
Geographische Informationssysteme

Kollektive Geographie Heidelberg

SoSe 2018



Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines	6
1.1 Übung	6
1.2 GIS Software	6
1.3 Literatur & weiterführende Materialien	6
1.4 Tools	7
2 Einführung	8
2.1 Grundbegriffe	8
2.2 Anwendungsfelder und GIS-Typen	9
2.3 Raummodelle	10
3 Analysemethoden	11
3.1 Abfragevarianten	11
3.2 Kategorien räumlicher Analyse	11
3.3 Auswahloperatoren	12
3.4 Verschneidung	12
3.4.1 Boolesche Verschneidung	12
3.4.2 Geometrische Verschneidung	13
4 Rasterdaten	14
4.1 Typen von Rasterdaten	14
4.2 Rasterformate	15
4.3 Raster Pyramiden	15
4.4 Analysemethoden: Karten Algebra (Map Algebra)	16
4.4.1 Nachbarschaften	16
4.4.2 Analyse Prinzip	17
5 Vektordaten	18
5.1 Vektordatenmodell	18
5.1.1 Nichttopologische Vektordatenstrukturen (Spaghetti Modell)	19
5.1.2 Topologische Vektordatenstrukturen (Knoten- und Kantenstruktur)	21
5.2 Analysemethoden	22
5.2.1 Geometrische Verschneidung (Overlay Operations)	22
5.2.2 Geoprozessierung	23
5.2.3 Puffer (Buffer)	24
5.2.4 Topologische Fehler	24

6	Datenmodellierung und ERM	26
6.1	Phasen der Datenmodellierung	26
6.2	Entity-Relationship Modell (ERM)	26
6.2.1	Begriffe	26
6.2.2	Vor- und Nachteile	28
6.2.3	Spezialisierung und Generalisierung (is-a-Beziehung)	28
6.2.4	Aggregation und Zerlegung (is-part-of-Beziehung)	28
7	Datenbanken	30
7.1	Begriffe	30
7.2	Funktionen eines DBMS	31
7.2.1	Transaktion	32
8	Relationale Datenbanken	33
8.1	Konzept	33
8.2	Beziehungen	33
8.3	Gegenüberstellung von Grundbegriffen (Relationale Datenbank und ERM)	35
8.4	Datentypen	35
8.5	Datenbanksprache (SQL)	35
9	Geodatenbanken	37
9.1	OpenGIS - Simple Feature Specification (OGC)	37
9.1.1	Geometrie Klassenmodell	38
9.1.2	Repräsentation der Geometrie (Well-known Text (WKT))	38
9.1.3	räumliche Funktionen	39
10	Graphen und Netzwerkanalyse	41
10.1	Topologie	41
10.1.1	Topologische Beziehung nach Egenhofer	41
10.2	Graphentheorie	43
10.2.1	Netzwerkanalyse	45
10.3	GIS Funktionen für Netzwerke	45
10.3.1	Distanzen in Netzwerken	46
10.3.2	Routenplanung	46
11	Räumliche Analyse - Interpolation	48
11.1	Begriffe	48
11.2	Klassifikation von Interpolationsverfahren	49

11.3	Interpolationsverfahren	49
11.3.1	Dreiecksvermaschung (Triangulated Irregular Network (TIN))	50
11.3.2	Thiessen Polygone (Voronoi Diagramm)	50
11.3.3	Inverse Distance Weighted (IDW)	51
11.4	Spline	51
11.4.1	Kriging	52
12	Räumliche Analyse 2	54
12.1	Kerndichteberechnung	54
12.2	Autokorrelation	54
12.3	Punktmusteranalyse	54
13	Grundlagen 3D	56
13.1	Datenmodelle	56
13.2	Repräsentationsformen	57
14	Geodateninfrastruktur (GDI)	58
14.1	Begriffe	58
14.2	INSPIRE	58
14.3	Standards	58
14.3.1	Open Geospatial Consortium (OGC)	59
15	Dasymetric Mapping	61
16	OpenStreetMap	62
16.1	Datenstruktur	62
16.2	Datenmodell	63
16.3	weiterführende Materialien	63
17	Klausur - Themen	64
17.1	Analyse Vektor	64
17.2	Analyse Raster	64
17.3	Räumliche Analysen	64
17.4	Netzwerke, Graphen, Routing	64
17.5	Topolog. Datenstrukturen (Topol./Spagh.)	65
17.6	Geodatenbanken	65
17.7	Datenmodellierung	65
17.8	3D-GIS	66
17.9	GeoWeb / GDI:	66
17.10	Dasymetric Mapping	66

18 Klausur - Fragen	67
18.1 WS 12/13	67
18.2 WS 12/13 (zweiter Klausurtermin)	67
18.3 SS 16	67

1 Allgemeines

Modul

- Methoden der Geographie III: Geogr. Informationssysteme (GIS)

Semester

- SS18

Download

- Download die Rubrik "Geographische Informationssysteme" als PDF
- [gis.pdf](#)

1.1 Übung

- 5 Übungsblätter (50%)
- Abschlussprojekt (50%)
 - 10% Form
 - 80% Inhalt
 - 10% Karte

1.2 GIS Software

QGIS

- <https://qgis.org/de/site/>

ArcGIS

- <https://www.arcgis.com/features/index.html>

1.3 Literatur & weiterführende Materialien

Geographic Information System Basics (kostenlos)

- <https://2012books.lardbucket.org/books/geographic-information-system-basics/index.html>

ArcGIS - Hilfe

- Durchsuche die Hilfe nach Begriffen (Fachwörter, Konzepte, etc.)
- <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/>

1.4 Tools

Siehe: <http://kollektive-geographie-heidelberg.de/#/geographie-ressourcen/tools>

2 Einführung

2.1 Grundbegriffe

GIS

- Geographisches Informationssystem
- a computerized system that can store, retrieve, manipulate, visualize and analyse spatial data

Informationssystem

- Erfassung
- Speicherung
- Aktualisierung
- Verarbeitung
- Wiedergabe

Geodaten (Spatial Data)

- Geographische Daten
- Informationen über die Lage und Form (Geometriedaten) einer Erscheinung (Objekt) auf der Erdoberfläche und über die (nicht geometrischen) Eigenschaften (Attributdaten) dieser Erscheinung ([Spektrum](#)).
- Geodaten beschreiben folgende Merkmale von Geoobjekten:
 - Geometrie
 - Topologie
 - Thematik
 - Dynamik

Geoobjekt (Features)

- Ein auf der Erde vorhandenes Objekt, das mittels Geodaten eindeutig referenzierbar ist ([Wikipedia](#)).

Attributdaten

- (nicht geometrischen) Eigenschaften eines Geoobjekte
- Daten ohne spezifischen Raumbezug ([Spektrum](#))
 - Bei Rasterdaten entspricht der Wert des Attributs dem gespeicherten Wert der Rasterzelle
 - Bei Vektordaten in der Regel in konventionellen Datenbanken gespeichert

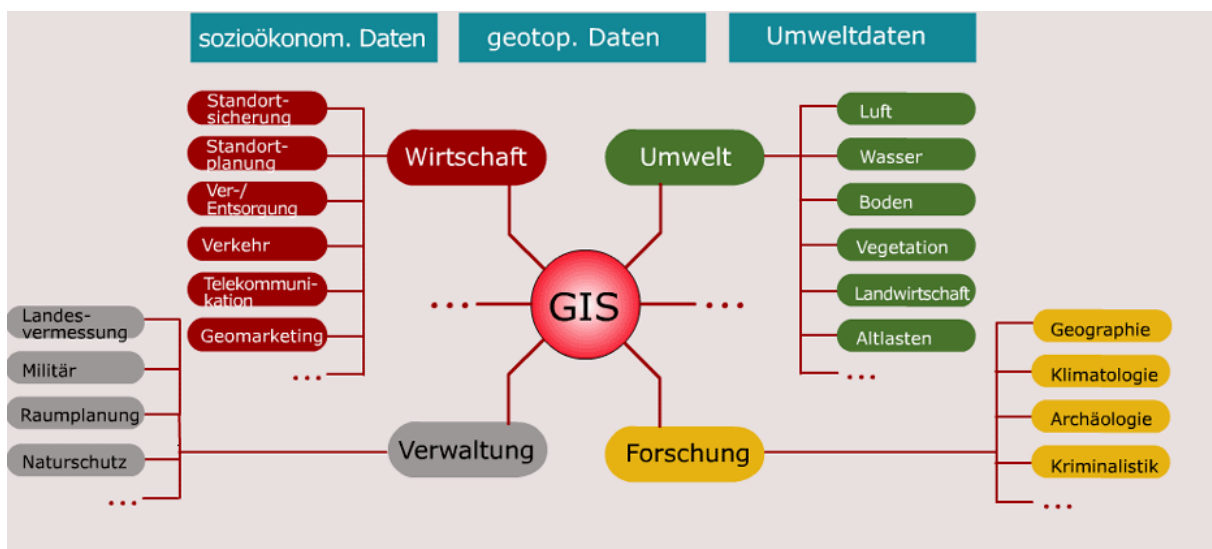
Layerprinzip

- Verschiedene Objekt-klassen oder Variablen in Schichtmodell (Layer) miteinander verknüpft
- jede Geometrietyp (oder Attributklasse) wird in eigener Informationsschicht erfasst

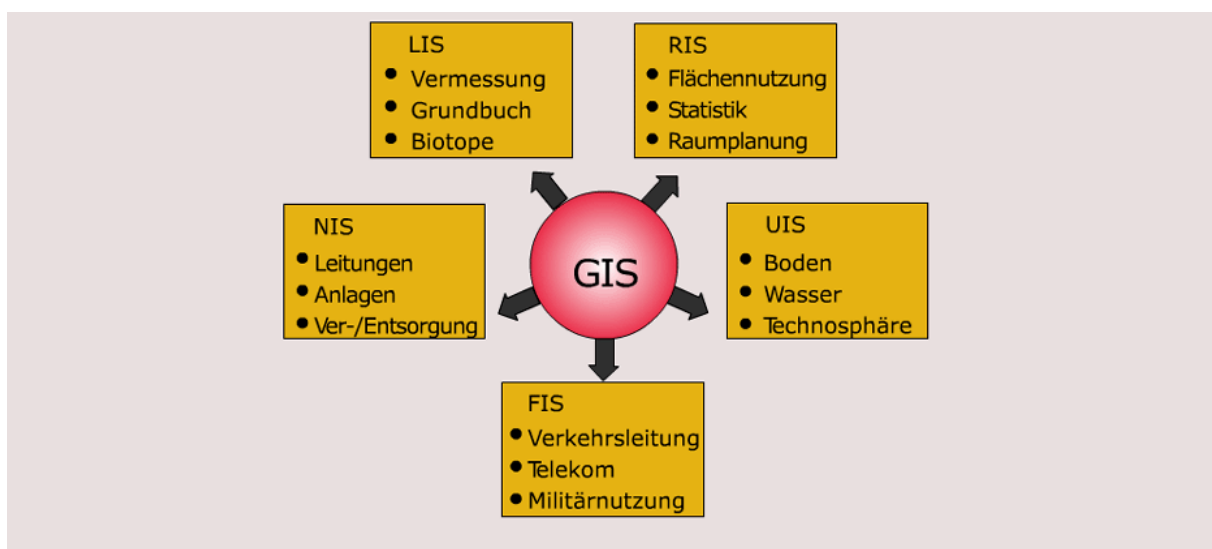
EVAP

1. Erfassung
2. Verwaltung
3. Analyse
4. Präsentation

2.2 Anwendungsfelder und GIS-Typen



Quelle: http://www.geoinformation.net/lernmodule/folien/Lernmodul_03/Lerneinheit01/index.html



Quelle: http://www.geoinformation.net/lernmodule/folien/Lernmodul_03/Lerneinheit01/index.html

html

- LIS = Land(schafts)informationssystem (z.B. zur Naturraumausstattung)
- RIS = Rauminformationssystem (z.B. für Regionalplanung)
- KIS = Kommunales Informationssystem (für Planung u. Verwaltung)
- UIS = Umweltinformationssystem (z.B. Umweltüberwachung)
- NIS = Netzinformationssystem (z.B. Kanal-IS, Straßen-IS)
- FIS = Fachinformationssystem (z.B. Boden-IS, ...)

