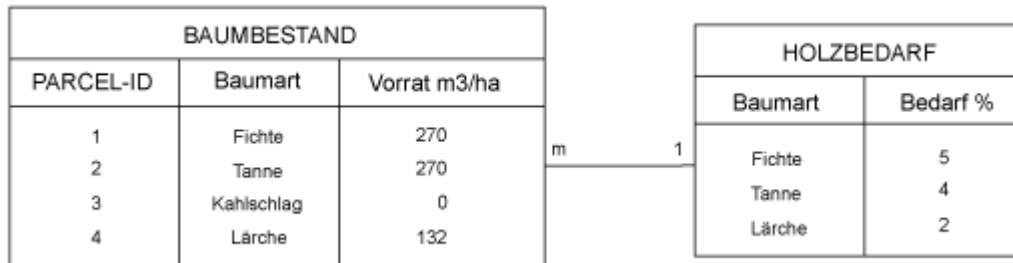
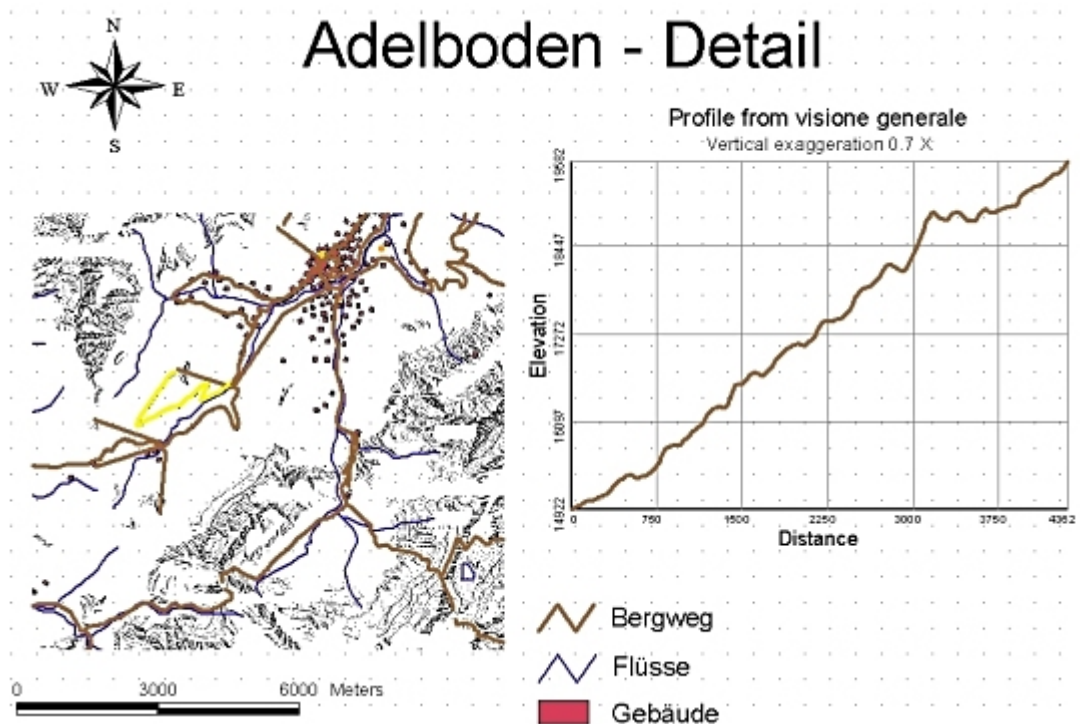


Abb. F: Verknüpfte Tabelle








Auch die Resultate einer Abfrage können in verschiedenster Form vorkommen. Die Ergebnisse der Datenverarbeitung und der Datenmanipulation im GIS sollen in einer Form präsentiert werden, die für die Benutzerinnen und Benutzer verständlich und lesbar ist – in der Regel etwas Kartenverwandtes – oder in einer Form, die den Datentransfer zu anderen Computern ermöglicht. Hinsichtlich der Datenpräsentation könnten für den Benutzer folgende Formen unterschieden werden:

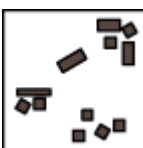





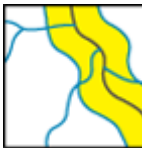




1. Digitaler Datentransfer
2. Interaktive Graphiken am Bildschirm
3. Tabellen, Berichte und Ähnliches
4. Passive Graphiken in Form von Karten

³ Die Topologie beschäftigt sich mit den räumlichen und strukturellen Eigenschaften der geometrischen Objekte unabhängig von ihrer Ausdehnung und ihrer Form. Die topologischen Eigenschaften äussern sich in Beziehung der Nachbarschaft, des Enthaltenseins, der Überschneidung und Ähnlichem.



Einige Beispiele

Ebene 1	Ebene 2	Inputs	Abfrage	Typ	Erg. Tabelle	Erg. Grafik																																							
			Suche die Gebäude, die eine Fläche grösser als 100m ² haben.	THEM	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																											
Polygon	1	105																																											
Polygon	2	50																																											
Polygon	3	50																																											
Polygon	4	110																																											
Polygon	5	110																																											
Polygon	6	115																																											
Polygon	7	50																																											
Polygon	8	50																																											
Polygon	9	50																																											
Polygon	10	50																																											
Polygon	11	50																																											
Polygon	12	50																																											
			Suche die Gebäude, die eine Fläche grösser als 100m ² haben, und die weniger als 100m vom Adelbach entfernt liegen.	GEOM THEM +	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																											
Polygon	1	105																																											
Polygon	2	50																																											
Polygon	3	50																																											
Polygon	4	110																																											
Polygon	5	110																																											
Polygon	6	115																																											
Polygon	7	50																																											
Polygon	8	50																																											
Polygon	9	50																																											
Polygon	10	50																																											
Polygon	11	50																																											
Polygon	12	50																																											

			Suche die Gebäude, die sich vollständig im Wald befinden.	TOPO	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																											
Polygon	1	105																																											
Polygon	2	50																																											
Polygon	3	50																																											
Polygon	4	110																																											
Polygon	5	110																																											
Polygon	6	115																																											
Polygon	7	50																																											
Polygon	8	50																																											
Polygon	9	50																																											
Polygon	10	50																																											
Polygon	11	50																																											
Polygon	12	50																																											
			Suche die Fläche, die weniger als 100m vom Adelbach entfernt liegt.	GEOM	<table><tr><th>Shape</th><th>BUFFDIS</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>100</td></tr></table>	Shape	BUFFDIS	Polygon	100																																				
Shape	BUFFDIS																																												
Polygon	100																																												
			Suche das Gebäude das dem Adelbach am nächsten liegt.	GEOM	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																											
Polygon	1	105																																											
Polygon	2	50																																											
Polygon	3	50																																											
Polygon	4	110																																											
Polygon	5	110																																											
Polygon	6	115																																											
Polygon	7	50																																											
Polygon	8	50																																											
Polygon	9	50																																											
Polygon	10	50																																											
Polygon	11	50																																											
Polygon	12	50																																											

Aufgabe

Woraus besteht hauptsächlich die in GIS gespeicherte raumbezogene Information?

1.1.5. Fragen

Frage 1

Wie lässt sich die raumbezogene Information unterteilen?

Frage 2

Aufgrund welcher Ansätze kann eine Abfrage formuliert werden?

Frage 3

Beschreiben Sie die Inputs, welche zu benutzen sind, um folgende Fragenstellung zu beantworten sowie die Ergebnisse davon (Outputs):

„Finden Sie alle Gebäude, die auf Parzellen mit einer Minimalfläche von 1000m^2 liegen und einen Abstand von mehr als 250 m von der Autobahn aufweisen“.

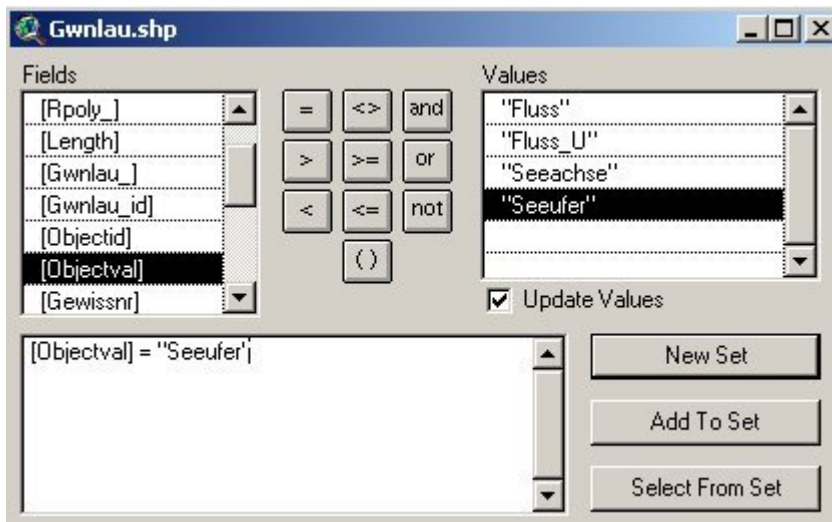
1.2. Thematische Abfragen

Eine thematische *Abfrage* ⁴ führt zu einer den Bedingungen angemessenen Auswahl aus den gesamten thematischen Informationen. Dieser Vorgang ist nicht zu unterscheiden von einer Abfrage, welche sich auf eine konventionelle Datenbank bezieht, deren Daten keinen Raumbezug haben.

Abfragesprache

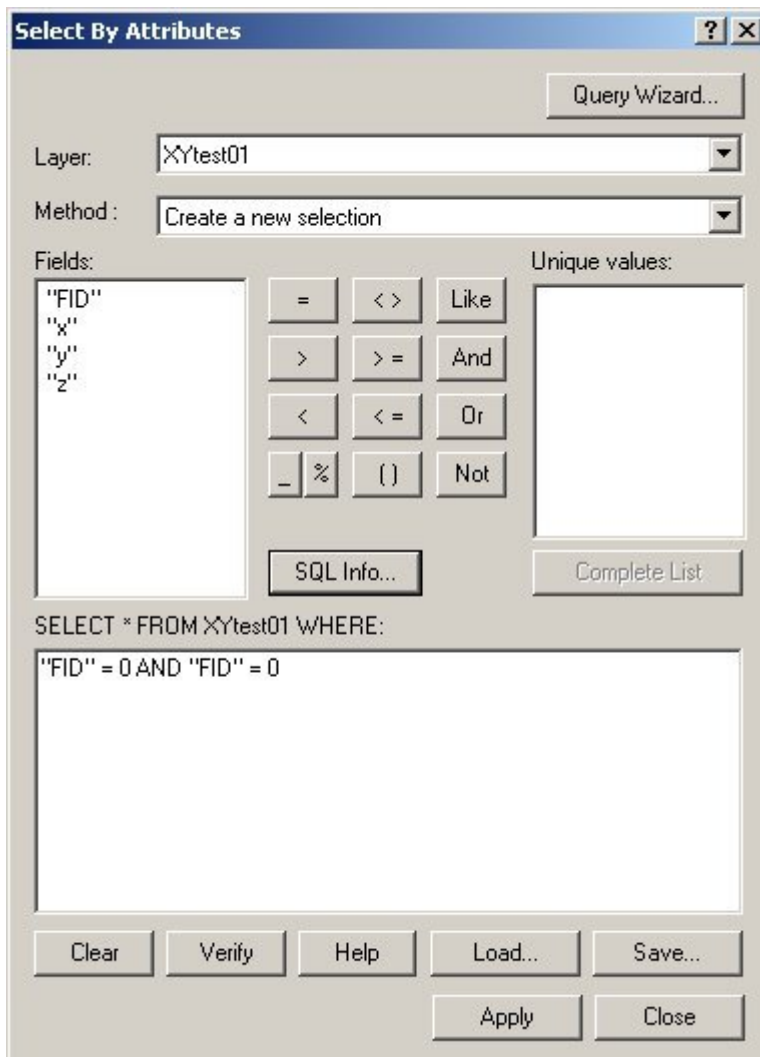
In GIS werden die thematischen Abfragen entweder mit *SQL* (Structured Query Language) oder systeminternen Abfragesprachen ausgeführt, wobei die einzelnen Befehle in Standard-GIS direkt eingegeben, in Desktop-GIS hingegen in einem Dialogsystem ausgewählt werden. Die Funktionsweise von SQL wird im modul "Datenbanksysteme" (Lektion **Relationale Anfragesprache SQL**) erläutert. In der Folge werden als Beispiel die Benutzeroberflächen einiger GIS abgebildet, welche zur benutzerfreundlichen Verfassung von thematischen Abfragen zur Verfügung gestellt werden. Mit wenigen Mausklicks können die gewünschten SQL-Anweisungen zusammengestellt werden. Hinter der Benutzeroberfläche wird die SQL-Syntax angewendet, um die Datenbank abzufragen.