2.3 Raummodelle

In order to visualize natural phenomena, one must first determine how to best represent geographic space. Data models are a set of rules and/or constructs used to describe and represent aspects of the real world in a computer. Two primary data models are available to complete this task: raster data models and vector data models.

Ziel von GIS

- rechnergestützte raumbezogene Analysen mit Geodaten. Dazu ist erforderlich: Ein digitales Modell der „Wirklichkeit“.

Modelle

- Rastermodell
 - Welt als Reihe von Variablen, die an jeder Stelle einen Wert annehmen
 - Siehe auch Kapitel: [Raster](#)
- Vektormodell
 - Welt als leerer Raum, der mit diskreten Objekten (Entitäten) angefüllt ist
 - Siehe auch Kapitel: [Vektor](#)

3 Analysemethoden

Dieses Kapitel ist unabhängig von den Datenmodellen (Rasterdatenmodell und Vektrodatenmodell).

Siehe in den jeweiligen Kapiteln für Analysemethoden von [Rasterdaten](#) oder [Vektordaten](#).

3.1 Abfragevarianten

Thematische Abfragen

- Selektiert die Objekte, deren Eigenschaften (Attribute) die gestellten Bedingungen erfüllen.

Geometrische Abfragen

- Selektiert die Objekte, die bestimmte räumliche Bedingungen erfüllen.

Topologische Abfragen

- Selektiert die Objekte, welche die gestellten Bedingungen bezüglich den räumlichen Beziehungen zwischen den Objekten erfüllen.

3.2 Kategorien räumlicher Analyse

- **Location:** Was ist Wo?
 - Welche räumlichen (Fläche, Umrisslänge, Mittelpunkt etc.) und nicht-räumlichen Attribute besitzt ein Objekt (z.B. Einwohnerzahl einer Gemeinde).
- **Condition:** Wo ist Was?
 - Auffinden von räumlichen Objekten mit bestimmten inhaltlichen Voraussetzungen (z.B. Gebäudekataster: Wo befinden sich sanierungsbedürftige Altbauten?).
- **Trend:** Zeitl. Entwicklung
 - Untersuchung von Entwicklungen mit Flächenverschnitten (z.B. Ausweitung von besiedelter Fläche zu zwei verschiedenen Zeitpunkten).
- **Pattern:** relevante Muster
 - Untersuchung von raumbezogenen Korrelationen mit Flächenverschnitten (z.B. Häufung bestimmter Erkrankungen in Abhängigkeit von emittierenden Betrieben).
- **Routing:**
 - Netzwerkanalysen z.B. bei der Verkehrsplanung (z.B. Auffinden des kürzesten Wegs zwischen zwei Städten unter Benutzung ausschließlich von Bundesstrassen?).
- **Modelling:** Prozesse ab(nach)bilden
 - Gemeint ist die Modellierung von Raumszenarien (z.B. Simulation von Hochwasserereignissen).

3.3 Auswahloperatoren

Vergleichende Operatoren

- = (gleich)
- > (größer)
- < (kleiner)
- <> (ungleich)

Arithmetische Operatoren

- * (Multiplikation)
- / (Division)
- + (Addition)
- - (Subtraktion)
- exp (Exponent)
- % (Modulo)

Logische Operatoren

- AND \cap (Schnittmenge)
- OR \cup (Vereinigungsmenge)
- XOR (ausschließende (exklusive) Vereinigungsmenge)
- NOT \neg (Negation)

3.4 Verschneidung

Verschneidung

- Gruppe grundlegender GIS-Funktionen, die ein digitales Zusammenführen (Kombination) von Geo- und Attributdaten mehrerer Themenebenen oder Objektklassen ermöglicht ([Geoinformatik - Uni Rostock](#))

3.4.1 Boolesche Verschneidung

Verschneidung auf binärer Informationsebene (wahr/falsch).

Operator	Operatorname	Beschreibung
AND	Schnittmenge	Ergibt „wahr“ für alle Gebiete, die sowohl das erste als auch das zweite Kriterium

Operator	Operatorname	Beschreibung
OR	Vereinigung	Ergibt „wahr“ für alle Gebiete, die entweder das erste oder das zweite Kriterium
XOR	exklusive Vereinigung	Ergibt „wahr“ für alle Gebiete, die entweder das erste oder das zweite Kriterium
NOT	Negation	Ergibt „wahr“ für alle Gebiete, die das erste Kriterium erfüllen, nicht aber das zw

Quelle: http://gitta.info/Suitability/de/html/BoolOverlay_learningObject2.html

3.4.2 Geometrische Verschneidung

Operationen der Mengenlehre

- Vereinigung (Union) = OR
- Schnitt (Intersection) = AND
- Symmetrische Differenz (Symmetrical difference) = XOR
- Mengen Differenz (Identity)

Arten der Verschneidung

- Punkt-Fläche
- Linie-Fläche
- Fläche-Fläche

4 Rasterdaten

Rasterdatenmodell

- Ein Datenmodell, in dem Bildinhalte (z.B. Fotos) oder räumliche Objekte als (quadratische) Rasterzellen in einer zweidimensionalen Datenmatrix abgebildet werden. ([Spektrum](#))
 - Ein Gitter (Grid) aus Zeilen und Spalten ([Wikipedia](#))
 - Eine Menge von Zellen (Pixel)
 - Zellen haben eine homogene Größe
 - Einzelnen Zellen werden Werte zugeordnet, durch die der in der Zelle abgebildete Raum beschrieben wird
- Werte von Rasterdaten
 - Floating Point-Grid
 - * für kontinuierliche Daten
 - * Wert der Zelle = Attribut
 - Integer-Grid
 - * für diskrete Daten
 - * Wert der Zelle ist einem bestimmten Attribut zugeordnet (Value Attribute Tabel)
- Geeignet bei kontinuierlicher Phänomenen
- Weniger geeignet für diskrete Phänomene

Vorteil	Nachteile
Technologisch schnelle und günstige Erfassung von Daten	großer Speicherplatzbedarf
Einfache Datenstruktur	Maßstabsabhängig (Einschränkungen bei Zoom)
einfache Abfrage- und Analysealgorithmen	Probleme in der Beschreibung linienhafter Objekte
	Es gibt keine Information über die Beziehungen zu Nachbarn

4.1 Typen von Rasterdaten

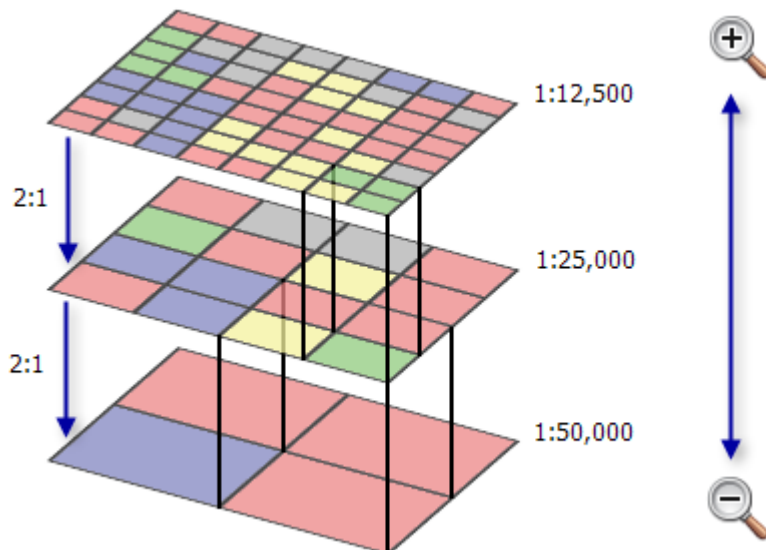
- Bildraster
 - Luft-/Satellitenbilder
- Thematische Raster
 - Landnutzung
- Kontinuierliches Raster
 - Höheninformation

4.2 Rasterformate

- ASCII Grid
 - Textuell (Menschenlesbar)
 - Rasterzellen als Matrix
- GeoTIFF
 - Binärformat
 - Attributdaten in Hauptdatei integriert
- GeoJPEG
 - Binärformat
 - Attributdaten in gesonderter Datei
- Geopackage und Geodatabase

4.3 Raster Pyramiden

Pyramiden werden zur Verbesserung der Performance verwendet. Sie sind eine reduzierte Version des ursprünglichen Raster-Datasets und können viele reduzierte Layer enthalten. Für jeden Layer der Pyramide wird ein Resampling im Verhältnis 2:1 durchgeführt. Unten findet sich ein Beispiel für zwei Ebenen von Pyramiden, die für ein Raster-Dataset erstellt wurden ([ESRI - ArcMap](#)):



Pyramiden können die Anzeige von Raster-Daten beschleunigen, da nur die für die Anzeige erforderlichen Daten in der vorgegebenen Auflösung abgerufen werden.

4.4 Analysemethoden: Karten Algebra (Map Algebra)

Definition

- Methodengebäude und "Tool-Box" zur Kombination von zwei oder mehr Rasterdatensätzen oder Layern (Rasterdaten).
- Map algebra wendet mathematische Operationen auf komplette Rasterdatensätze an, wobei die jeweilige Operation für jede einzelne Rasterzelle in jedem Datensatz durchgeführt wird.
 - Hierdurch lassen sich die als Zahlenmatrizen gespeicherten Informationsebenen miteinander verrechnen. ([Spektrum](#))

Mathematische Operationen

- Arithmetisch
- Logarithmisch (Log, ...)
- Trigonometrisch (Sin, ...)
- Power (Wurzel, ...)

Typen der Operatoren

- Lokal
 - Punktoperationen (Pixel)
- Fokal
 - Nachbarschaftsoperationen (Distanzoperationen)
 - direkten Nachbarzellen werden in die Berechnung mit einbezogen.
- Zonal
 - Gebiete gleicher Klassenzugehörigkeit
- Global
 - Thematisch/ komplette Ebene

4.4.1 Nachbarschaften

Definition

- größere Zonen auf Basis von Distanzen und/oder Richtungen.
- N4-Nachbarschaft
 - Lateraler Nachbar *oder* Diagonaler Nachbar
- N8-Nachbarschaft
 - Lateraler Nachbar *und* Diagonaler Nachbar

Beispiel: Minesweeper

- als klassisches Beispiel einer 3 x 3- Zellen Nachbarschaftsanalyse: Jeder Zellwert (Nummer) gibt die Anzahl der Bomben innerhalb einer 3-Zellen-Nachbarschaft an.

4.4.2 Analyse Prinzip

Verschneidung

Gegeben sind zwei Raster. Ein thematisches Raster mit Landnutzungsinformationen (Wald, Wasser, Agrar, etc.) und ein kontinuierliches Raster mit Vegetationsindex.

Gesucht sind die Agrarflächen mit einem bestimmten Vegetationsindex.

- Landnutzungsraster
 - Setze Pixel mit dem Wert Agrar auf 1
 - Setze alle anderen Pixel auf den Wert 0
- Vegetationsindexraster
 - Setze alle Pixel mit dem gewünschten Vegetationsindex auf 1
 - Setze alle anderen Pixel auf den Wert 0
- Verschneidung
 - Verschneide beide Raster (logisches AND)

5 Vektordaten

5.1 Vektordatenmodell

Vektordaten

- Vektordaten beschreiben raumbezogene Objekte anhand von Punkten
- Daten entsprechend des Vektordatenmodells zur Abbildung von Punkten, Linien, Flächen und Körpern auf der Basis von Koordinaten. Neben den Koordinaten als Träger geometrischer Informationen können, je nach Datenformat, weitere objektbezogene Informationen in Form von topologischen, graphischen oder Sachdaten in einem Vektordatensatz enthalten sein ([Spektrum](#)).
- Geeignet für diskrete Phänomene
- Weniger geeignet für kontinuierliche Phänomene

Vektordatenmodell

- Im Vektordatenmodell wird ein *Punktobjekt* als einzelnes Koordinatenpaar (x/y) erfasst
 - Linieobjekte werden über Listen von Punkten repräsentiert
 - Polygone sind geschlossenen Linienzügen, sowie den Polygonzentroiden (Zentroid)
- Jedes Objekt kann neben seiner Geometrie auch Eigenschaften besitzen (Attributdaten).
 - Im Gegensatz zum Rastermodell sind diese sog. Attributdaten mit dem Objekt selbst verknüpft.
- Im Vektormodell unterscheidet man zwischen topologischen und nichttopologischen Datenstrukturen.