Beispiel 1: ArcView Interface



Beispiel 2: ArcGIS Interface

⁴ Die Abfrage ermittelt räumliche Beziehungen zwischen Elementen eines oder mehrerer Themen, um auf dieser Basis eine Lokalisierung von Objekten zu erreichen. Die Analyseergebnisse können dann bei konkreten Fragestellungen zur Entscheidungsfindung beitragen.



Abfrageoperatoren

Eine Funktionalität, die ein GIS besonders auszeichnet, erlaubt es spezifische thematische Informationen von ausgewählten Objekten abzufragen. Die thematische Abfrage beruht auf der Sachdatenauswertung. Das Ergebnis der Abfrage wird von einem entsprechenden Auswahloperator gesichert. Im Folgenden werden drei Kategorien von *Operatoren*⁵ vorgestellt:

- Vergleichsoperatoren: Für die Formulierung von Fragen können neben dem Gleichheitszeichen auch Vergleichsoperatoren verwendet werden.
- Arithmetische Operatoren: Diese Operatoren werden für numerische Attribute verwendet. Z. B. aus einer Reihe ausgewählter Objekte können Mittelwerte von einem Attribut, Summen von Attributwerten usw. berechnet werden.

⁵ Operatoren ermöglichen in Suchalgorithmen die logische Verknüpfung von Suchbegriffen durch Schlüsselwörter wie z.B. AND („und“), OR („oder“) und NOT („nicht“).

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

- Logische Operatoren: Mit logischen Operatoren werden Bedingungen formuliert. Die Semantik (Bedeutung) dieser Operatoren ist ähnlich wie die Bedeutung in der Umgangssprache von „UND“, „ODER“ usw.

1.2.1. Vergleichsoperatoren

Die Vergleichsoperatoren werden nicht nur für numerische Attribute, sondern sie werden auch für Text-Attribute oder andere Datentypen verwendet. Die Vergleiche „grösser als“, „kleiner als“ usw. beziehen sich auf die Position in einer vom Computer verwendeten „alphabetischen“ Ordnung.

Vergleichsoperatoren	Manchmal verwendet man auch andere Schreibweisen
=	EQ (gleich)
>	GT (grösser)
>=	GE (grösser gleich)
<	LT (kleiner)
<=	LE (kleiner gleich)
<>	NE (ungleich)



SQL bietet zusätzlich folgende Funktionen zur Auswertung von Gesamtmengen (aggregate functions):

- Avg Function (Mittelwert)
- Count Function (Anzahl)
- Min, Max Functions (Minimum bzw. Maximum)
- StDev, StDevP Functions (Standardabweichung, Standardabweichung der Population)
- Sum Function (Summe)
- Var, VarP Functions (Varianz, Varianz der Population)

Ein Beispiel - Vergleichsoperatoren

INPUT



Grafik

Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha	Bodentyp
Polygon	1	Fichte	250	Braunerde
Polygon	2	Tanne	250	Pseudogley
Polygon	3	Kahlschlag	0	Braunerde
Polygon	4	Lärche	120	Redzina
Polygon	5	Buche	300	Lithosol
Polygon	6	Fichte	130	Podzol
Polygon	7	Lärche	100	Redzina

Tabelle „Parzelle“

ABFRAGEN UND ERGEBNISSE

SQL-Anweisung	Ergebnis Tabelle	Ergebnis Grafik																									
SELECT * FROM Parzelle WHERE Baumart = 'Fichte';	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>Baumart</th><th>Vorrat</th><th>Bodentyp</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>Fichte</td><td>250</td><td>Braun</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>Fichte</td><td>130</td><td>Pod</td></tr></table>	Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp	Polygon	1	Fichte	250	Braun	Polygon	6	Fichte	130	Pod											
Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp																							
Polygon	1	Fichte	250	Braun																							
Polygon	6	Fichte	130	Pod																							
SELECT Baumart, Vorrat, Bodentyp FROM Parzelle WHERE Bodentyp = 'Redzina';	<table><tr><th>Baumart</th><th>Vorrat</th><th>Bodentyp</th></tr><tr><td>Lärche</td><td>120</td><td>Redzina</td></tr><tr><td>Lärche</td><td>100</td><td>Redzina</td></tr></table>	Baumart	Vorrat	Bodentyp	Lärche	120	Redzina	Lärche	100	Redzina																	
Baumart	Vorrat	Bodentyp																									
Lärche	120	Redzina																									
Lärche	100	Redzina																									
SELECT * FROM Parzelle WHERE Vorrat >120;	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>Baumart</th><th>Vorrat</th><th>Bodentyp</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>Fichte</td><td>250</td><td>Braun</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>Tanne</td><td>250</td><td>Pseu</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>Fichte</td><td>130</td><td>Pod</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>Buche</td><td>300</td><td>Lith</td></tr></table>	Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp	Polygon	1	Fichte	250	Braun	Polygon	2	Tanne	250	Pseu	Polygon	6	Fichte	130	Pod	Polygon	5	Buche	300	Lith	
Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp																							
Polygon	1	Fichte	250	Braun																							
Polygon	2	Tanne	250	Pseu																							
Polygon	6	Fichte	130	Pod																							
Polygon	5	Buche	300	Lith																							
SELECT * FROM Parzelle WHERE Vorrat >= (SELECT AVG (Vorrat) FROM Parzelle);	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>Baumart</th><th>Vorrat</th><th>Bodentyp</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>Fichte</td><td>250</td><td>Braun</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>Tanne</td><td>250</td><td>Pseu</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>Buche</td><td>300</td><td>Lith</td></tr></table>	Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp	Polygon	1	Fichte	250	Braun	Polygon	2	Tanne	250	Pseu	Polygon	5	Buche	300	Lith						
Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp																							
Polygon	1	Fichte	250	Braun																							
Polygon	2	Tanne	250	Pseu																							
Polygon	5	Buche	300	Lith																							

1.2.2. Arithmetische Operatoren

Die arithmetischen Operatoren werden für numerische Attribute verwendet. Z. B. aus einer Reihe ausgewählter Objekte können Mittelwerte von einem Attribut, Summen von Attributwerten usw. berechnet werden. Als arithmetische Operatoren können der Multiplikations- (*), der Divisions- (/), der Additions- (+) und der Subtraktionsoperator (-), der Exponent (exp) sowie der Modulo-Operator (%) verwendet werden.

Arithmetische Operatoren

+

-

*

/

exp

%

Die ersten fünf Operatoren sind selbsterklärend. Die Modulo-Operation liefert den Rest einer ganzzahligen Division. Dazu zwei Beispiele:

$$5 \% 2 = 1$$

$$6 \% 2 = 0$$

Ein Beispiel - Arithmetische Operatoren

INPUT



Grafik

Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha	Bodentyp
Polygon	1	Fichte	250	Braunerde
Polygon	2	Tanne	250	Pseudogley
Polygon	3	Kahlschlag	0	Braunerde
Polygon	4	Lärche	120	Redzina
Polygon	5	Buche	300	Lithosol
Polygon	6	Fichte	130	Podzol
Polygon	7	Lärche	100	Redzina

Tabelle „Parzelle“

ABFRAGEN UND ERGEBNISSE

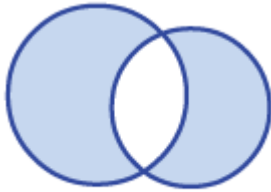
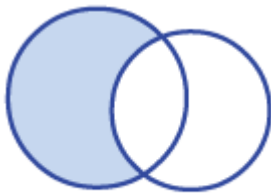
SQL-ANWEISUNG	ERGEBNISSE																													
SELECT Baumart, Vorrat, Bodentyp, Vorrat*2/100 as Holznutzung FROM Parzelle WHERE Vorrat > 120;	<table><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>Baumart</th><th>Vorrat</th><th>Bodentyp</th></tr><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>Fichte</td><td>250</td><td>Braunerde</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>Tanne</td><td>250</td><td>Pseudogley</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>Fichte</td><td>130</td><td>Podzol</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>Buche</td><td>300</td><td>Lithosol</td></tr></table>					Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp	Polygon	1	Fichte	250	Braunerde	Polygon	2	Tanne	250	Pseudogley	Polygon	6	Fichte	130	Podzol	Polygon	5	Buche	300	Lithosol
Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp																										
Polygon	1	Fichte	250	Braunerde																										
Polygon	2	Tanne	250	Pseudogley																										
Polygon	6	Fichte	130	Podzol																										
Polygon	5	Buche	300	Lithosol																										

1.2.3. Logische Operatoren

Eine Bedingung kann beliebig komplex formuliert werden. Dabei müssen die Verknüpfungsmöglichkeiten (Verkettung) der einzelnen Bedingungen erweitert werden. Komplexere Abfragen werden mittels Kombination von verschiedenen Attributen formuliert.

Für solche Abfragen werden **logische Operatoren** verwendet, welche logische Ausdrücke (mit zwei möglichen Werten „wahr“ oder „falsch“) verbinden.

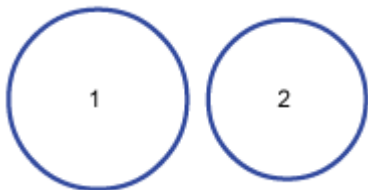
Logische Operatoren	Bedeutung	Ergebnis	Venn-Diagramme
AND	Durchschnitt	Wahr, wenn beide wahr sind.	<p>1 AND 2</p>
OR	Vereinigung	Wahr, wenn mind. einer wahr ist.	<p>1 OR 2</p>

XOR	ausschliessendes OR	Wahr, wenn genau einer wahr ist.	 1 XOR 2
NOT	Differenz	Wahr, wenn einer falsch ist.	 1 NOT 2

Um solche Abfragen verständlich zu machen, sind die Venn-Diagramme der Booleschen Operatoren in der vorhergehenden Tabelle und im Folgenden dargestellt.

Die Kreise Nummer 1 und 2 stellen graphisch zwei Bedingungen dar; die schraffierte Fläche repräsentiert die wahre Aussage, während der Teil ausserhalb des Kreises keinem Abfrageresultat entspricht.

Zur Erläuterung soll das vorangegangene Beispiel weiter verwendet werden.



Kreis 1 : Baumart = „Lärche“

Kreis 2 : Vorrat > 110 m³/ha

Einige Beispiele

Im Folgenden wird für jeden Operator gezeigt, wie eine SQL-Abfrage formuliert werden kann und wie die Resultate dargestellt werden.

INPUT



Grafik

Shape	ID	Baumart	Vorrat_m ³ /ha
Polygon	1	Fichte	250
Polygon	2	Tanne	250
Polygon	3	Kahlschlag	0
Polygon	4	Lärche	120
Polygon	5	Buche	300
Polygon	6	Fichte	130
Polygon	7	Lärche	100


Tabelle

Beispiel 1:

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

OPERATOR	ABFRAGE	SQL
AND	Suche alle Parzellen, die mit Lärchen bewaldet sind und einen Vorrat grösser als 110m ³ /ha aufweisen.	<pre>select ParzelleID, Baumart, Vorrat from Parzelle where Baumart = „Lärche“ and Vorrat > 110</pre>



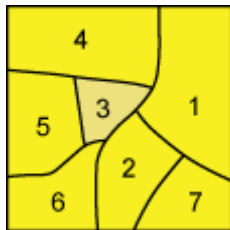


Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha
Polygon	1	Fichte	250
Polygon	2	Tanne	250
Polygon	3	Kahlschlag	0
Polygon	4	Lärche	120
Polygon	5	Buche	300
Polygon	6	Fichte	130
Polygon	7	Lärche	100

Beispiel 2:

OPERATOR	ABFRAGE	SQL
OR	Suche alle Parzellen, die mit Lärchen bewaldet sind oder einen Vorrat grösser als 110m ³ /ha aufweisen.	<pre>select ParzelleID, Baumart, Vorrat from Parzelle where Baumart = „Lärche“ or Vorrat > 110</pre>






Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha
Polygon	1	Fichte	250
Polygon	2	Tanne	250
Polygon	3	Kahlschlag	0
Polygon	4	Lärche	120
Polygon	5	Buche	300
Polygon	6	Fichte	130
Polygon	7	Lärche	100

Beispiel 3:

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

OPERATOR	ABFRAGE	SQL
XOR	Suche alle Parzellen, die mit Lärchen bewaldet sind oder einen Vorrat grösser als 110m ³ /ha aufweisen, die aber nicht beide Bedingungen gleichzeitig erfüllen.	select ParzelleID, Baumart, Vorrat from Parzelle where Baumart = „Lärche“ xor Vorrat > 110






Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha
Polygon	1	Fichte	250
Polygon	2	Tanne	250
Polygon	3	Kahlschlag	0
Polygon	4	Lärche	120
Polygon	5	Buche	300
Polygon	6	Fichte	130
Polygon	7	Lärche	100

Beispiel 4:

OPERATOR	ABFRAGE	SQL
NOT	Suche alle Parzellen, die mit Lärchen bewaldet sind, aber deren Vorrat nicht grösser als 110m ³ /ha ist.	select ParzelleID, Baumart, Vorrat from Parzelle where Baumart = „Lärche“ not Vorrat > 110



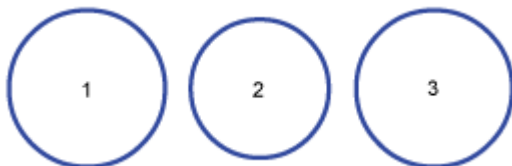


Shape	ID	Baumart	Vorrat_m³/ha
Polygon	1	Fichte	250
Polygon	2	Tanne	250
Polygon	3	Kahlschlag	0
Polygon	4	Lärche	120
Polygon	5	Buche	300
Polygon	6	Fichte	130
Polygon	7	Lärche	100

1.2.4. Kombination der Operatoren

Durch die Kombination der Operatoren ist es nun möglich, mehrere Bedingungen zu verknüpfen. Die Booleschen Operatoren sind nicht kommutativ, d. h. das Ergebnis ihrer Anwendung in komplizierteren Ausdrücken hängt von der mathematisch klar definierten Reihenfolge der Teilausdrücke ab. Durch Klammersetzung kann eine andere Reihenfolge der Auswertung erzwungen werden (Bill 1999).

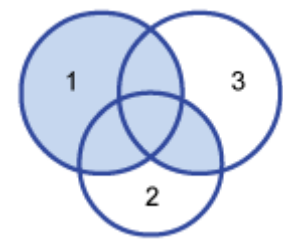
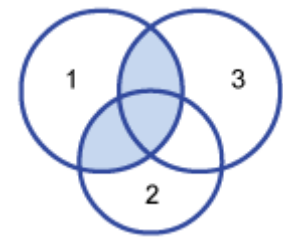
Nested Queries

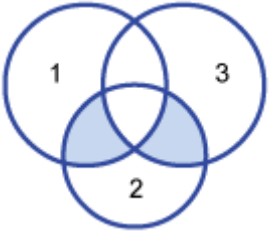
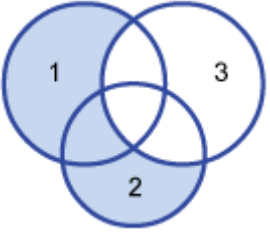
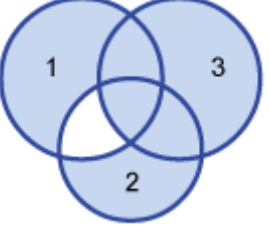


Kreis 1: Baumart = „Lärche“

Kreis 2: Vorrat > 110 m³/ha

Kreis 3: Dichte > 80%

Venn-Diagramm	Bedingungen	Entsprechende SQL-Abfrage
	(3 AND 2) OR 1	Select * from Parzelle where (Dichte > 80% and Vorrat > 110 m³/ha) or Baumart = „Lärche“
	1 AND (3 OR 2)	Select * from Parzelle where Baumart = „Lärche“ and (Dichte > 80% or Vorrat > 110 m³/ha)

	(3 XOR 1) AND 2	Select * from Parzelle where (Dichte > 80% xor Baumart = „Lärche“) and Vorrat > 110 ³ /ha
	(2 OR 1) NOT 3	Select * from Parzelle where (Vorrat > 110 m ³ /ha or Baumart = „Lärche“) not Dichte > 80%
	3 OR (2 XOR 1)	Select * from Parzelle where Dichte > 80% or (Vorrat > 110 m ³ /ha xor Baumart = „Lärche“)

Anwendung

Versuchen Sie die folgenden 4 Übungen zu lösen. Überlegen Sie insbesondere, welcher Operator sich jeweils dahinter verbirgt:

Wählen Sie alle Strassen des Typs Nebenstrasse, welche die Geschwindigkeitsbegrenzung 50 km/h haben (wählen Sie die Objekte, indem Sie die Tabellenzeilen anklicken).

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

Wählen Sie alle Strassen (als Überbegriff für alle Strassentypen), welche die Geschwindigkeitsbegrenzung 50 km/h haben (wählen Sie die Objekte, indem Sie die Tabellenzeilen anklicken).

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

Wählen Sie alle Strassen, welche die Geschwindigkeitsbegrenzung 50 km/h haben und die keine Nebenstrassen sind sowie alle Nebenstrassen, die keine Geschwindigkeitsbegrenzung von 50km/h haben (wählen Sie die Objekte, indem Sie die Tabellenzeilen anklicken).

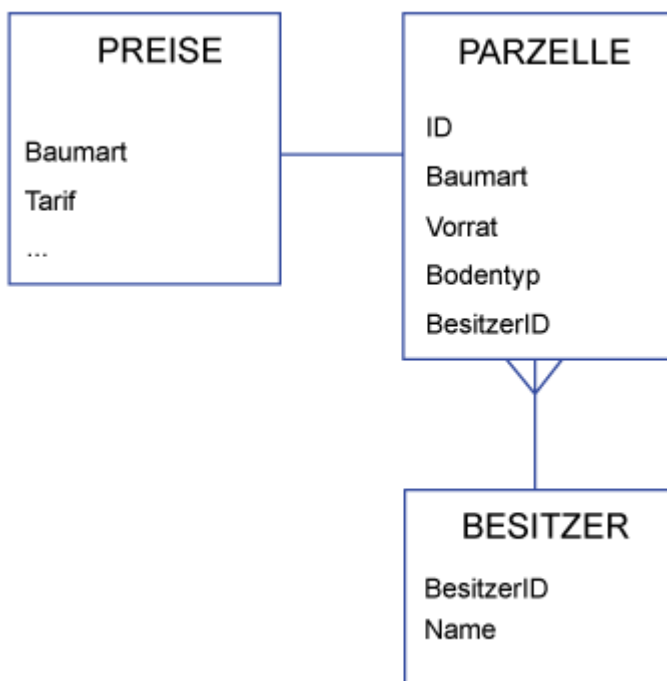
Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

Wählen Sie die Strassen, die 50 km/h als Geschwindigkeitsgrenze haben, aber nicht Nebenstrassen sind (wählen Sie die Objekte, indem Sie die Tabellenzeilen anklicken).

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

1.2.5. Mögliche Abfragen formulieren

Verfassen Sie für das untenstehende Beispiel eine Liste möglicher Abfragen, und versuchen Sie die verschiedenen Abfragetypologien zu differenzieren. Stellen Sie Ihren Beitrag als Text in das Diskussionsforum auf WebCT.



Parzelle TABELLE

Shape	ID	Baumart	Vorrat	Bodentyp	BesitzerID
Polygon	1	Fichte	250	Braunerde	1
Polygon	2	Tanne	250	Pseudogley	1
Polygon	3	Kahlschlag	0	Braunerde	2
Polygon	4	Lärche	120	Redzina	3
Polygon	5	Buche	300	Lithosol	2
Polygon	6	Fichte	130	Podzol	3
Polygon	7	Lärche	100	Redzina	3

Besitzer TABELLE

BesitzerID	Name
1	Gustav Meier
2	Stephan Rohr
3	Hildegard Muster

Preis TABELLE

Baumart	Tarif
Fichte	200
Tanne	180
Buche	170
Lärche	210

1.3. Geometrische Abfragen

Zusätzlich zu den Auskunft- und Suchmöglichkeiten bezüglich der Thematik profitiert der Anwender von den Analysefunktionen des GIS, die auf räumlichen (geometrischen oder topologischen) Selektionskriterien basieren. In dieser Unit werden die geometrischen Abfragen erläutert. Die Geometrie kann gemessen werden wie z. B. die Fläche oder der Perimeter eines Objektes bzw. die Distanz oder Richtung zwischen zwei Objekten (Messfunktionen). Bei der Erläuterung dieser Konzepte werden die zwei Fälle unterschieden: Raster- und Vektormodell.

1.3.1. Die geometrischen Grundformen

In **Vektormodellen** ist der Punkt der Träger der geometrischen Information. Alle höheren Strukturen (Linien, Flächen, usw.) bauen auf Punkten auf. Ebenso lassen sich aus den Koordinaten der Punkte sämtliche geometrischen Aussagen für höhere Strukturen ableiten wie etwa die Länge von Verbindungen, der Flächeninhalt, der Abstand zweier geometrischen Figuren und Ähnliches mehr (Bartelme 2000).