Quelle: ([Spektrum](#))

Vorteil	Nachteile
Scharfe Repräsentation der Geometrie (Maßstabsunabhängig)	komplexe Datenstruktur
Beliebige unregelmäßige Formen und Rauminhalte	komplexe Analysealgorithmen
Kompaktheit: Geringerer Speicherplatzbedarf	Schwierig zu bearbeiten

The final advantage of vector data is that topology is inherent in the vector model. This topological information results in simplified spatial analysis (e.g., error detection, network analysis, proximity analysis, and spatial transformation) when using a vector model ([geographic information system basics](#)).

5.1.1 Nichttopologische Vektordatenstrukturen (Spaghetti Modell)

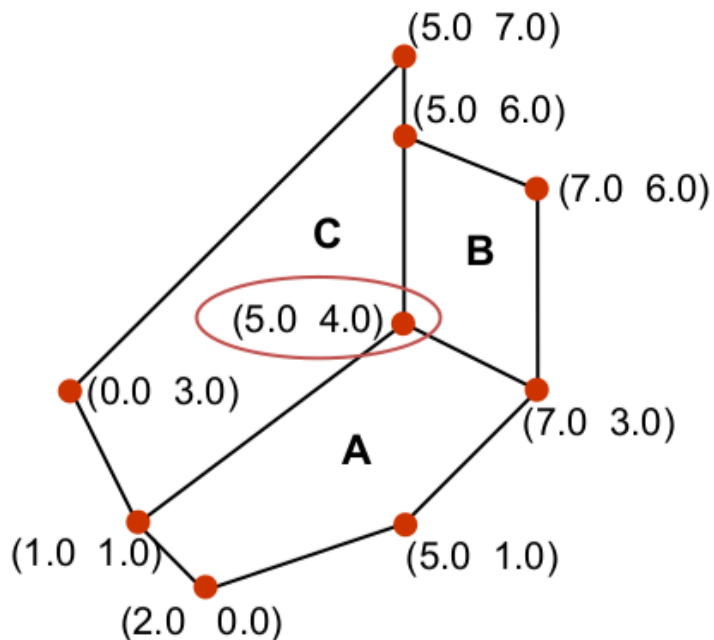
Nichttopologische Datenstrukturen (Spaghetti-Datenstrukturen) bilden lediglich die Lage und Form eines Objektes ab (Geometriedaten), enthalten aber keine Informationen über Nachbarschaftsbeziehungen. (nur Geometrie, keine Topologie)

Reihung von Koordinatenpaaren - Punkte (XY-Koordinaten) - Linien (Reihe von Punkten, deren erster und letzter ungleiche Koordinaten besitzen) - Polygonen (Reihe von Punkten, deren erste und letzte gleiche Koordinate besitzen)

Vor- und Nachteile

- Vorteile
 - einfache Datenstruktur
- Nachteile
 - Topologie nur implizit
 - Fehleranfällig durch Redundanz

Nichttopologische Datenstruktur:
Einfach

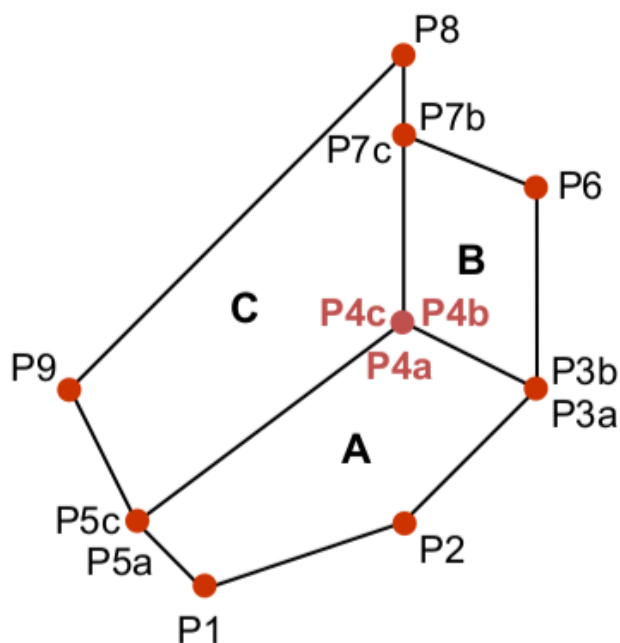


A: 2.0 0.0
5.0 1.0
7.0 3.0
5.0 4.0
1.0 1.0

B: **5.0 4.0**
7.0 3.0
7.0 6.0
5.0 6.0

C: **5.0 4.0**
5.0 6.0
5.0 7.0
0.0 3.0
1.0 1.0

Nichttopologische Datenstruktur:
Komposition von Punktoobjekten



A: P1 P2 P3a
P4a P5a

B: **P4b** P3b P6
P7b

C: **P4c** P7b P8
P9 P5c

Punkte:

P1	2.0	0.0
P2	5.0	1.0
P3a	7.0	3.0
P3b	7.0	3.0
P4a	5.0	4.0
P4b	5.0	4.0
P4c	5.0	4.0

.....

Quelle: Vorlesung - Einführung in die Geoinformatik (SS18)

5.1.2 Topologische Vektordatenstrukturen (Knoten- und Kantenstruktur)

Topologische Vektordaten enthalten zusätzlich Informationen über die räumlichen Beziehungen der Objekte. (Geometrie und Topologie)

Adjazenz

- Berühren, Aneinandergrenzen (Graphentheorie)

topologischen Beziehungen

- Adjazenz von Knoten und Kanten
- Adjazenz von Kanten und Maschen
- Adjazenz von Kanten und Kanten
- Adjazenz von Maschen und Maschen

Maschen = Polygone

Siehe auch Kapitel: [Graphen und Netzwerke](#)

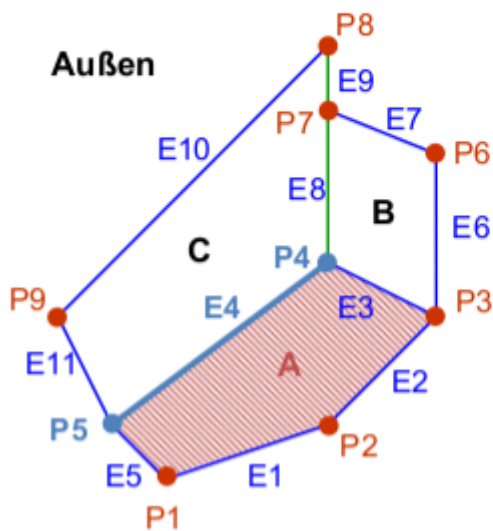
Knoten- und Kantenstruktur

- Knoten (XY-Koordinaten) werden gespeichert
- Kanten (Knotenpaare und angrenzende Maschen) werden separat von Knoten gespeichert

Vor- und Nachteile

- Vorteile
 - Topologie ist explizit
 - Geometrie ist redundanzfrei
 - Bei Änderungen können Fehler leichter vermieden werden
- Nachteil
 - größere Rechenkapazität (im vgl. zu nichttopologischen Datenstrukturen)

Topologische Datenstruktur: Knoten- Kantenstruktur



Kante

Anfangs-knoten

End-knoten

linke Masche

rechte Masche

Kanten:

E1	P1	P2	A	Außen
E2	P2	P3	A	Außen
E3	P3	P4	A	B
E4	P4	P5	A	C
E5	P5	P1	A	Außen
E6	P3	P6	B	Außen

.....

Knoten:

P1	2.0	0.0
P2	5.0	1.0

.....

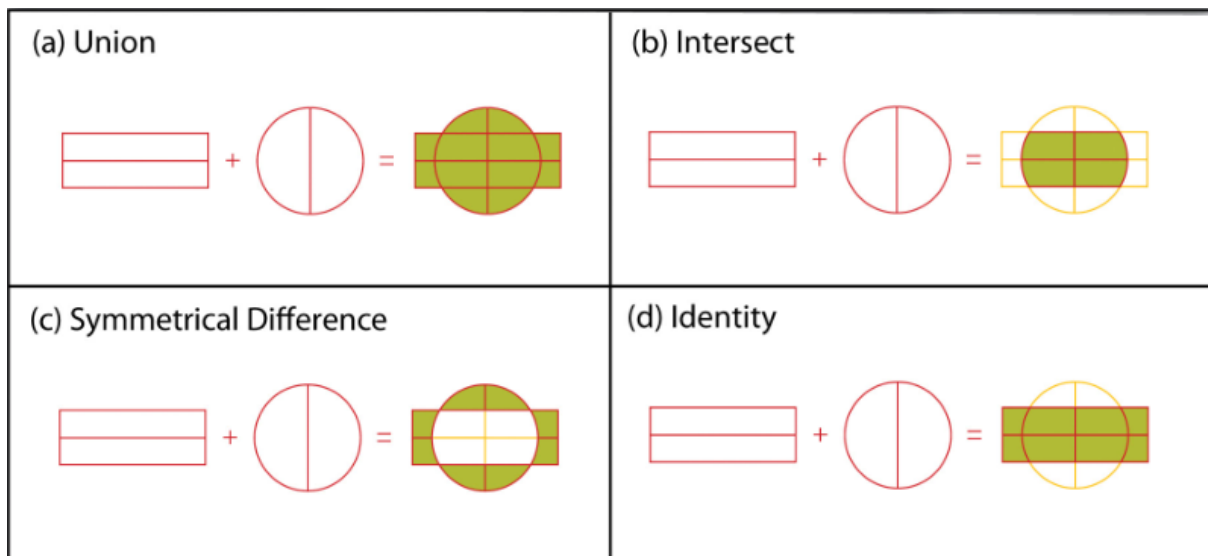
Quelle: Vorlesung - Einführung in die Geoinformatik (SS18)

5.2 Analysemethoden

- Geometrisch
 - Manipulation und Nutzung der Form, Lage und Größe der Vektorfeatures
- Topologisch
 - Analyse der gegenseitigen Lagebeziehungen der Vektorfeatures

5.2.1 Geometrische Verschneidung (Overlay Operations)

- Vereinigung (Union) = OR
- Überschneidung (Intersection) = AND
- Symmetrische Differenz (Symmetrical difference) = XOR
- Mengen Differenz (Identity)



Quelle: <https://2012books.lardbucket.org/books/geographic-information-system-basics/index.html>

5.2.2 Geoprozessierung

Daten werden verändert, aber keine neuen „Informationen“ geschaffen

- Auflösen (Dissolve)
 - Kombiniert mehrere Polygonobjekte zu einem Polygonobjekt, basierend auf einem bestimmten Attributen
- Auswählen (Select)
 - Erstellung eines Ausgabelayers basierend auf einer benutzerdefinierten Abfrage, welche bestimmte Objekte des Eingabelayers auswählt. (Siehe oben: Auswahloperatoren)
- Merge
 - Verbindet gleiche Objekte aus unterschiedlichen Eingabelayern in einem neuen Ausgabelayer
- Append
 - Zusammenführen von Layer mit existierenden Überschneidungsbereichen
- Differenz (Clip)
 - Extrahiert die Objekte eines Eingabelayers (Punkt, Linie oder Polygon), welche in die räumliche Ausdehnung (spatial extent) ein Clip Layers fällt
- Erase
 - Gegenteil von Clip
 - Behält die Objekte eines Eingabelayers (Punkt, Linie oder Polygon), welche außerhalb der räumlichen Ausdehnung (spatial extent) ein Clip Layers sind
- Split

- Teilt einen Eingabelayer in mehrere Ausgabelayer (räumlich unterschiedliche Teilbereiche) auf

5.2.3 Puffer (Buffer)

Das Erzeugen eines Polygonlayers, welcher eine Zone (oder mehrerer Zonen) mit einer bestimmten Breite um ein Eingabe Punkt-, Linie- oder Polygonobjekt.

Eingabe

- Punkt-, Linie- oder Polygonobjekt
- Breite

Ausgabe

- Polygonlayer mit Zonen

Typen

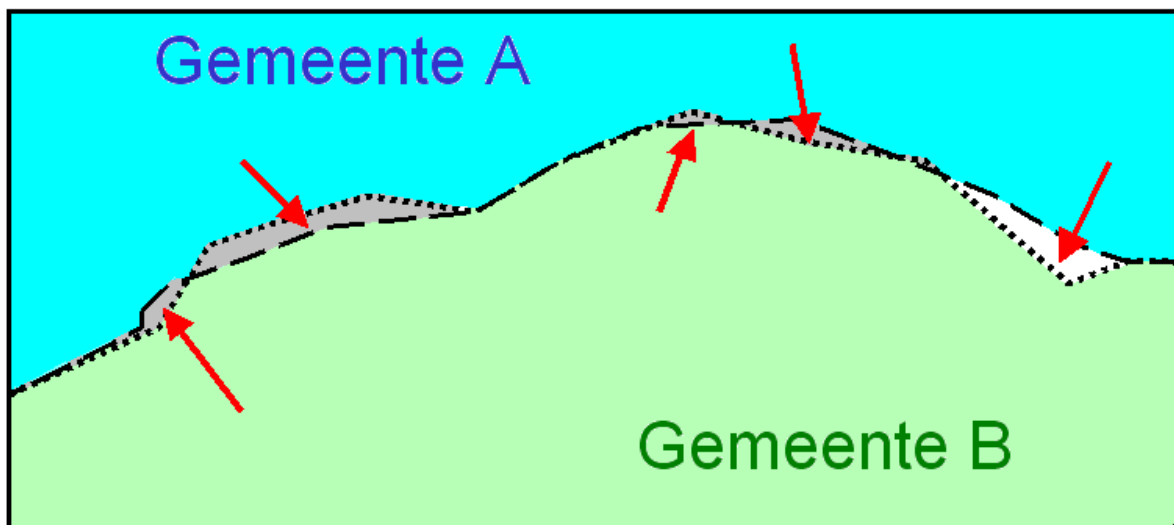
- Constant width buffers
- Variable width buffers
 - Pufferbreite wird vorher für jedes Objekt festgelegt
 - Abhängig von Attributen des jeweiligen Objektes

Multiple ring buffers

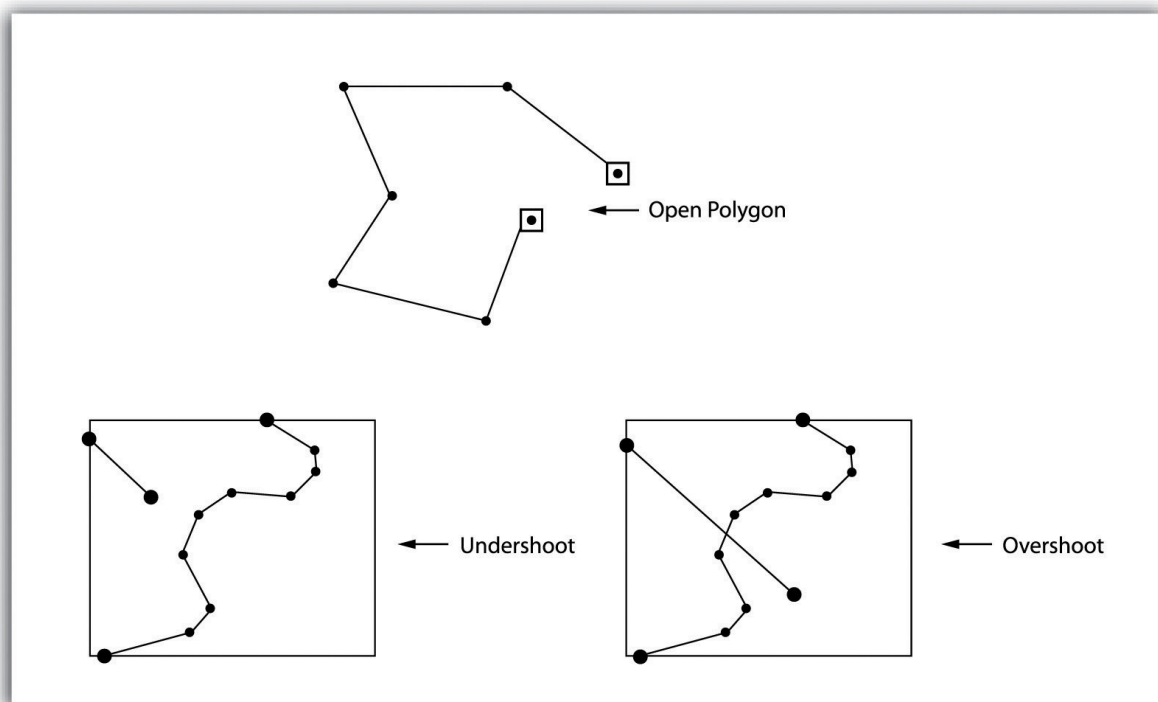
- Serie von konzentrischen Pufferzonen (wie eine Zielscheibe) um ein Objekt.

5.2.4 Topologische Fehler

Sliver Polygone sind fehlerhaft entstandene Restflächen, die beim räumlichen Verschneiden verschiedener Datenebenen entstehen ([Wikipedia](#)). Zwei Kanten von Polygonen treffen nicht genau aufeinander.



Weitere Fehler sind Offene Polygone, Undershoots und Overshoots.



6 Datenmodellierung und ERM

Datenmodell

- Abbildung der realen Welt in abstrahierter, vereinfachter, strukturierter Weise
- Ein (relationales) Datenmodell wird durch die Abstraktion von einzelnen Objekten (Entitäten), [deren Beziehungen zueinander (Relationen)] und deren Eigenschaften (Attribute) gebildet (<http://geoinformatik.lehrewelt.de>)

6.1 Phasen der Datenmodellierung

1. Konzeptionelles Datenmodell (Datenbankschema)
 - Bestimmung und Benennung der wichtigsten Objekte (Entitäten)
 - Bestimmung der wichtigsten Beziehungen zwischen Objekten (Relationen)
2. Logisches Datenmodell (Datenbankschema)
 - Bestimmung der relevanten Eigenschaften von Objekten (Attribute)
 - Beschreibung des Verhaltens von Objekten (Methoden)
3. Physisches Datenmodell (Datenbankschema)
 - Definition der Datentypen für Objekte und deren Eigenschaften
 - Definition wie Beziehungen implementiert werden sollen (Kardinalitäten)
 - Beschreibung der Operationen und deren Parameter (Methodendefinition/-deklaration)

6.2 Entity-Relationship Modell (ERM)

Das Entity-Relationship-Modell dient dazu, im Rahmen der semantischen Datenmodellierung einen in einem gegebenen Kontext, relevanten Ausschnitt der realen Welt zu beschreiben.

Das ERM besteht aus einer Grafik (ER-Diagramm) und einer Beschreibung der darin verwendeten Elemente, wobei deren Bedeutung (Semantik) und ihre Struktur dargestellt wird ([Wikipedia](#))

6.2.1 Begriffe

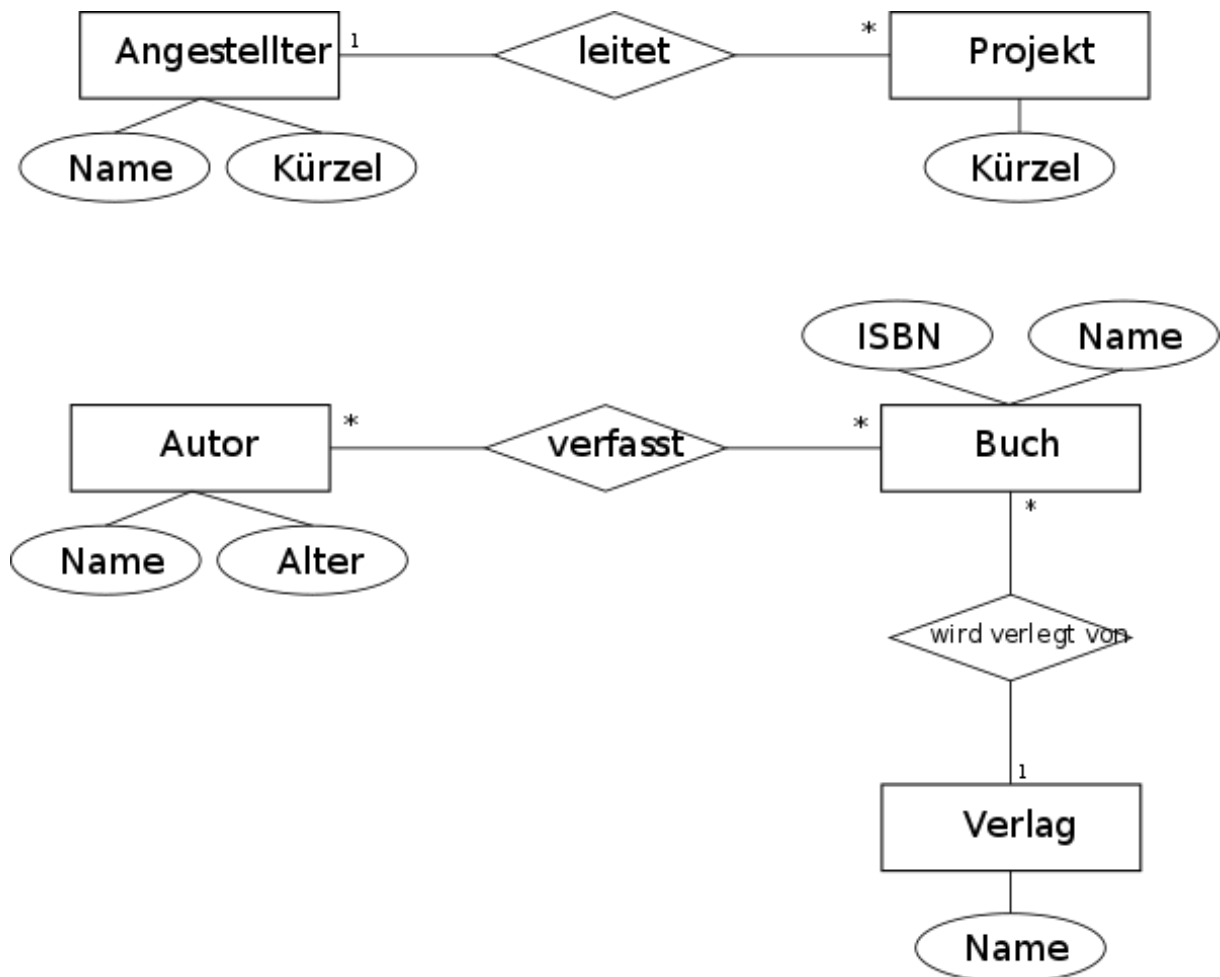
Objekte und Gegebenheiten der realen Welt:

- **Entität (Entity)**
 - individuell identifizierbares Objekt der Wirklichkeit
 - z. B. der Angestellte Müller oder das Projekt 3232
- **Beziehung (Relationship)**
 - Beziehung zwischen zwei oder mehreren Entitäten

- z. B. Angestellter Müller leitet Projekt 3232
- **Eigenschaft (Attribute)**
 - Eigenschaft von einer Entität
 - z. B. das Eintrittsdatum des Angestellten Müller.

Im Rahmen der Modellierung werden geichtartige Typen gebildet:

- **Entitätstyp**
 - Typisierung gleichartiger Entitäten
 - z. B. Angestellter, Projekt, Buch, Autor, Verlag
- **Beziehungstyp (Relationship-Typ)**
 - Typisierung gleichartiger Beziehungen
 - z. B. Angestellter leitet Projekt **Attribut**
 - Typisierung gleichartiger Eigenschaften
 - z. B. Nachname, Vorname und Eintrittsdatum im Entitätstyp Angestellter.