Wie aus der folgenden Tabelle zu entnehmen ist, sind die drei geometrischen Grundformen (Primitiven) im zweidimensionalen Raum angeordnet.

Punkt

Ein 2D-Punkt ist durch zwei Koordinaten X und Y definiert.


Linie

Linienabschnitte bestehen aus ein oder mehreren Punktepaaren, die das Liniensegment definieren. Zwei Punkte eines Segmentes können mit einer Gerade oder einem Bogen verbunden werden; d. h. Linien können aus Geraden oder Bögen oder einer Mischung aus beidem bestehen.

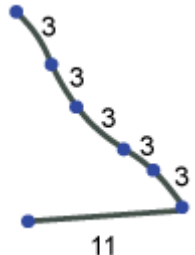
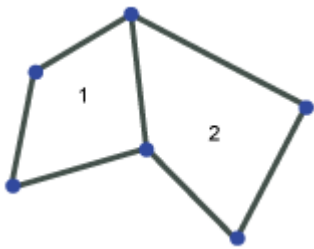
Polygon

Polygone (Flächen) bestehen aus verbundenen Linien, welche einen geschlossenen Ring bilden. Die eingeschlossene Fläche ist das Polygon.

Komplexe Geometrien werden als geordnete Reihenfolge der geometrischen Grundformen modelliert.

BESCHREIBUNG	GRAPHIK	TABELLE																				
Punkt Position, keine Fläche. Definiert durch Koordinaten.		<table><tr><td>21</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>33</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>11</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td>4.5</td></tr><tr><td>3</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>1.5</td></tr></table>	21		3	5	33		5	4	11		2	3	5		8	4.5	3		7	1.5
21																						
3	5																					
33																						
5	4																					
11																						
2	3																					
5																						
8	4.5																					
3																						
7	1.5																					

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

<p>Linie Länge, keine Breite. Definiert durch mehrere Segmente, welche jeweils zwei Punkte verbinden.</p>		<pre> 3 2 6 2.5 5 3 4 4 3 5 2.5 6 1.5 END 11 2 1 6 1.5 END </pre>
<p>Fläche Fläche und Umfang (Perimeter). Definiert durch mehrere Liniensegmente, welche zu einem geschlossenen Polygon verbunden sind.</p>		<pre> 1 1 2 2 5 5 6 6 3 END 2 5 6 10 4 9 1 6 3 END </pre>

Im **RASTERMODELL** werden alle Werte in einem einfachen Array (Matrix) gespeichert. Zusätzlich gibt es einen Datei-Header, welcher folgende Angaben enthält:

- Anzahl Zeilen und Kolonnen
- Grösse einer Zelle
- Kleinster Wert der X- und Y-Koordinaten

Zum Beispiel:

Ncols 270

Nrows 476

Xcorner 708152.60

Ycorner 121673.90

Cellsize 1

NODATA_Value -9999

BESCHREIBUNG	GRAPHISCH	TABELLE																								
<p>Punkt</p> <p>Eine Zelle</p>	<table><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>5</td></tr></table>		1						1		2						5	<table><tr><th>Value</th><th>Count</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>5</td><td>1</td></tr></table>	Value	Count	1	2	2	1	5	1
	1																									
			1																							
	2																									
			5																							
Value	Count																									
1	2																									
2	1																									
5	1																									

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

Linie Mehrere Zellen, welche über Kanten oder Ecken verbunden sind, normalerweise nur mit einer oder zwei Nachbarzellen.	<table><tr><td>1</td><td></td><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td>2</td><td>2</td></tr></table>	1			2		1		2		1		2			2	2	<table><tr><th>Value</th><th>Count</th></tr><tr><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>5</td></tr></table>	Value	Count	1	3	2	5
1			2																					
	1		2																					
	1		2																					
		2	2																					
Value	Count																							
1	3																							
2	5																							
Fläche Gruppe von nebeneinander liegenden Zellen, durch Kanten und Ecken verbunden.	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr></table>	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2		1	2	2	<table><tr><th>Value</th><th>Count</th></tr><tr><td>1</td><td>8</td></tr><tr><td>2</td><td>7</td></tr></table>	Value	Count	1	8	2	7
1	1	1	2																					
1	1	2	2																					
1	1	2	2																					
	1	2	2																					
Value	Count																							
1	8																							
2	7																							

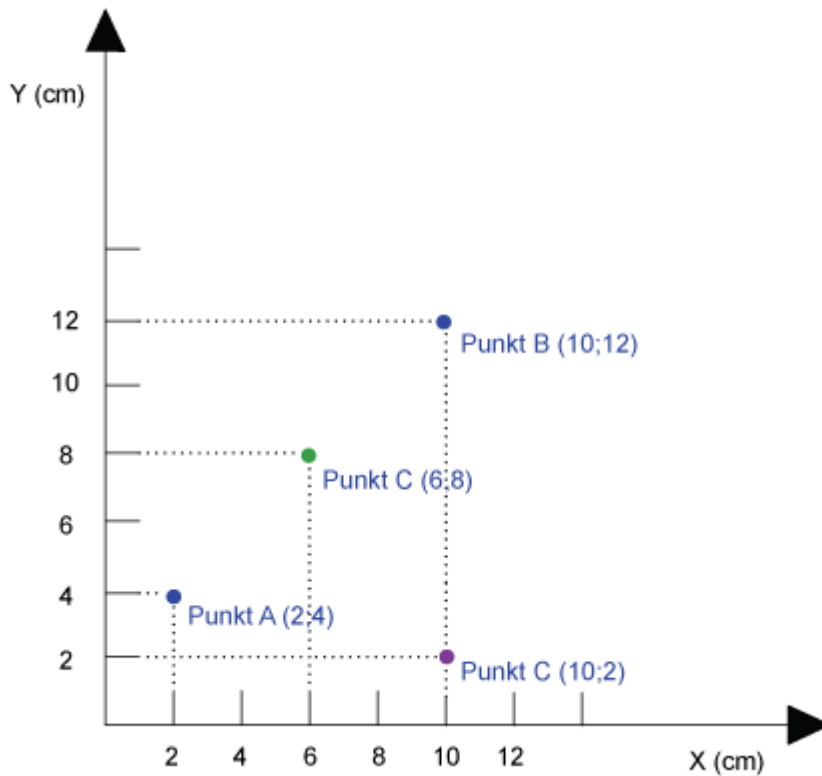
1.3.2. Geometrische Messfunktionen

Die Geometrie ist eine Eigenschaft eines Objektes wie die Thematik. Mit den geeigneten Messfunktionen können Abfragen durchgeführt werden. Die allgemeinen geometrischen Abfragen sind in der Folge beschrieben:

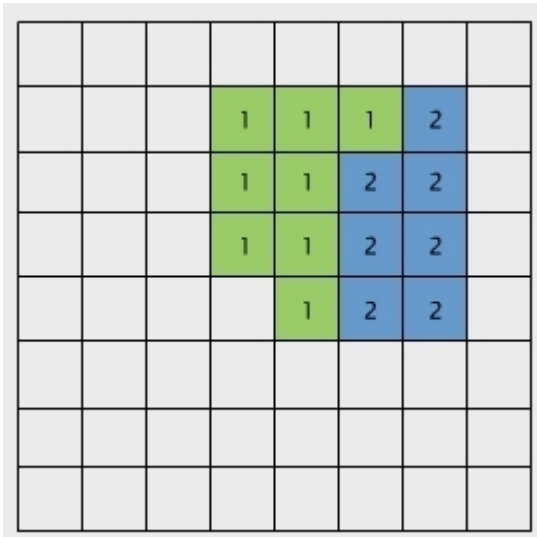
Position – Wo (x, y)?

Vektormodell

Gibt die Position von jedem Punkt aus der dargestellten Karte als x- und y-Koordinate.



Rastermodell



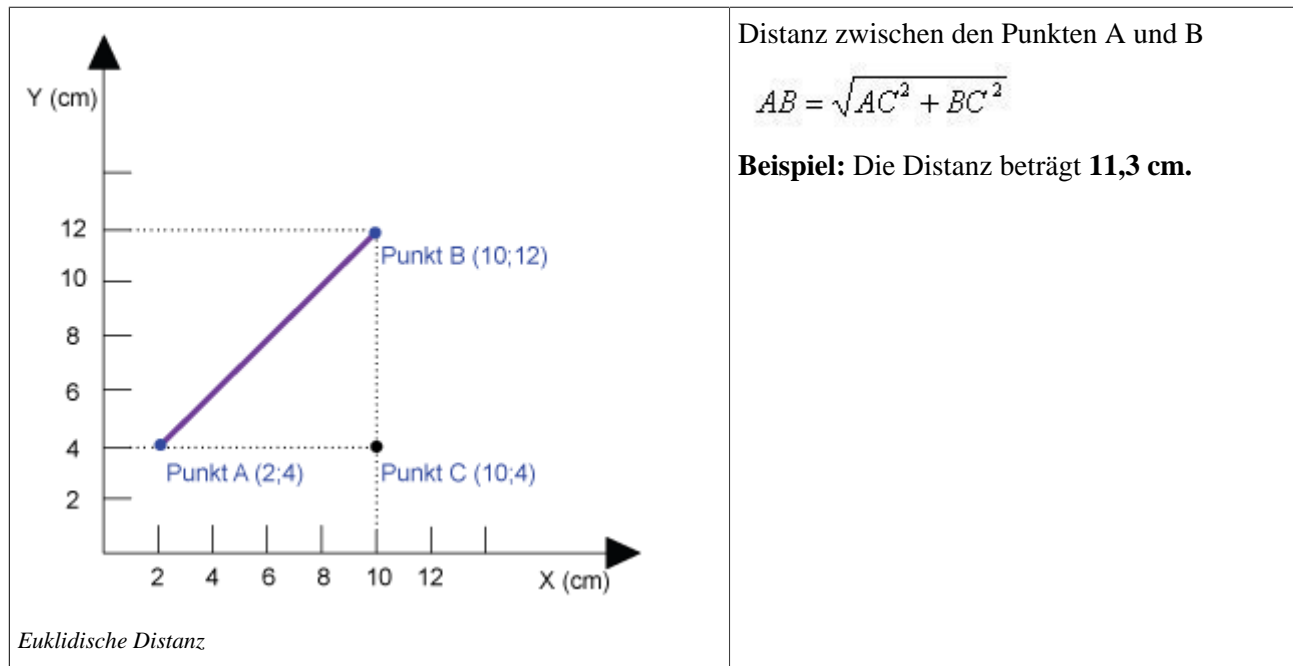
Beispiel: Block encoding

Value	No. Cell	Location
1	8	4,2 5,2 6,2 4,3 5,3 4,4 5,4 5,5
2	7	7,2 6,3 7,3 6,4 7,4 6,5 7,5