Kardinalitäten

- Die Kardinalität legt (auf der Ebene Beziehungstyp) für jeden der beteiligten Entitätstypen fest, an wie vielen konkreten Beziehungen (dieses Typs) seine Entitäten beteiligt sein können oder müssen ([Wikipedia](#)).
- Es existieren unterschiedliche Notationsformen
- Chen-Notation
 - 1:1
 - 1:n
 - m:n

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Entity-Relationship-Modell>

6.2.2 Vor- und Nachteile

Vorteile

- einfach und intuitiv
- einfach abzubilden auf relationales Modell
- weite Verbreitung

Nachteile

- geringe Ausdrucksfähigkeit
- formal nicht eindeutig
- keine Spezifikation von Verhaltensaspekten

6.2.3 Spezialisierung und Generalisierung (is-a-Beziehung)

Bei der **Spezialisierung** wird ein Entitätstyp als Teilmenge eines anderen Entitätstyps erkannt und deklariert, wobei sich die spezialisierte Entitätsmenge durch besondere Eigenschaften (nur für sie geltende Attribute und/oder Beziehungen) gegenüber der übergeordneten, generalisierten Menge auszeichnet ([Wikipedia](#)).

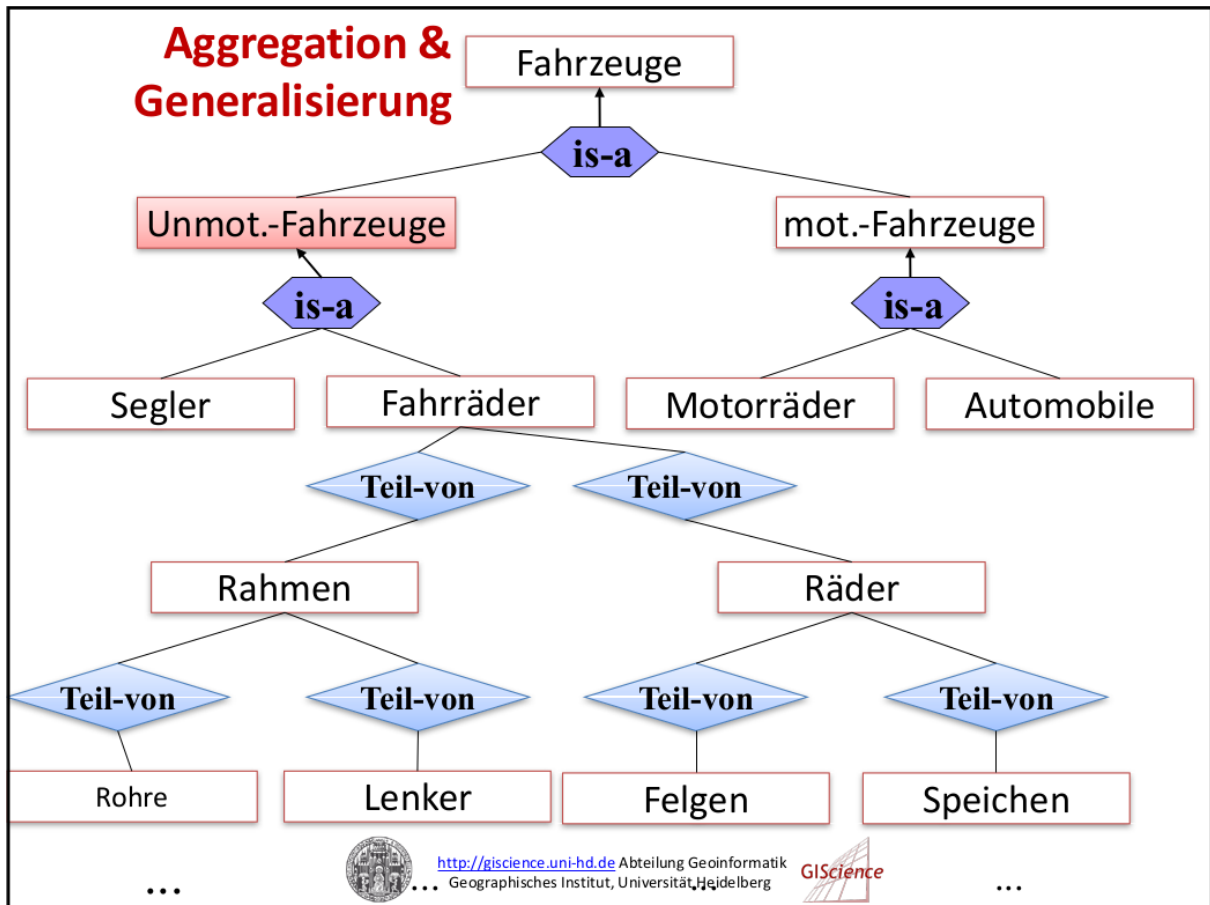
6.2.4 Aggregation und Zerlegung (is-part-of-Beziehung)

Werden mehrere Einzelobjekte (z. B. Person und Hotel) zu einem eigenständigen Einzelobjekt (z. B. Reservierung) zusammengefasst, dann spricht man von **Aggregation**. Dabei wird das übergeordnet eigenständige Ganze Aggregat genannt; die Teile, aus denen es sich zusammensetzt, heißen Komponenten. Aggregat und Komponenten werden als Entitätstyp deklariert ([Wikipedia](#))

Aggregation vs. Generalisierung

Aggregation und Generalisierung bilden Hierarchien aber:

1. Aggregation bezieht Objekte aufeinander
2. Generalisierung bezieht Klassen aufeinander



7 Datenbanken

7.1 Begriffe

Datenbank (DB)

- Strukturierte Sammlung von Daten
- Menge der zu verwaltenden Daten

Datenbankmanagementsystem (DBMS)

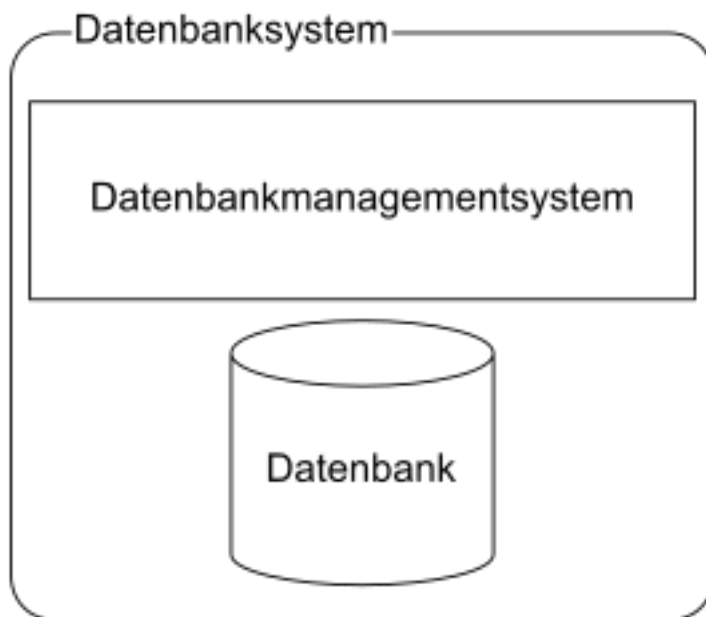
- Verwaltungssoftware
- organisiert intern die strukturierte Speicherung der Daten und kontrolliert alle lesenden und schreibenden Zugriffe auf die Datenbank ([Wikipedia](#))

Datenbanksystem (DBS)

- DB + DBMS
- Zur Abfrage und Verwaltung der Daten bietet ein Datenbanksystem eine Datenbanksprache an ([Wikipedia](#))

Datenbankmodell

- Das Datenbankmodell bestimmt, in welcher Struktur Daten in einem Datenbanksystem gespeichert werden ([Wikipedia](#))
- Modelle
 - Hierarchisch (One-to-many association across levels; z.Bsp. Stammbaum)
 - Netzwerk (Many-to-many)
 - Relational (Tabellenbasiert)



Datenunabhängigkeit

- Der Grad den ein Benutzer auf die Daten eines Datenbanksystems zugreifen kann, ohne Details der systemtechnischen Realisierung der Datenspeicherung und des Datenzugriffs zu kennen ([Wikipedia](#))
- Benutzer interagiert nicht direkt mit Daten, sondern mit Repräsentation der Daten über standardisierte Datenbanksprache
- *Physische Datenunabhängigkeit*
 - Änderungen auf der physischen Ebene haben keinen Einfluss auf die logische Struktur
- *Logische Datenunabhängigkeit*
 - Änderungen auf der logischen Ebene haben keinen Einfluss auf Anwendungen

7.2 Funktionen eines DBMS

- Datenbanksprache
 - Funktionen
 - * Datenabfrage und -manipulation (DML)
 - * Verwaltung der Datenbank und Definition der Datenstrukturen (DDL)
 - Bei relationalen DBMS sind diese Kategorien in einer Sprache (SQL) vereint
- Verwaltung der Metadaten
- Datensicherheit
 - Schutz gegen Datenverlust (Sicherung/ Backup)
 - Schutz gegen unerlaubten Zugriff (Zugriffsrechte)

- Datenintegrität
 - Die Integrität der Daten kann durch Constraints sichergestellt werden
 - Regeln im Managementsystem, die beschreiben, wie Daten verändert werden dürfen
- Mehrbenutzerfähigkeit
 - Zugriffsberechtigungen (Permissions)
- Transaktionen
- Abfrageoptimierung

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenbank>

7.2.1 Transaktion

Transaktionen

- Ermöglichung des Mehrbenutzerbetriebs durch das Transaktionskonzept
- Daten gegen *Race Conditions* durch den parallelen Zugriff mehrerer Benutzer schützen

Eigenschaften von Transaktionen (ACID) (Wikipedia)

- atomicity = Atomarität (Abgeschlossenheit)
 - Datenbank-Operationen, die entweder ganz oder gar nicht ausgeführt werden (Alles-oder-nichts-Eigenschaft)
- consistency = Konsistenzerhaltung
 - Nach Beendigung einer Transaktion wird ein konsistenter Datenbankzustand hinterlassen
 - Alle im Datenbankschema definierten Integritätsbedingungen vor dem Abschluss der Transaktion werden überprüft
- isolation = Isolation (Abgrenzung)
 - Verhindert, dass sich nebenläufig in Ausführung befindliche Transaktionen gegenseitig beeinflussen
 - Realisiert durch Zugriffssperren
- durability = Dauerhaftigkeit
 - Daten sind nach dem erfolgreichen Abschluss einer Transaktion garantiert dauerhaft in der Datenbank gespeichert

8 Relationale Datenbanken

8.1 Konzept

Eine **relationale Datenbank** beruht auf einem **tabellenbasierten relationalen Datenbankmodell** (Wikipedia):

- Eine **relationale Datenbank** kann man sich als eine Sammlung von **Tabellen (Relationen)** vorstellen.
- Jede **Zeile (Tupel)** in einer Tabelle ist ein ***Datensatz (Record)***.
- Jede ***Spalte (Attribute)*** besteht aus einer Reihe von **Attributwerten (Attribute)**
 - Alle Attributwerte eines Attributes (Spalte) ist von einem bestimmten Datentyp
- Die Tabellen sind durch **Beziehungen (relationships)** miteinander verknüpft
 - Dadurch ist es möglich bei Abfragen, Daten aus mehreren Tabellen zu kombinieren
- Ein Datensatz muss eindeutig identifizierbar sein. Das geschieht über einen oder mehrere Schlüssel.

relationales Modell	informeller Begriff	Erklärung
Relation, Entitätstyp, Entitätsklasse	(table)	Eine Tabelle in einer Datenbank
Tupel, Entität (tuple, entity)	Zeile (row)	Ein horizontaler Datensatz einer Tabelle in der Datenbank
Beziehung (relationship)		Beziehung einzelner Tupel zueinander
Kardinalität (cardinality)		Mengenangabe zur Beziehung einzelner Tupel (z. B. 1:1, 1:n)
Attribut (attribute)	Spalte (column)	vertikaler Spaltenindex einer Tabelle
Primärschlüssel (primary key)		eindeutiger Identifikator
Fremdschlüssel (foreign key)		Schlüssel aus einer anderen Tabelle, um eine Beziehung herzustellen

Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Relation/_\(Datenbank\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Relation/_(Datenbank))

8.2 Beziehungen

Weiterhin können Verknüpfungen genutzt werden, um die Beziehungen zwischen Tabellen auszudrücken. Eine Bibliothekdatenbank könnte damit etwa folgendermaßen mit drei Tabellen implementiert werden:

Tabelle Buch, die für jedes Buch eine Zeile enthält:

- Jede Zeile besteht aus den Spalten der Tabelle (Attributen): Buch-ID, Autor, Verlag, Verlagsjahr, Titel, Datum der Aufnahme.
- Als Schlüssel dient die Buch-ID, da sie jedes Buch eindeutig identifiziert.