Distanz

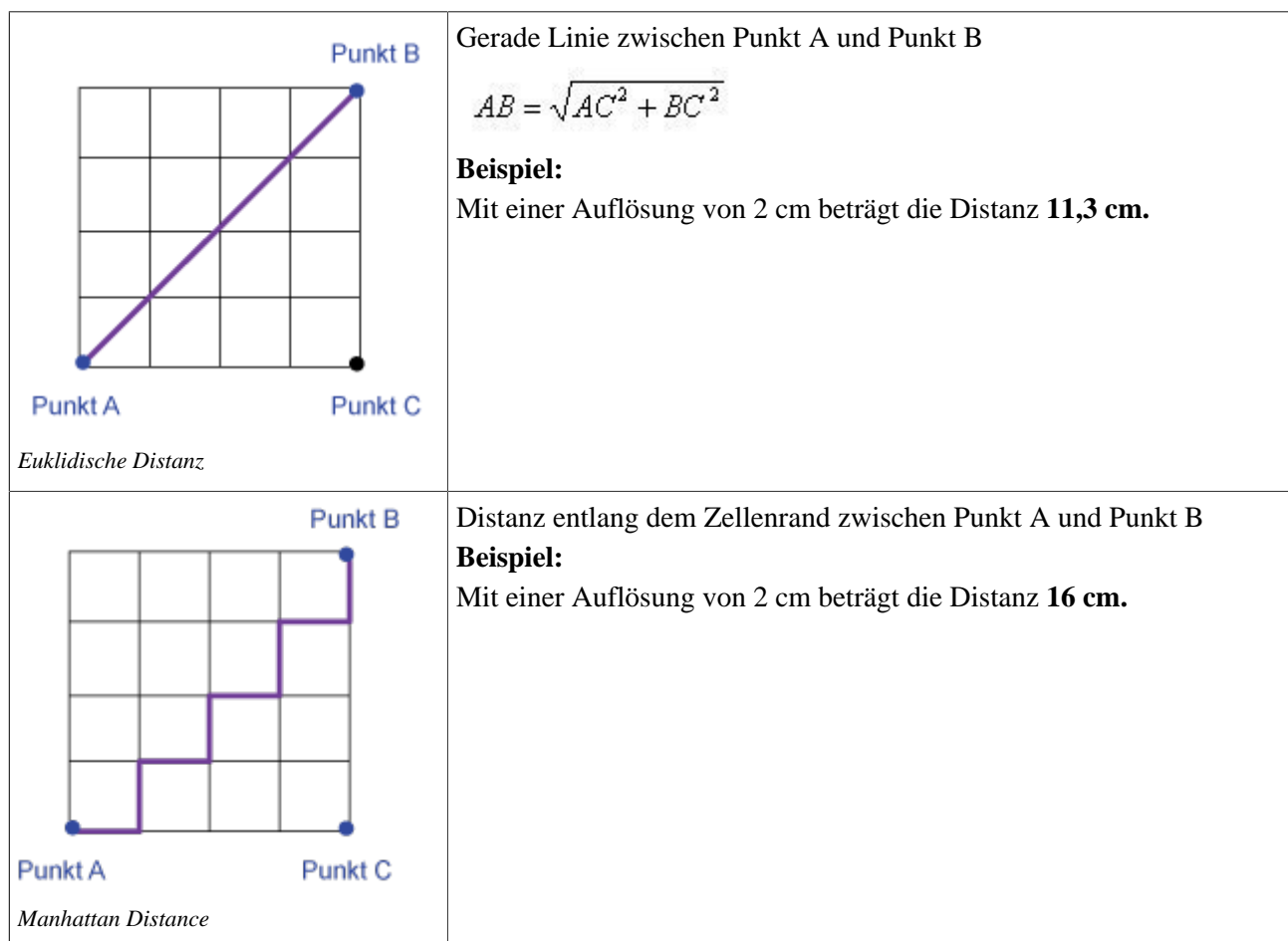
Vektormodell

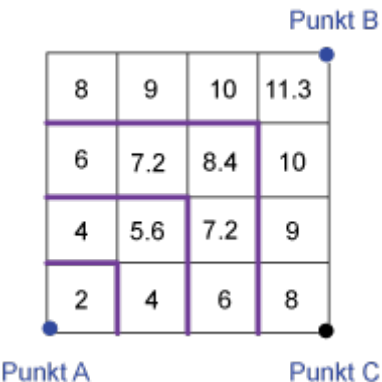
Für Vektordaten wird die Distanz zwischen zwei Objekten einfach nach dem Theorem von Pythagoras berechnet und entspricht dem kürzesten Abstand.



Rastermodell

Im Rastermodell können drei verschiedene Ansätze zur Messung von Distanzen zwischen Punkten angewandt werden.

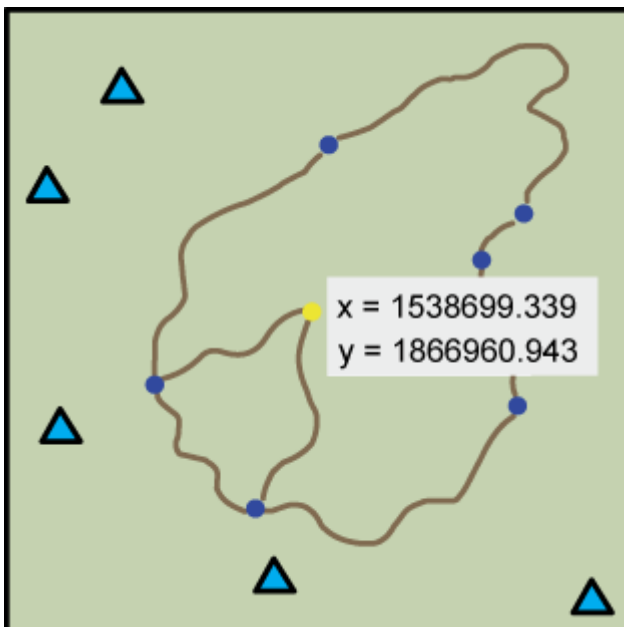


 <p>Nachbarschaft</p>	<p>Konzentrische, gleich entfernte Zonen werden um den Punkt A gesetzt.</p> <p>Beispiel:</p> <p>Mit einer Auflösung von 2 cm beträgt die Distanz 11,3 cm.</p>
--	---

Konkrete Beispiele

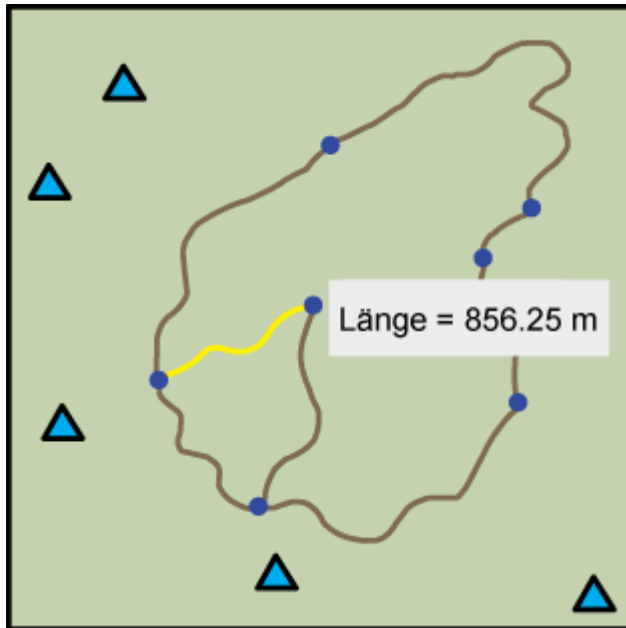
WO

Measure Where in ArcInfo gibt die x, y-Position eines auf einer Karte angewählten Punktes aus.



LÄNGE

Length in ArcInfo gibt die Länge eines interaktiv gemessenen Linienzuges, der aus zwei oder mehreren Punkten bestehen kann, aus und stellt diese auf dem Bildschirm dar.

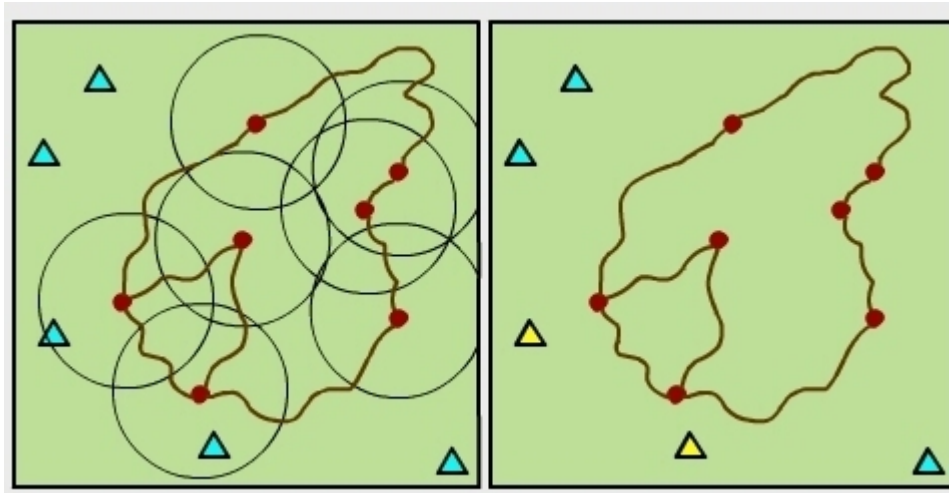


INNERHALB EINER BESTIMMTEN DISTANZ

Zwei Objekte liegen innerhalb einer bestimmten Distanz voneinander, wenn die Distanz dazwischen kleiner als die gegebene Distanz ist. Herkömmliche GIS-Software bietet in der Regel vorprogrammierte Werkzeuge an, um diese Fragestellungen zu beantworten.

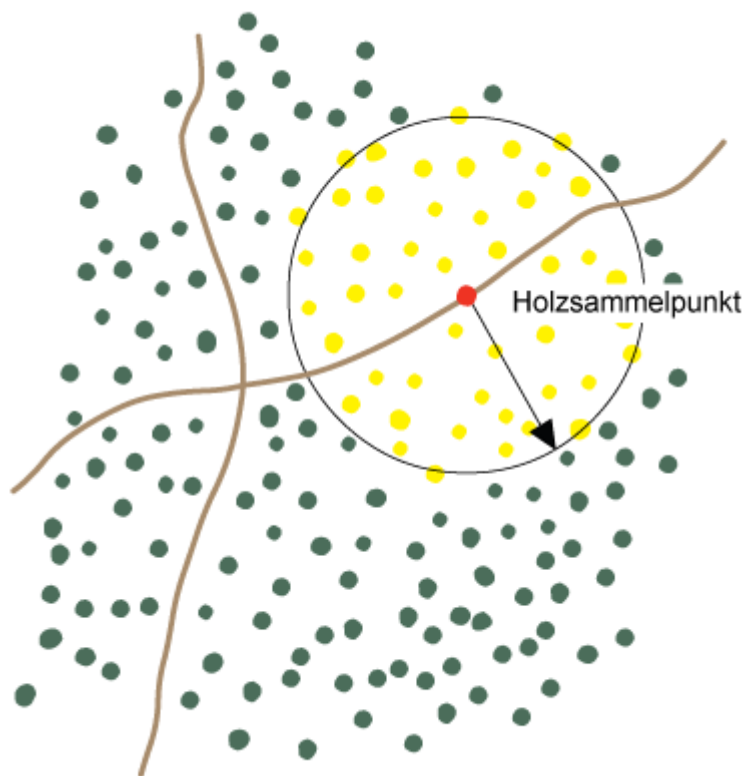
Frage 1:

Selektiere die Bergspitzen, die weniger als 500 m (planimetrisch) von den Hütten entfernt sind.



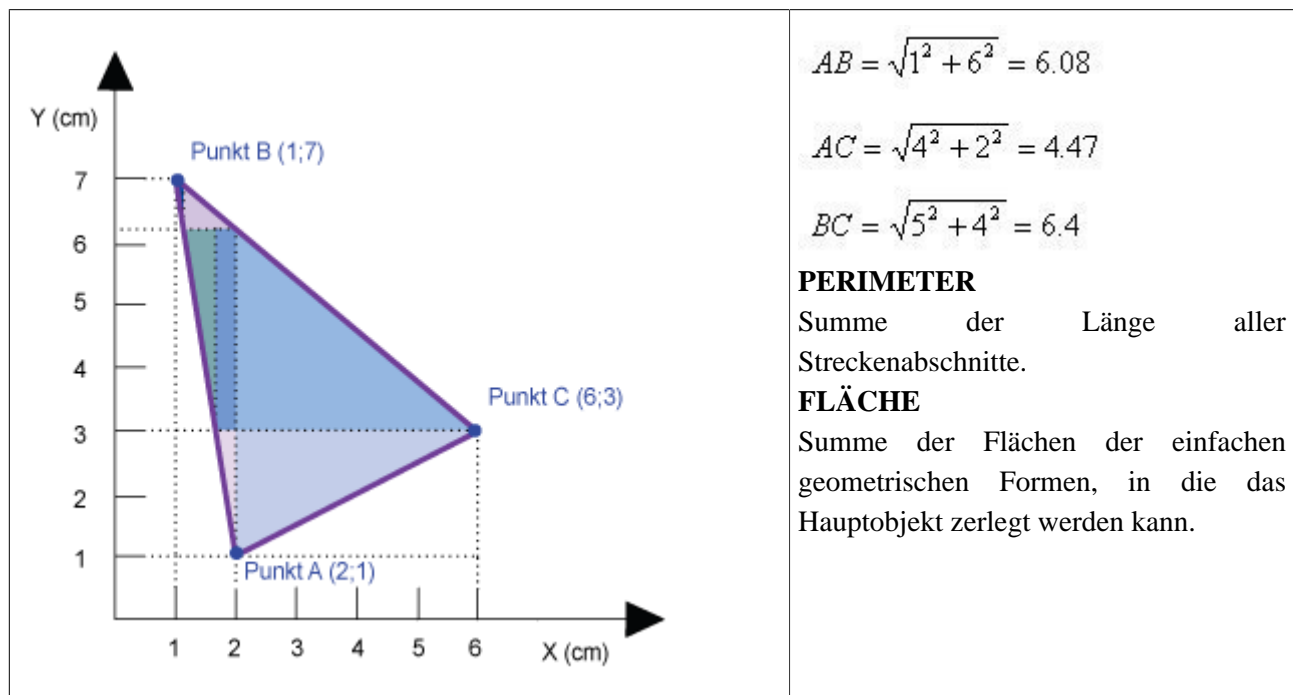
Frage 2:

Selektiere alle Bäume, die weniger als 200 m vom Sammelpunkt entfernt sind

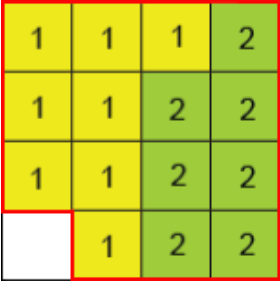


Ausdehnung

Vektormodell




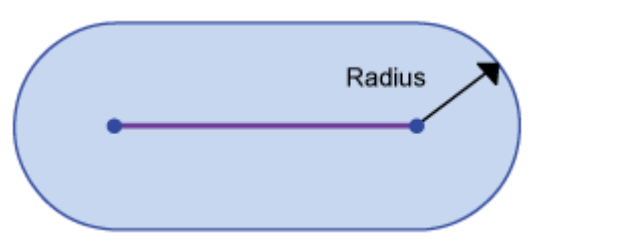
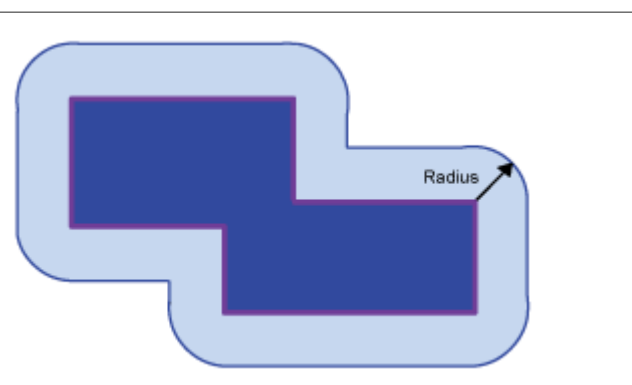
Rastermodell

	<p>PERIMETER Anzahl der Zellenkanten, welche das Objekt abgrenzen, multipliziert mit der Auflösung der Zellen.</p> <p>Beispiel: Mit einer Auflösung von 2 cm beträgt der Perimeter 32 cm.</p> <p>FLÄCHE Anzahl Zellen, welche das Objekt bilden, multipliziert mit der Fläche einer Zelle.</p> <p>Beispiel: Mit einer Auflösung von 2 cm wird das Flächenergebnis 60 cm².</p>
---	--

Proximity Analysis / Buffering (Puffergenerierung)

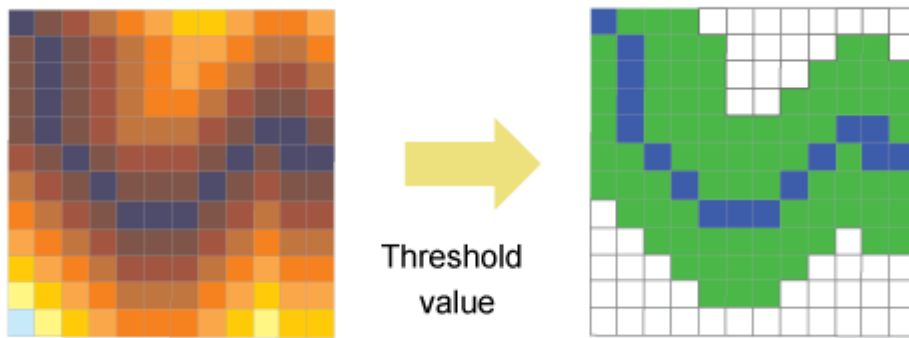
Vektormodell

Ein Distanzpuffer (Buffer) ist eine räumliche Ausdehnung um einen Punkt, eine Linie oder eine Fläche, bestimmt durch eine Distanz.

	<p>Punkt-Puffer</p>
	<p>Linie-Puffer</p>
	<p>Polygon-Puffer</p>

Rastermodell

Im Rastermodell wird der bereits eingeführte Begriff der *Proximity* für das ganze Raster berechnet und anschließend wird ein bestimmter Abstand gewählt. Vergleiche dazu auch die Lektion [Erreichbarkeit](#).



Anwendungsbeispiele

Vektormodell

Frage 1:

Beschirmung einiger Bäume

Vektormodell



Rastermodell



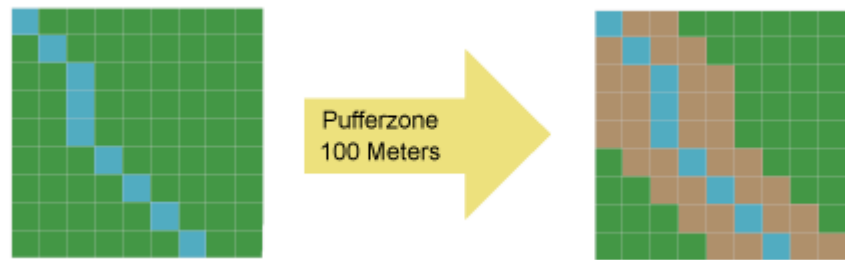
Frage 2:

Berechnung einer Überschwemmungsfläche

Vektormodell



Rastermodell



Frage 3:

Überschwemmungszone von einem See

Vektormodell



Rastermodell



1.4. Topologische Abfragen

"Stehend an einer Kreuzung mit einem Situationsplan in den Händen ist es trivial, festzustellen, welche Strassen sich kreuzen und welche Liegenschaft neben einer anderen liegt" (ESRI) . Die Implementierung und die folgende Anwendung solcher Funktionalitäten in einem GIS benötigen allerdings einige Kenntnisse in diesem Bereich.

Während räumliche Selektionskriterien Objekte anhand ihrer Lage auswählen und thematische Abfragen Elemente bezüglich ihrer Eigenschaften identifizieren, basieren die topologischen Suchkriterien auf der Anordnung der Objekte im Raum; d. h. z. B. über Zugriffsmerkmale wie „nächster“, „Teil von“ oder „innerhalb“.

Die räumlichen Beziehungen werden im GIS-Bereich als Topologie bezeichnet. Topologische Beziehungen werden aus den geometrischen Primitiven (Grundformen) aufgebaut: Punkte (einfachstes Element), Linien (Reihe von verbundenen Punkten), Flächen (Reihe von verbundenen Linien) usw. (ESRI). Anhand dieser geordneten Struktur ist das System in der Lage, die topologischen Beziehungen zu erkennen und Analysen durchzuführen.

1.4.1. Topologische Beziehungen

Die Topologie beschäftigt sich mit den räumlichen und strukturellen Eigenschaften der geometrischen Objekte unabhängig von ihrer Ausdehnung und ihrer geometrischen Form. Zu den topologischen Eigenschaften gehört die Anzahl Dimensionen eines Objektes und die möglichen Beziehungen zwischen diesen. Alle topologischen Eigenschaften sind invariant bei jeder stetigen Umformung (mathematische Abbildung in sich selbst) des Raumes (Saaty 1980). Die Topologie vereinfacht Analysefunktionen wie die Verfolgung einer Strömung entlang verbundenen Linien eines Netzwerkes, das Vereinigen benachbarter Flächen mit ähnlichen Eigenschaften usw. Es ist allerdings zwischen den zwei üblichen Datenformaten zu unterscheiden: Topologische Operationen auf Vektordaten ausgeführt reagieren wesentlich anders als auf Rasterdaten. Man nehme eine Fläche im Vektormodell an. Diese besteht aus einem Rand, der das Innere vom Äusseren der Fläche trennt. Die gleiche Fläche im Rastermodell besteht aus mehreren gleichwertigen Zellen, ein Rand im Sinne einer Trennungslinie ist aber nicht vorhanden. Somit sind die Algorithmen, die für Vektordaten gültig sind, nicht ohne weiteres auf Rasterdaten anwendbar. In der Folge beschränken wir uns auf die topologischen Operationen bei Vektordaten.

VEKTOR Eine interessante Methode zur Klassifikation topologischer Beziehungen wurde von (1993) vorgeschlagen (Worboys et al. 2004). Sie wird als 9-Intersection Schema bezeichnet. Das Intersection-Schema ist ein elegantes Konzept zur Klassifikation von topologischen Konfigurationen. Die grundsätzliche Idee basiert auf dem Konzept, dass jedes Element aus einem Rand (boundary-b), einem Inneren (interior-i) und einem Komplement (exterior-e) besteht. Die Konzepte von Innerem, Rand und Komplement (Äusseres) sind bereits in der allgemeinen Topologie definiert.