Tabelle Nutzer, die die Daten von allen registrierten Bibliotheksnutzern enthält:

- Die Attribute wären zum Beispiel: Nutzer-ID, Vorname, Nachname.

Beispiel einer Relation „Buch“:

Buch-ID	Autor	Verlag	Verlagsjahr	Titel	Datum
1	Hans Vielschreiber	Musterverlag	2007	Wir lernen SQL	13.01.2007
2	J. Gutenberg	Gutenberg und Co.	1452	Drucken leicht gemacht	01.01.1452
3	G. I. Caesar	Handschriftverlag	–44	Mein Leben mit Asterix	16.03.–44
5	Galileo Galilei	Inquisition International	1640	Eppur si muove	1641
6	Charles Darwin	Vatikan-Verlag	1860	Adam und Eva	1862

Relation „Nutzer“			Relation „Entliehen“	
Nutzer-ID	Vorname	Nachname	Nutzer-ID	Buch-ID
10	Hans	Vielschreiber	10	1
11	Jens	Mittelleser	10	2
12	Erich	Wenigleser	10	3
			12	5
			12	6

Außerdem braucht man eine dritte *Tabelle Entliehen*, die Informationen über die Verfügbarkeit des Buches enthält.

- Jede Zeile dieser Tabelle Entliehen ordnet einer Nutzer-ID eine Buch-ID zu.
- Als Schlüssel nimmt man hier die Attributmenge (Nutzer-ID, Buch-ID).

Gleichzeitig verbindet die Nutzer-ID jeden Eintrag der Tabelle Entliehen mit einem Eintrag der Tabelle Nutzer, sowie die Buch-ID jeden Eintrag von Entliehen mit einem Eintrag der Tabelle Buch verbindet. Deswegen heißen diese Attribute in diesem Zusammenhang Fremdschlüssel (engl. foreign key).

Der hier benutzte Begriff Relation beschreibt nicht die Beziehung zwischen Entitäten (wie im Entity-Relationship-Modell), sondern die Beziehung der Attribute zum Relationennamen. **Schlüssel (Key)**

- *Primärschlüssel (primary key)*
 - ein Attribut oder Attributkombination einer Relation, die einen Datensatz einer Tabelle eindeutig identifizieren
- *Fremdschlüssel (foreign key)*
 - ein Attribut oder eine Attributkombination einer Relation, welches auf einen Primärschlüssel einer anderen Relation verweist ([Wikipedia](#))

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Relationale_Datenbank

8.3 Gegenüberstellung von Grundbegriffen (Relationale Datenbank und ERM)

Relationale Datenbank	ERM
Kopfzeile	Entitätstyp
Spalte	Attribut
Tabelle	Entitätsmenge
Spaltenüberschrift	funktionale Beziehung (Relationship)
Zeile	Entität

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Relationale_Datenbank

8.4 Datentypen

Alle Attributwerte eines Attributes sind von einem bestimmten Datentyp.

Attributwerte sollten nach Möglichkeit elementar (nicht weiter zerlegbar) sein.

Name	Beschreibung
integer	Ganzzahlen
double precision (float8)	Gleitkommazahl
character varying (varchar)	Zeichenkette (variable Länge)
text	Zeichenkette
date	Datum
timestamp	Datum und Zeit
boolean	Boolsche Variable (TRUE/FALSE)

8.5 Datenbanksprache (SQL)

SQL-Introduktion: <https://sqlbolt.com/>

9 Geodatenbanken

Geodatenbanken unterstützen in logischer und interner Schicht räumliche...

- Objekte
- Abfragen
- Bezugssystemen

Konventionelle Datenbanken können Geodaten nicht effizient verwalten. Daher gibt es für viele Datenbanken Erweiterungen für die Verwaltung von Geodaten ([Wikipedia](#)).

Problem

1. Geometrien mithilfe von atomaren Datentypen in einer DB abzuspeichern ist aufgrund der Eigenschaften von Geometrien nicht effizient
2. Datenbank interne Suchmechanismen mithilfe von Indexstrukturen sind meist auf eindimensionale Daten ausgelegt

Lösung

1. Geodatenbanken (z.Bsp. PostGis) besitzen spezielle Datentypen für Geometrien
2. Geodatenbanken nutzen mehrdimensionale (räumliche) Indexstrukturen
 - Oder überführen räumliche Objekte in einen eindimensionalen Raum, sodass herkömmliche Indexstrukturen verwendet werden können

Indexstrukturen

- Über grundlegende Dateiorganisationsform hinausgehende Zugriffsstruktur zur Effizienzverbesserung
- Zugriffspfad: Datenstruktur für zusätzliche, schlüsselbasierten Zugriff auf Tupel
- eindimensionale Indexstrukturen
 - B+ Baum
- mehrdimensionale (räumliche) Indexstrukturen
 - Quadtree, R-Tree, GIST

9.1 OpenGIS - Simple Feature Specification (OGC)

Simple Feature Access ist eine Spezifikation des Open Geospatial Consortium, welche eine allgemein gültige Architektur für geografische Daten und deren Geometrien definiert.

Die Spezifikation definiert für DBMS:

- räumliche Datentypen
- räumliche Datenstrukturen

- räumliche Funktionalitäten

9.1.1 Geometrie Klassenmodell

Folgende instanziiierbare Klassen beinhaltet das Modell ([Wikipedia](#)):

- Punkte (Point)
- Linien (LineString)
- Polygone (Polygon)
 - Hierbei sind die Punkte des äußeren Ringes entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn (linksdrehend) sortiert.
 - Die Punkte des inneren Ringes (Loch) im Uhrzeigersinn (rechtsdrehend) sortiert
- Mehrere Punkte (MultiPoint)
- Mehrere Linien (MultiLineString)
- Mehrere Polygone (MultiPolygon)
- Sammlung dieser Geometrien (GeometryCollection)

9.1.2 Repräsentation der Geometrie (Well-known Text (WKT))

Die Well-known-Text-Repräsentation wird vor allem dazu verwendet, um die Geometrie alphanumerisch darstellen zu können ([Wikipedia](#)).

Punkt

`Point(10 10)`

LineString (Linie mit "Knickpunkten")

`LineString (10 10, 20 20, 30 40)`

Polygon (Fläche)

ein Polygon wird von zwei Klammern umschlossen. Polygon ohne Loch:

`Polygon((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))`

mit einem äußeren Ring und einem inneren Ring (Loch)

`Polygon((0 0, 0 20, 20 20, 20 0, 0 0),(5 5, 5 15, 15 15, 15 5, 5 5))`

Mehrfachpolygon

zwei Polygone

`MultiPolygon(((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10)),((60 60, 70 70, 80 60, 60 60)))`

zwei Polygone, erstes Polygon mit Loch:

```
MultiPolygon(((0 0, 0 20, 20 20, 20 0, 0 0),(5 5, 5 15, 15 15, 15 5, 5 5))
,((30 30, 30 40, 40 40, 40 30, 30 30)))
```

9.1.3 räumliche Funktionen

Siehe auch "PostGIS Special Functions" in der PostGIS Dokumentation: https://postgis.net/docs/PostGIS_Special_Functions_Index.html

PostGIS Fuctions

- ST_Area
 - Returns the area of the surface if it is a Polygon or MultiPolygon.
- ST_Buffer
 - (T)Returns a geometry covering all points within a given distance from the input geometry.
- ST_Centroid
 - Returns the geometric center of a geometry.
- ST_SRID
 - Returns the spatial reference identifier for the ST_Geometry as defined in spatial_ref_sys table.
- ...

Verschneidung

- Intersection():Geometry
- Union():Geometry
- Difference():Geometry
- SymDifference():Geometry

Test

- Equals():Integer
 - Gleichheit mit einer anderen Geometrie
- Disjoint():Integer
 - Menge der gemeinsamen Punkte = 0
- Intersects():Integer
 - Schnitt mit einer anderen G.
- Touches():Integer
 - Berührung mit einer anderen G.
- Crosses():Integer
 - Kreuzung mit einer anderen G.

- Within():Integer
 - innerhalb einer anderen Geometrie
- Contains():Integer
 - Enthält eine andere G.
- Overlaps():Integer
 - Überlappung mit einer anderen G.
- Relate():Integer
 - Beziehung mit einer anderen G.

10 Graphen und Netzwerkanalyse

10.1 Topologie

Topologie

- Beschreibt die gegenseitige Lage und Anordnung geometrischer Gebilde im Raum
 - Beschreibung der Relationen zwischen elementaren Objekten (Knoten, Kante, Masche)
- charakterisiert nichtmetrische, räumliche Beziehungen zwischen Geoobjekten (Nachbarschaftsbeziehungen)
 - Ermöglicht die koordinatenfreie Speicherung von Objekten

Topologische Invarianten

- Ein Knoten ist Endpunkt einer Kante
- Zwei Kanten kreuzen sich/ sind kreuzungsfrei
- Ein Punkt liegt im Inneren einer Fläche
- Ein Punkt liegt auf dem Rand einer Fläche
- Eine Fläche hat ein Loch
- Eine Fläche ist zusammenhängend/ nicht zusammenhängend
- Zwei Flächen sind benachbart

Nicht-topologische Eigenschaften

- Abstand
- Fläche
- Winkel
- Umfang
- Durchmesser

10.1.1 Topologische Beziehung nach Egenhofer

Egenhofer Relationen

- A disjoint B
- A contains B
- A inside B
- A equals B
- A touches B
- A covers B
- A is covered by B
- A overlaps B

	poly-poly	line-line	point-point	poly-line	poly-point	line-point
Disjoint						
Meet						
Overlap						
Contains						
Inside						
Covers						
Covered by						
Equal						

Quelle: <https://github.com/rugbyprof/4553-Spatial-DS/wiki/Topological-Relationships>

10.2 Graphentheorie

Die Graphentheorie liefert ein mathematisches Fundament für die einheitliche Darstellung und Analyse unterschiedlicher Netzwerke. Daher beschränkt sich ein Graph vorwiegend auf die Modellierung von Beziehungen seiner Elemente, der Konnektivität. Konnektivität ist eine topologische Eigenschaft.

Graph

- Ein Graph ist ein Gebilde aus Knoten (nodes) und Kanten (edges)
 - Eine Kante verbindet immer 2 Knoten
 - Diese Knoten sind die Endpunkte der Kante

Adjazenz

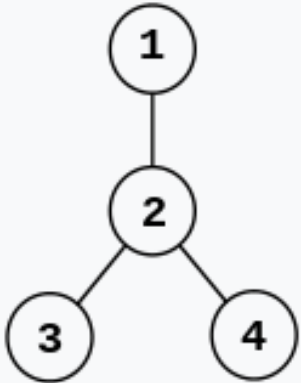
- Aneinandergrenzen gleichartiger Primitive
 - Z.B. 2 Knoten über eine Kante, 2 Kanten über einen Knoten

Inzidenz

- Aneinandergrenzen unterschiedlicher Elemente
 - Z.B. Knote und Kante

Adjazenzmatrix (Nachbarschaftsmatrix)

- eine Matrix, die speichert, welche Knoten des Graphen durch eine Kante verbunden sind ([Wikipedia](#))
- Sie besitzt für jeden Knoten eine Zeile und eine Spalte, woraus sich für n Knoten eine $n \times n$ Matrix ergibt

	<table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>		1	2	3	4	1	0	1	0	0	2	1	0	1	1	3	0	1	0	0	4	0	1	0	0
	1	2	3	4																						
1	0	1	0	0																						
2	1	0	1	1																						
3	0	1	0	0																						
4	0	1	0	0																						
<p>Ungerichteter Graph ohne Kantengewichte und ohne Mehrfachkanten</p>	<p>4x4-Adjazenzmatrix zum Graphen links, mit den 3 Kanten (1,2), (2, 3) und (2, 4) die durch 1 gekennzeichnet sind</p>																									

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Adjazenzmatrix>

ungerichteter Graph

- Es werden lediglich die Verbindungen zwischen den Knoten dargestellt (Verbindungsschema)

gerichteter Graph

- Es wird zusätzlich dargestellt, in welcher Richtung Verbindungen zwischen den Knoten bestehen

gewichteter Graph (bewerteter)

- Graph, dessen Kanten mit Gewichten bewertet sind (z.B. den Kantenlängen)

zusammenhängender Graph

- wenn für zwei beliebige Knoten (mindestens) ein Weg besteht

vollständiger Graph

- wenn alle Knotenpaare adjazent sind

Schleife

- eine gerichtete Kante in einem gerichteten Graph, die einen Knoten mit sich selbst verbindet

Baum

- schleifenloser, zusammenhängender Graph, in dem je zwei beliebige verschiedene Knoten durch genau einen Weg verbunden sind

10.2.1 Netzwerkanalyse

Grundprobleme

1. Bester-Weg-Problem
2. Bester-Standort-Problem
3. Problem des Handlungsreisenden (Traveling Salesman Problem)
 - Die Aufgabe besteht darin, eine Reihenfolge für den Besuch mehrerer Orte so zu wählen, dass keine Station außer der ersten mehr als einmal besucht wird, die gesamte Reisstrecke des Handlungsreisenden möglichst kurz und die erste Station gleich der letzten Station ist ([Wikipedia](#)).