Rand

Der Rand besteht aus Punkten oder Linien, welche das Innere vom Äusseren trennen. Der Rand einer Linie besteht aus den Endpunkten. Derjenige eines Polygons ist die Linie, welche den Perimeter definiert.

Inneres

Das Innere besteht aus Punkten, Linien oder Flächen, die im Objekt liegen, aber nicht zum Rand gehören.

Komplement

Das Komplement oder das Äussere besteht aus den Punkten, Linien oder Flächen, die nicht im Objekt sind. Die grundsätzliche Methode, um zwei Geometrien zu vergleichen, sieht die Untersuchung der Schnittmengen zwischen allen möglichen Paaren vor, welche man mit dem Inneren, dem Äusseren und dem Rand der zwei Geometrien bilden kann. Ausgehend von der resultierenden „Verschnitt“-Matrix kann die Beziehung zwischen den beiden Geometrien klassifiziert werden.

Gegeben sind zwei Objekte A und B mit den jeweiligen erwähnten 3 Komponenten: einen Rand b (boundary), ein Inneres i (interior) und ein Äusseres e (exterior), so ergeben sich 9 mögliche Beziehungen dazwischen. In der folgenden Tabelle sind sämtliche topologische Möglichkeiten zwischen zwei Objekten dargestellt.

$\text{ObjektA}^b \cap \text{ObjektB}^b$	$\text{ObjektA}^b \cap \text{ObjektB}^i$	$\text{ObjektA}^b \cap \text{ObjektB}^e$
$\text{ObjektA}^i \cap \text{ObjektB}^b$	$\text{ObjektA}^i \cap \text{ObjektB}^i$	$\text{ObjektA}^i \cap \text{ObjektB}^e$
$\text{ObjektA}^e \cap \text{ObjektB}^b$	$\text{ObjektA}^e \cap \text{ObjektB}^i$	$\text{ObjektA}^e \cap \text{ObjektB}^e$

Wenn die dem Komplement entsprechende Zeile und Spalte weglassen werden, so gelangt man zum 4-Intersection-Schema, welches gelegentlich auch als Grundlage für die Untersuchung topologischer Beziehungen verwendet wird, aber nicht so mächtig wie das 9-Intersection-Schema ist.

$\text{ObjektA}^b \cap \text{ObjektB}^b$	$\text{ObjektA}^b \cap \text{ObjektB}^i$
$\text{ObjektA}^i \cap \text{ObjektB}^b$	$\text{ObjektA}^i \cap \text{ObjektB}^i$

Die wichtigsten topologischen Beziehungen zwischen Objekten, die im GIS-Bereich genutzt werden, sind in der Folge aufgelistet. Dabei ist zu beachten, dass grundsätzlich drei Geometrien vorhanden sind (Punkt, Linie und Fläche), auf welche sich, mit wenigen Ausnahmen, die topologischen Beziehungen anwenden lassen.

Disjunkt (Disjoint)

Objekt A und Objekt B weisen keine Schnittfläche auf. Test auf Getrenntheit (Disjoint) der Ausgangsgeometrie und einer anderen Geometrie.

Meet

Objekt A und Objekt B berühren sich an den Grenzlinien. Test auf Berührung (Touch) der Ausgangsgeometrie und einer anderen Geometrie. Die Ränder schneiden sich, nicht aber das Innere der beiden Geometrien. Zwei Geometrien berühren sich, wenn sich nur die Ränder schneiden.

Overlap

Objekt A und Objekt B überschneiden sich. Test auf Überschneidung (Intersect) der Ausgangsgeometrie und einer anderen Geometrie (Umkehrung von Disjunkt).

Überlappung mit Getrenntheit: Das Innere eines Objekts schneidet den Rand und das Innere des anderen Objekts, die beiden Ränder schneiden sich aber nicht. Das ist der Fall, z. B. wenn eine Linie ausserhalb eines Polygons (Fläche) beginnt und im Inneren des Polygons endet.

Überlappung mit Überschneidung: Die Ränder sowie das Innere der beiden Objekte schneiden sich. Wenn eine Geometrie eine andere schneiden soll, so muss die Geometrie des Schnittes einer kleineren Dimension in der grösseren vorhanden sein; d. h.:

- Punkte
 - Können keine Punkte, Linien oder Flächen schneiden.

- *Linien*
 - Können keine Punkte schneiden.
 - Können weitere Linien schneiden » Schnitt = Punkte.
 - Können Polygone schneiden » Schnitt = Linien (Punkte).

Contains

Objekt A enthält Objekt B. Test, ob die Ausgangsgeometrie eine andere Geometrie umschließt (Contains). Das Innere und der Rand eines Objekts sind vollständig im Inneren eines anderen Objekts enthalten. Eine Geometrie kann keine Geometrie höherer Ordnung (Dimension) enthalten; d. h.:

- Punkte können keine Linien oder Fläche enthalten.
- Linien können keine Fläche enthalten.

Inside

Objekt B liegt innerhalb Objekt A. Das Gegenteil zu „enthalten“. Wenn A innerhalb B liegt, so enthält B A.

Covers

Objekt A deckt Objekt B. Das Innere eines Objekts liegt vollständig im Inneren des anderen Objekts, und die Ränder schneiden sich. Eine Geometrie kann keine Geometrie höherer Ordnung (Dimension) enthalten; d. h.:

- Punkte können keine Linien oder Flächen enthalten.
- Linien können keine Fläche enthalten.

Covered by






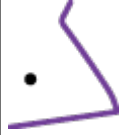
Objekt B ist von Objekt A bedeckt. Das Gegenteil zu „decken“. Wenn A von B gedeckt ist, so deckt B A.

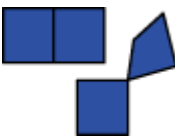

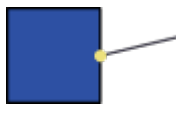

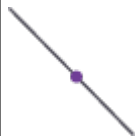
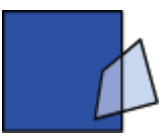





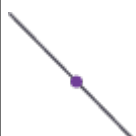






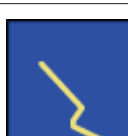



Equal

Objekt B und Objekt A stimmen überein. Test auf Gleichheit (Equals) der Ausgangsgeometrie und einer anderen Geometrie. Das Innere und der Rand eines Objekts liegen auf dem Rand des zweiten Objekts (und das zweite bedeckt das erste Objekt). Diese Beziehung besteht z. B., wenn eine Linie genau auf den Rand einer Fläche fällt. Die Koordinaten aller einzelnen Bestandpunkte müssen gleich sein. Die verglichenen Geometrien müssen ebenfalls gleich sein; d. h.:

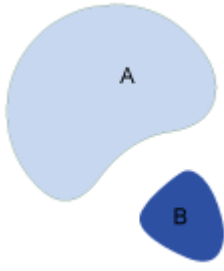
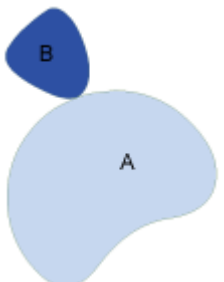

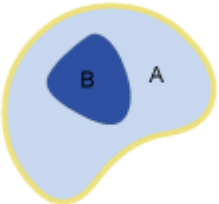
- Punkte = Punkte
- Linien = Linien
- Polygone = Polygone

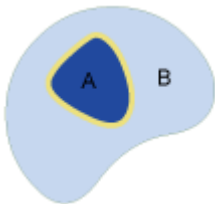
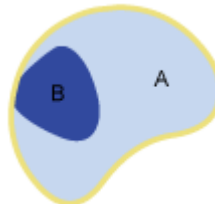
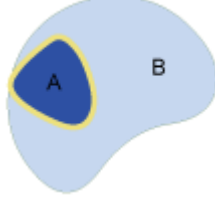
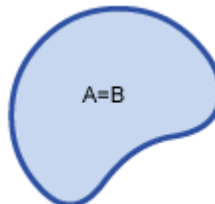
Die folgende Tabelle zeigt die am häufigsten vorkommenden topologischen Beziehungen:

	poly-poly	line-line	point-point	poly-line	poly-point	line-point
Disjoint						

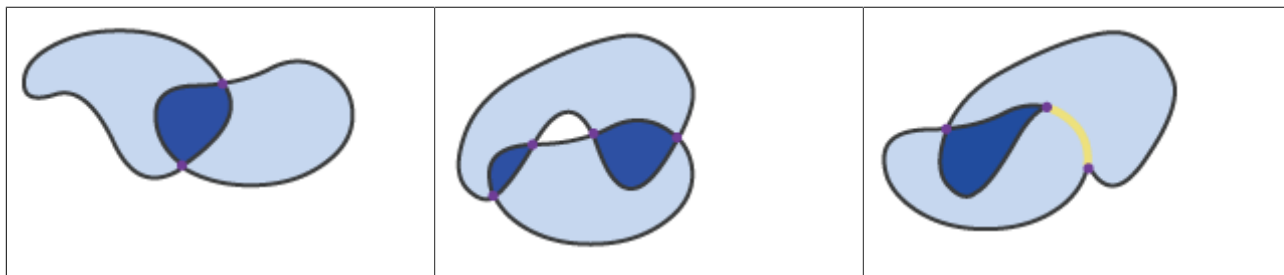
Meet						
Overlap						
Contains						
Inside						
Covers						
Covered by						
Equal						

Die folgende Tabelle zeigt das 9-I-Schema und das 4-I-Schema für einige typische topologische Beziehungen zwischen zwei Flächen, welche von Egenhofer et al. (1993) vorgeschlagen wurden. Die Beziehungen sind durch die Werte 0 oder 1 gegeben. Jedes Paar hat eine leere (0) oder eine belegte (1) Schnittmenge.

Topologische Beziehungen	Graphische Darstellung	4-Intersection-Matrix	9-Intersection-Matrix
Disjoint		<p>Objekt B</p> <p>b i</p> <p>Objekt A</p> <p>b i</p> $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	<p>Objekt B</p> <p>b i e</p> <p>Objekt A</p> <p>b i e</p> $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Meet		<p>Objekt B</p> <p>b i</p> <p>Objekt A</p> <p>b i</p> $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	<p>Objekt B</p> <p>b i e</p> <p>Objekt A</p> <p>b i e</p> $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Overlap		<p>Objekt B</p> <p>b i</p> <p>Objekt A</p> <p>b i</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Objekt B</p> <p>b i e</p> <p>Objekt A</p> <p>b i e</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Contains		<p>Objekt B</p> <p>b i</p> <p>Objekt A</p> <p>b i</p> $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Objekt B</p> <p>b i e</p> <p>Objekt A</p> <p>b i e</p> $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Inside		<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	Objekt A	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$	<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td><td>e</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>e</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	e	Objekt A	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$		e	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
	b	i																					
Objekt A	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
	b	i	e																				
Objekt A	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$																					
	e	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$																					
Covers		<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$	<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td><td>e</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>e</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	e	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$		e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
	b	i																					
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
	b	i	e																				
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$																					
	e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
Covered by		<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$	<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td><td>e</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>e</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	e	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$		e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
	b	i																					
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
	b	i	e																				
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$																					
	e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
Equal		<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$	<div>Objekt B</div> <table><tr><td></td><td>b</td><td>i</td><td>e</td></tr><tr><td>Objekt A</td><td>$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>i</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$</td></tr><tr><td></td><td>e</td><td>$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</td></tr></table>		b	i	e	Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$		e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
	b	i																					
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$																					
	b	i	e																				
Objekt A	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$																						
	i	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$																					
	e	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$																					

Das gezeigte Modell weist mindestens einen Nachteil auf: Es ist nicht möglich, konzeptionell unterschiedliche Situationen voneinander zu trennen.