10.3 GIS Funktionen für Netzwerke

GIS beinhalten Werkzeuge zur Erstellung korrekter **Netztopologien**.

- Unterstützung von **Kantengewichten**
- **Katenübergänge (Turns)**
 - An Knoten bestehen mehrere Möglichkeiten, von einer Kante zur anderen zu wechseln
 - Modellierung von Abbiegevorschriften und Stops
- **Einzugsgebiet (Service Area)**
- **Erreichbarkeitsanalyse (Isochronen)**
 - Berechnung eines Polygons, das das innerhalb einer vorgegeben Zeit zu erreichende Gebiet repräsentiert
- **Lokation-Allokation-Modellierung**
 - Location-allocation refers to algorithms used primarily in a geographic information system to determine an optimal location for one or more facilities that will service demand from a given set of points ([Wikipedia](#))
 - Wenn Einrichtungen, die Waren und Services bereitstellen, und verschiedene Bedarfspunkte, welche diese nutzen, gegeben sind, dann besteht das Ziel der Location-Allocation darin, diejenigen Einrichtungen zu suchen, die die Bedarfspunkte am effizientesten bedienen. Wie der Name bereits sagt, bezeichnet Location-Allocation eine Problemstellung mit zwei Aspekten, wobei gleichzeitig Einrichtungen gesucht und Bedarfspunkte den Einrichtungen zugeordnet werden ([ArcMap - Werkzeuge](#))
 - z.Bsp: Viele Einzelhandelsgeschäfte beziehen ihre Güter von Industriebetrieben. Gleichgültig, ob Autos, Küchengeräte oder Nahrungsmittel produziert werden, können für einen Industriebetrieb große Anteile seines Budgets auf Transportkosten entfallen. Location-Allocation kann die folgende Frage beantworten: Wo sollte sich der Industriebetrieb ansiedeln, um die Gesamttransportkosten zu minimieren ([ArcMap - Werkzeuge](#))?

10.3.1 Distanzen in Netzwerken

Geometrische Distanzen

- Euklidische Metrik (Satz von Pythagoras)
- Cityblockmetrik (N4-Nachbarschaftstyp)
- Schachbrettmatrix (N8-Nachbarschaftstyp)

Was ist die Distanz zwischen 2 Polygonen?

- Minimal (Rand zu Rand)
- Zentroid (Schwerpunkt zu Schwerpunkt)

Distanzen in Netzwerken (topolog. Graphen)

- Anzahl der Knoten eines Weges in einem Graph
- Summe der Gewichte für Wegkosten auf Kanten zwischen Start- u. Zielknoten

10.3.2 Routenplanung

Motivation

- ist der Wunsch, optimal im Sinne seiner persönlichen Bedürfnisse und der gewählten Fortbewegungsart von seinem Standort zu einem bestimmten Zielort zu gelangen.

Bedürfnisse

- ankommen
- schnell
- wenig Energie
- wenig Gefahrenstellen
- Zwischenziele

Fortbewegungsarten (Verkehrsmodalitäten)

- Fahrrad
- Auto
- zu Fuß
- Schiff
- Eisenbahn
- Flugzeug
- ...

Individualisierte Routenplanung

- Ermittlung der Kantenkosten mit einer anwenderspezifischen Formel

- $\text{Kantenkosten} = x * \text{Distanz} + y * \text{Steigung} + z * \text{Panorama} + \dots$
 - Für Fahrradbote: $x \gg y \gg z$
 - Für Tourist: $z \gg y \geq x$

Siehe auch: <https://maps.openrouteservice.org/>

11 Räumliche Analyse - Interpolation

11.1 Begriffe

Interpolation

- Eine Klasse von mathematischen Problemen und Verfahren
- Zu gegebenen diskreten Daten (z. B. Messwerten) soll eine stetige Funktion (die sogenannte Interpolante oder Interpolierende) gefunden werden, die diese Daten abbildet ([Wikipedia](#))

Räumliche Interpolation

- Vom Punkt (oder Linie) in die Fläche
- Eine flächenhafte Aussage aus eine Stichprobe generieren
- Die Oberflächeninterpolationswerkzeuge bilden aus Referenzpunktwerten eine kontinuierliche (oder vorhergesagte) Oberfläche ([ArcGIS - Tools](#))

Lineare räumliche Interpolation

- Linearkombination der Werte der Beobachtungen
- Summe der Gewichte ergibt 1

Toblers 1. Gesetz

- "Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things"

Nachbarschaften

- k-nächste Nachbarn
- distanzbasiert
- k-nächste Nachbarn, Je Quadrant
- weitere Konzepte
 - Topologische Nachbarschaft
 - Interaktionen (Austausch von Gütern, Informationen, ...)
 - Konzeptionelle oder soziale Distanz

Covarianz

- wie stark variiert das Merkmal in Abhängigkeit vom Wert des Merkmals in dieser Distanzklasse?
- Hohe Covarianz = Beobachtungen sind sich ähnlich
- Die Kovarianz ist in der Stochastik ein [...] Zusammenhangsmaß für einen [...] Zusammenhang zweier Zufallsvariablen mit gemeinsamer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Der Wert dieser Kenngröße macht tendenzielle Aussagen darüber, ob hohe Werte der einen Zufallsvariablen eher mit hohen oder eher mit niedrigen Werten der anderen Zufallsvariablen einhergehen. Die Kovarianz ist ein Maß für die Assoziation zwischen zwei Zufallsvariablen ([Wikipedia](#))

Semivariogramm (Variogramm)

- Stellt die räumliche Beziehung eines Punktes (Regionalisierung) zu Nachbarpunkten dar ([Wikipedia](#))

11.2 Klassifikation von Interpolationsverfahren

- Global
 - Modell berücksichtigt alle Punkte
- Lokal
 - nur Werte in der „Nachbarschaft“ werden berücksichtigt
- Exakt
 - Beobachte Werte werden exakt getroffen (falls Feature oder feines Raster)
- Nicht-Exakt
 - Vorhergesagte Werte stimmen nicht mit den beobachteten überein
- Deterministisch
 - keine Information über den Fehler
- Stochastisch
 - probabilistische Schätzgröße

11.3 Interpolationsverfahren

Interpolationsverfahren	Oberfläche	räumliche Erstreckung	Genauigkeit	Methode
TIN	abrupte Übergänge	lokal	exakt	deterministisch
Thiessen Polygon	abrupte Übergänge	lokal	exakt	deterministisch
IDW	geglättete Oberflächen	lokal	exakt	deterministisch
Spline	glatte Oberflächen	lokal	exakt	deterministisch
Kriging	geglättete Oberflächen	lokal	exakt	stochastisch

- Für Geländemodelle sind TIN am besten geeignet (Bruchkanten etc.)
- IDW simples aber auch relativ robustes Verfahren

- Spline dann geeignet, wenn glatte Oberflächen sinnvoll erscheinen (Gefahr, dass der Wertebereich verlassen wird)
- Kriging ist das komplexeste aber auch korrekteste Verfahren, zudem Information zur Unsicherheit

11.3.1 Dreiecksvermaschung (Triangulated Irregular Network (TIN))

Dreiecksvermaschungen (TIN – Triangulated Irregular Network) verbinden die gemessenen Geländepunkte mit einem Netz von Dreieckskanten. Die Geländeoberfläche wird durch ein Dreieckspolyeder approximiert. Gebräuchlich für topographische Anwendungen ist die modifizierte Methode nach Delaunay, die als Zwangsseiten Geländelinien berücksichtigen kann. Dies ist aus morphologischen Gründen notwendig. Dreiecksvermaschungen werden z. B. verwendet, wenn gemessene DGM eine inhomogene Punktverteilung aufweisen. Dies ist z. B. bei digitalisierten Höhenlinien oder Echolotprofilen der Fall. Durch die lineare Verbindung der gemessenen Punkte können in diesen Fällen Artefakte weitgehend vermieden werden ([Spektrum](#))

Dreieckskriterium

- Der Umkreis eines Dreiecks umschließt keinen weiteren Punkt
 - Aus einem einfachen Fall von vier Punkten sind zwei Triangulationen möglich: Welches soll gewählt werden?

Weitere Informationen

- <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/help/data/tin/tin-in-arcgis-pro.htm>
- <https://www.e-education.psu.edu/geog486/node/1875>

11.3.2 Thiessen Polygone (Voronoi Diagramm)

- Unterteilung eines Gebietes, für das nur punkthafte Informationen vorliegen, in Polygone nach dem Kriterium der kürzesten Distanz zum nächsten Punkt ([Spektrum](#))
- Jeder Punkt erhält den Wert seines nächsten Nachbarn zugeordnet
- Harte Übergänge

Animation (Voronoi Diagram and Delaunay Triangulation) from [miyu](#)

- <https://github.com/miyu/voronoi/blob/master/images/result.gif?raw=true>

Weitere Informationen

- <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm>
- http://www.gitta.info/Accessibilit/de/html/UncProxAnaly_learningObject4.html

11.3.3 Inverse Distance Weighted (IDW)

Definition

- Alle Beobachtungen in der Nachbarschaft gehen in die Berechnung ein
- Gewichtung ist abhängig von der inversen Entfernung (Summe der Gewichte = 1)
- keine Berücksichtigung von Kovariaten
 - müssen separat berücksichtigt werden
 - gilt für die meisten Interpolationsverfahren

Parameter

- Potenz (Power) ([ArcGIS - References](#))
 - IDW beruht hauptsächlich auf der Inversen einer potenzierten Entfernung
 - Mithilfe des Parameters Potenz können Sie die Bedeutung bekannter Punkte für interpolierte Werte auf der Basis von deren Entfernung zum Ausgabepunkt steuern
 - Es ist eine positive, reelle Zahl mit dem Standardwert 2
 - Durch Festlegen eines höheren Potenzwerts kann die Bedeutung der am nächsten gelegenen Punkte verstärkt werden (Je höher die Potenz, desto mehr nähern sich die interpolierten Werte an den Wert des am nächsten gelegenen Referenzpunktes an -> Übergang zu Thiessen Polygone)
- Nachbarn (Neighbors)
 - Anzahl von Nachbarn
 - Mehr Nachbarn berücksichtigt -> glattere Oberfläche

Weiter Informationen

- <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-idw-works.htm>
- <https://www.e-education.psu.edu/geog486/node/1877>

11.4 Spline

Definition

- eine Interpolationsmethode, bei der Werte mithilfe einer mathematischen Funktion geschätzt werden, die die gesamte Oberflächenkrümmung minimiert, wobei eine glatte Oberfläche entsteht, die genau durch die Eingabepunkte verläuft ([ArcGIS - Werkzeuge](#)).
- am besten für leicht variierende Oberflächen geeignet, z. B. Höhenangaben, Wasserspiegelhöhen oder Verschmutzungskonzentrationen.

Voraussetzungen

- Die Oberfläche muss genau durch die Datenpunkte verlaufen.