Die drei dargestellten Situationen entsprechen der folgenden Matrix:













		Objekt B	
		b	i
Objekt A	b	1	1
	i	1	1

1.4.2. Topologische Operatoren

Die topologischen Operatoren sind Bestandteile der räumlichen Analysefunktionen eines GIS und dementsprechend grundlegend. Diese sind somit in den kommerziellen GIS wie ArcView, ArcInfo, Geomedia oder MapInfo u. a. implementiert. Jedes System verfügt über eine eigene Formulierung der topologischen Abfragen; einige davon erlauben es, die topologischen Abfragen mittels SQL auszuführen. Geographische Datenbanken („spatial databases“) wie z.B. Oracle werden laufend weiterentwickelt und stellen solche Werkzeuge für die Datenverwaltung und ihre Funktionalitäten den GIS zur Verfügung. Sie implementieren weitere topologische Operatoren aus dem GIS-Bereich, welche effizient auf die entsprechende Datenstruktur anwendbar sind. Die folgende Tabelle listet einige Funktionen auf sowie den entsprechenden Operator, der von Geomedia, Oracle Spatial und ArcView angeboten wird.

TOPOLOGISCHE BEZIEHUNG	ORACLE	GEOMEDIA	ARCVIEW
Disjoint	disjoint	-	are within a distance of
Meet	touch	meet	-
Overlap	overlap by intersect	overlap	intersect
Contains	contains	entirely contains	completely contains
Inside	covers	are entirely contained by	contains the center of
Covers	inside	contain	have their center in
Coverered by	coveredby	are contained by	are completely within
Equal	equal	are spatially equal	-

Die Beziehungen zwischen Flächenobjekten und anderen Objekten kommen am häufigsten vor. Nachfolgend einige mögliche topologische Abfragen in diesem Zusammenhang.

EBENEN		INPUT	ABFRAGE	ERGEBNISSE																																								
N.1	N. 2			Tabelle	Graphisch																																							
			Suche die Gebäude, die vollständig im Wald liegen.	<table><thead><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></tbody></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																										
Polygon	1	105																																										
Polygon	2	50																																										
Polygon	3	50																																										
Polygon	4	110																																										
Polygon	5	110																																										
Polygon	6	115																																										
Polygon	7	50																																										
Polygon	8	50																																										
Polygon	9	50																																										
Polygon	10	50																																										
Polygon	11	50																																										
Polygon	12	50																																										
			Suche die Gebäude, die den Waldrand schneiden.	<table><thead><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></tbody></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																										
Polygon	1	105																																										
Polygon	2	50																																										
Polygon	3	50																																										
Polygon	4	110																																										
Polygon	5	110																																										
Polygon	6	115																																										
Polygon	7	50																																										
Polygon	8	50																																										
Polygon	9	50																																										
Polygon	10	50																																										
Polygon	11	50																																										
Polygon	12	50																																										
			Suche die Gebäude, die ihren Schwerpunkt im Wald haben.	<table><thead><tr><th>Shape</th><th>ID</th><th>AREA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Polygon</td><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>4</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>5</td><td>110</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>6</td><td>115</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>7</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>8</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>9</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>10</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>11</td><td>50</td></tr><tr><td>Polygon</td><td>12</td><td>50</td></tr></tbody></table>	Shape	ID	AREA	Polygon	1	105	Polygon	2	50	Polygon	3	50	Polygon	4	110	Polygon	5	110	Polygon	6	115	Polygon	7	50	Polygon	8	50	Polygon	9	50	Polygon	10	50	Polygon	11	50	Polygon	12	50	
Shape	ID	AREA																																										
Polygon	1	105																																										
Polygon	2	50																																										
Polygon	3	50																																										
Polygon	4	110																																										
Polygon	5	110																																										
Polygon	6	115																																										
Polygon	7	50																																										
Polygon	8	50																																										
Polygon	9	50																																										
Polygon	10	50																																										
Polygon	11	50																																										
Polygon	12	50																																										

Anwendung

Wie bereits beschrieben, beziehen sich topologische raumbezogene Abfragen auf die gegenseitige Lage der Objekte im Raum. Die folgenden praktischen Beispiele sollen dieses Konzept verdeutlichen.

Selektieren Sie diejenige Hütte, welche vom Startpunkt des Wanderweges (grüner Punkt) als Erste erreicht wird.

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [link]

SHAPE	ID	NAME
Point	1	Sillerenbühl
Point	2	Gilbachegge
Point	3	Gilbach
Point	4	Berqläger

Räumliche Abfragen (Spatial Queries)

Selektieren Sie alle Hütten, welche im Wald liegen (dunkelgrüne Fläche).

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

SHAPE	ID	NAME
Point	1	Sillerenbühl
Point	2	Gilbachegge
Point	3	Gilbach
Point	4	Bergläger

Selektieren Sie die Flächen, welche den Wald berühren (dunkelgrüne Fläche).

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

SHAPE	ID	OBJECTVALUE
Polygon	1	Geröll in Wald
Polygon	2	Steinbruch
Polygon	3	Feld
Polygon	4	Feld
Polygon	5	Steinbruch
Polygon	6	Feld
Polygon	7	Geröll in Wald
Polygon	8	Wald
Polygon	9	Steinbruch
Polygon	10	Wald
Polygon	11	Feld
Polygon	12	Geröll in Wald
Polygon	13	Geröll in Wald
Polygon	14	Steinbruch
Polygon	15	Feld
Polygon	16	Feld
Polygon	17	Steinbruch
Polygon	18	Geröll in Wald
Polygon	19	Feld

Welche Parzellen werden vom Fluss Allenbach durchquert?

Dieses Element (Animation, Video etc.) kann nicht dargestellt werden und ist nur in der Onlineversion sichtbar. [\[link\]](#)

SHAPE	ID	OBJECTVALUE
Polygon	1	Geröll in Wald
Polygon	2	Steinbruch
Polygon	3	Feld
Polygon	4	Feld
Polygon	5	Steinbruch
Polygon	6	Feld
Polygon	7	Geröll in Wald
Polygon	8	Wald
Polygon	9	Steinbruch
Polygon	10	Wald
Polygon	11	Feld
Polygon	12	Geröll in Wald
Polygon	13	Geröll in Wald
Polygon	14	Steinbruch
Polygon	15	Feld
Polygon	16	Feld
Polygon	17	Steinbruch
Polygon	18	Geröll in Wald
Polygon	19	Feld

1.5. Zusammenfassung

Ein Informationssystem ist ein auf einem Datenbestand aufgebautes Frage-Antwort-System. Dieses System enthält Allzweckwerkzeuge zum rechnergestützten Behandeln und Analysieren von Informationen. Haben die gespeicherten Daten einen Raumbezug, so spricht man von einem geographischen Informationssystem (GIS). Dieses erlaubt die Suche und Darstellung von Attributwerten aufgrund von räumlichen Suchkriterien und umgekehrt. Daraus ergibt sich der Begriff Datenanalyse, unter dem man jene Untersuchungen, Abfragen, Auswertungen usw. versteht, die von strukturierten, gespeicherten Geodaten durchgeführt werden. Die Abfragen können nach verschiedenen Ansätzen ausgerichtet sein: thematische, geometrische und topologische Abfragen. Die Geometrie kommt im Raumbezug zum Ausdruck, welchen alle Objekte in einem mehr oder weniger starken Ausmass aufweisen. Sie erfüllen also die Voraussetzungen bezüglich der Lage und der Ausdehnung. Die topologischen Eigenschaften äussern sich in Beziehungen der Nachbarschaft, des Enthaltenseins, der Überschneidung und Ähnlichem. Neben den, der Geometrie zugerechneten Charakteristika weist jedes Objekt auch thematische Eigenschaften auf; d. h. die erfassten Merkmale eines Objektes in tabellarischer Form. Die Abfrage kann aufgrund der Ergebnisse auf zwei Arten klassifiziert werden. Direkte Abfrage: Es wird aus der Datenbank eine Teilmenge der Gesamtmenge der Daten extrahiert, dabei bleiben die Ausgangsdaten unverändert. Die Manipulation: Dabei kann man neue geographische Informationselemente erzeugen, die in späteren Schritten wiederum in Analyseoperationen verwendet werden können. Die Ergebnisse der Datenverarbeitung und der Datenmanipulation im GIS sollen in einer Form präsentiert werden, die für einen Benutzer verständlich und lesbar ist, oder in einer Form, die den Datentransfer zu anderen Computern ermöglicht.

1.6. Glossar

Abfrage:

Die Abfrage ermittelt räumliche Beziehungen zwischen Elementen eines oder mehrerer Themen, um auf dieser Basis eine Lokalisierung von Objekten zu erreichen. Die Analyseergebnisse können dann bei konkreten Fragestellungen zur Entscheidungsfindung beitragen.

Konsistent:

Gewährleisten der Widerspruchsfreiheit innerhalb einer Datenbank; d. h., dass der Inhalt einer Datenbank alle vordefinierten Konsistenzbedingungen („Constraints“) erfüllt.

Operatoren:

Operatoren ermöglichen in Suchalgorithmen die logische Verknüpfung von Suchbegriffen durch Schlüsselwörter wie z.B. AND („und“), OR („oder“) und NOT („nicht“).

SQL:

SQL (Structured Query Language) hat sich als Abfragesprache für relationale Datenbanken durchgesetzt. SQL wird als Schnittstelle zu relationalen Datenbanken benutzt. SQL ist nach dem ANSI-Standard genormt und damit auf viele relationale Datenbanken anwendbar, z. B. Oracle, Access, usw. SQL Anweisungen werden sowohl zur Daten-Abfrage als auch zur Daten-Definition verwendet.

Topologie:

Die Topologie beschäftigt sich mit den räumlichen und strukturellen Eigenschaften der geometrischen Objekte unabhängig von ihrer Ausdehnung und ihrer Form. Die topologischen Eigenschaften äussern sich in Beziehung der Nachbarschaft, des Enthaltenseins, der Überschneidung und Ähnlichem. (Carosio 2000)

1.7. Bibliographie

- **Bartelme, N.**, 2000. *Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen*. 3rd. Berlin: Springer.
- **Bill, R.**, 1999. *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Karlsruhe: Wichmann Verlag.
- **Carosio, A.**, 2000. *Geoinformationssysteme – Band 1*. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich.
- **Egenhofer, M.J.**, 1993. A model for detailed binary topological relationships. *Geomatica*, Vol. 47, no. 3-4, 261-273.
- **ESRI**. *ArcInfo Help*.
Herunterladen: <http://www.esri.com>
- **Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J.; Rhind D.W.**, 1999. *Geographical Information Systems. Principles, techniques, applications and management*. New York, etc.: John Wiley & Sons.
- **Saaty, T.L.**, 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning Setting Priorities, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill International.
- **Worboys, M., Duckham, M.**, 2004. *GIS. A Computing Perspective. Chapter 4. Models of geospatial information*. Boca Raton, etc.: CRC Press.