- Die Oberfläche muss eine minimale Krümmung aufweisen.

Typen

- Geregelt (Regularized Spline)
 - sich allmählich verändernde Oberfläche mit Werten erstellt, die außerhalb des Referenzdatenbereichs liegen können ([ArcGIS - Werkzeuge](#))
- Gespannt (Tension Spline)
 - weniger glatte Oberfläche mit Werten, die durch den Referenzdatenbereich stärker eingeschränkt sind ([ArcGIS - Werkzeuge](#))

Parameter

- Gewichtung
 - Geregelt: Je höher die Gewichtung, desto glatter die Ausgabe-Oberfläche
 - Gespannt: Je höher die Gewichtung, desto gröber die Ausgabe-Oberfläche
- Anzahl der Punkte
 - Je mehr Eingabepunkte Sie festlegen, desto mehr wird jede Zelle von entfernten Punkten beeinflusst und desto glatter ist die Ausgabe-Oberfläche ([ArcGIS - Werkzeuge](#))

Weitere Informationen

- <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-spline-works.htm>

11.4.1 Kriging**Definition**

- fortschrittliches geostatistisches Verfahren, bei dem anhand einer Gruppe verteilter Punkte mit Z-Werten eine geschätzte Oberfläche erzeugt wird ([ArcGIS - Werkzeuge](#))
- Distanzabhängige Interpolation
- Berücksichtigung der räumlichen Varianz
 - Bestimmung der Gewichte anhand der Semivarianz oder Covarianz
 - Ermittlung durch das Semivariogramm

Beim Kriging werden wie bei der IDW-Methode die umliegend gemessenen Werte gewichtet, um eine Vorhersage für eine nicht gemessene Position abzuleiten. [...] In IDW hängt die Gewichtung λ_i ausschließlich von der Entfernung zur vorhergesagten Position ab. Die Gewichtungen bei der Kriging-Methode basieren jedoch nicht nur auf der Entfernung zwischen den gemessenen Punkten und der vorhergesagten Position, sondern auch auf der gesamten räumlichen Verteilung der gemessenen Punkte. Um mit der räumlichen Anordnung in den Gewichtungen arbeiten zu können, muss die räumliche Autokorrelation quantifiziert werden. Beim normalen Kriging hängt die Gewichtung λ_i von

einem an die gemessenen Punkte angepassten Modell, der Entfernung zur vorhergesagten Position und den räumlichen Beziehungen unter den um die vorhergesagte Position herum gemessenen Werten ab ([Arc-GIS - Werkzeuge](#)).

Vorgehensweise ([Arc-GIS - Werkzeuge](#))

- Erstellen der Variogramme und Kovarianzfunktionen zur Schätzung der statistischen Abhängigkeitswerte (d. h. der räumlichen Autokorrelation), die vom Autokorrelationsmodell abhängig sind (Modellanpassung).
- Vorhersagen der unbekannten Werte (Treffer einer Vorhersage)

Semivariogramm (Variogramm)

- Stellt die räumliche Beziehung eines Punktes (Regionalisierung) zu Nachbarpunkten dar ([Wikipedia](#))

Weitere Informationen

- <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>

12 Räumliche Analyse 2

12.1 Kerndichteberechnung

- Im Gegensatz zur Interpolation sollen die Werte in die Umgebung verteilt werden
 - Beispiel Punktdaten, die die Bevölkerung eines Ortes enthalten
- Nicht anzuwenden, falls Geometrie bekannt ist oder räumliches Modell vorhanden ist

12.2 Autokorrelation

Räumliche Autokorrelation

- Sie haben eine Stichprobe und wollen die hinsichtlich räumlicher Eigenschaften analysieren
- Gibt an, wie ähnlich sich Nachbarn sind
- Autokorrelation ist die normierte Auto-Covarianz
 - D.h. die Zahlen sind über Datensätze hinweg vergleichbar

Maße

- Moran's I
 - Maß für globale (d.h. alle Beobachtungen) räumlichen Autokorrelation
- Local Moran's I
 - Berechnet Moran's I für die Nachbarschaft eines Punktes
 - Berücksichtigt Instationarität
- Korrelogramm

12.3 Punktmusteranalyse

Definition

- eine Grundgesamtheit aus Punktmessungen, werden hinsichtlich ihrer räumlichen Eigenschaften charakterisiert
- Grundgedanke der Analyse ist es das Verteilungsmuster der Punktdaten mit denen einer nach der Nullhypothese zu erwartenden Verteilung zu vergleichen

Punktmuster

- Verteilung der Punkte im Raum

Marks

- Attribute der Punktereignisse

Verteilung

- geclusterte Punkte (anziehender Prozess)
- Punkte in regelmäßigem Muster (abstoßender Prozess)

13 Grundlagen 3D

Dimensionen

- 2D
 - XY
- 2.5D
 - XY(Z)
 - $z = f(x,y)$
 - 1:1 Beziehung
- 3D
 - XYZ

Datenerfassung

- digitalisierte Höhenlinien
- terrestrische Höhenmessungen
- Höhenauswertung von Luftbildern
- (Airborne-)Laserscanning-Verfahren
- Radar-Verfahren

13.1 Datenmodelle

- DHM = Digitales Höhenmodell
 - Bei einem DHM muss immer angegeben werden, um welche Oberfläche es sich handelt,
 - z.B. DHM der Vegetationsoberfläche, DHM der Erdoberfläche, DHM der Grundwasserfläche
- DOM = Digitales Oberflächenmodell
 - repräsentiert die Erdoberfläche (Grenzschicht Pedosphäre-Atmosphäre) samt aller darauf befindlicher Objekte (Bebauung, Straßen, Vegetation, Gewässer usw).
- DLM = Digitales Landschaftsmodell
 - beschreiben die Erscheinungsformen und Sachverhalte der Erdoberfläche durch geotopographische Objekte in unterschiedlichen Detaillierungsgraden.
- DGM = Digitale Geländemodelle
 - beschreibt die Geländeformen der Erdoberfläche durch eine in Lage und Höhe georeferenzierte Punktmenge
- DKM = Digitales Kartographisches (Landschafts)Modell
 - Teil von ATKIS. Diente dem Ziel verschiedener Maßstäbe automatisch aus dem digitalen Landschaftsmodell abzuleiten.

13.2 Repräsentationsformen

- Raster (GRID)
 - regelmäßiges Modell einer Oberfläche
- Triangulated Irregular Network (TIN)
 - unregelmäßige Dreiecksvermaschung
 - genauere Darstellung der Oberfläche (im vgl. zu Raster)
 - größerer Aufwand bei der Datenerfassung erforderlich (im vgl. zu Raster)
 - Siehe Kapitel: [Räumliche Analyse - Interpolation](#)

14 Geodateninfrastruktur (GDI)

14.1 Begriffe

Komponenten

- Nationale Geodatenbasis (NGDB)
 - Geobasisdaten (GBD)
 - * grundlegende amtliche Geodaten, welche die Landschaft (Topographie), die Flurstücke und die Gebäude anwendungsneutral beschreiben
 - Geofachdaten (GFD)
 - * raumbezogene Daten aus einem Fachgebiet
 - Metadaten (MD)
 - * Informationen über andere Daten
- GI-Netzwerke
- GI-Dienste
 - Funktionen, die aus Geodaten kontextabhängige Geoinformationen produzieren
- Standards

Merkmale

1. Dezentralisierung von Geodaten und GI-Diensten
2. Technische-organisatorische Infrastruktur
3. Internationale Standards für Schnittstellen (Interoperabilität)
4. Konsensgetriebene Organisationsstruktur

14.2 INSPIRE

INfrastructure for **S**Patial **I**nfo**R**mation in **E**urope

EU-Richtlinie zum Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur

Ziele

- Interoperabilität durch Spezifikationen
 - einheitliche Geodaten und Metadaten in Europa
 - Verfügbarkeit für verschiedene Nutzergruppen
 - Nutzung internationaler Standards

14.3 Standards

- Open Geospatial Consortium (OGC)

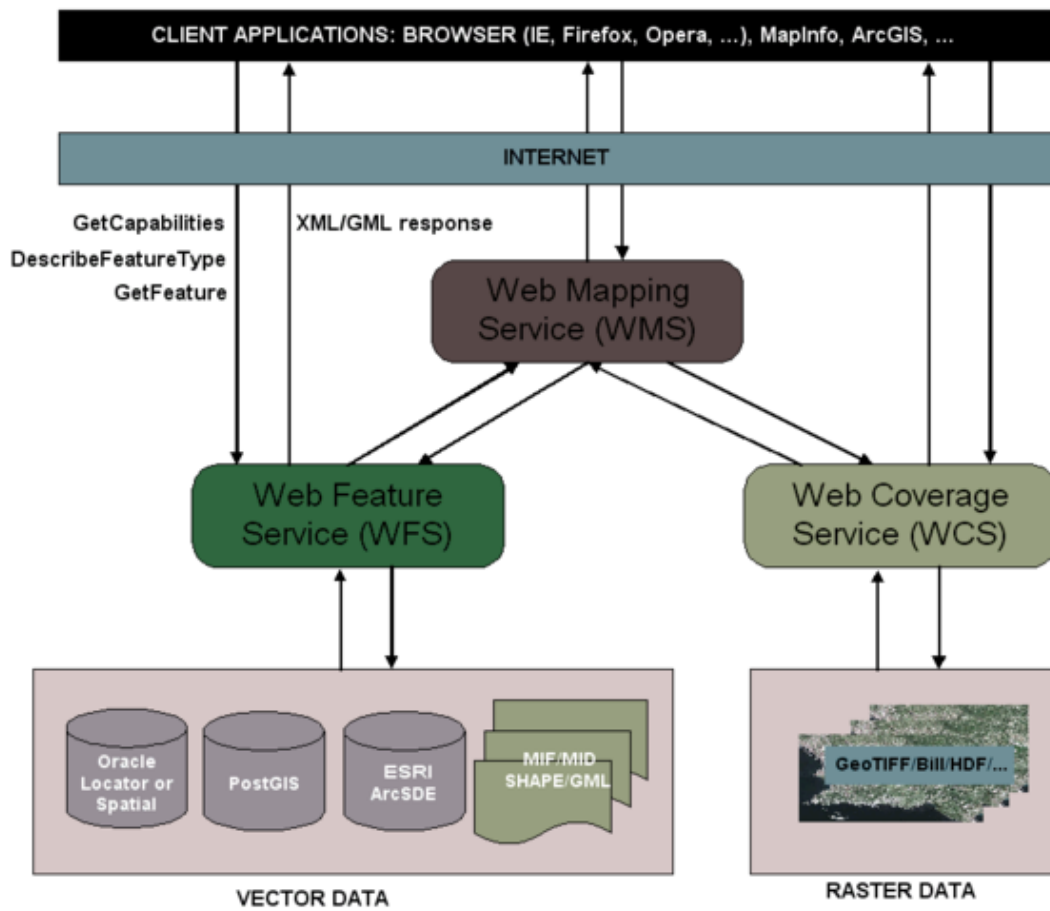
- internationales Konsortium aus Behörden, Industrie und Universitäten
- International Organization for Standardization (ISO)
 - offizielle Standardisierungsorganisation
 - in Deutschland durch DIN vertreten
 - GIS-Bereich: Arbeitsgruppe (TC) 211
- CEN/ DIN
 - im GIS-Bereich sind Normen durch ISO-Normen abgelöst

14.3.1 Open Geospatial Consortium (OGC)

Das **OGC** ist ein internationales Konsortium aus Behörden, Industrie und Universitäten. Das OGC hat bereits zahlreiche Standards veröffentlicht (Z.Bsp. OpenGIS Web Services (OWS)).

OpenGIS Web Services (OWS)

- Web Feature Service (WFS)
 - Schnittstelle zum Abrufen von Geodaten über das Internet
 - beschränkt sich Geoobjekte im Vektordatenformat
- Web Map Service (WMS)
 - Schnittstelle zum Abrufen von Auszügen aus Landkarten über das Internet
 - visualisiert (Zuschneidung und inhaltliche Aufbereitung) Karten aus Rasterdaten oder Vektordaten
 - gibt meist Raster-Grafikformate zurück



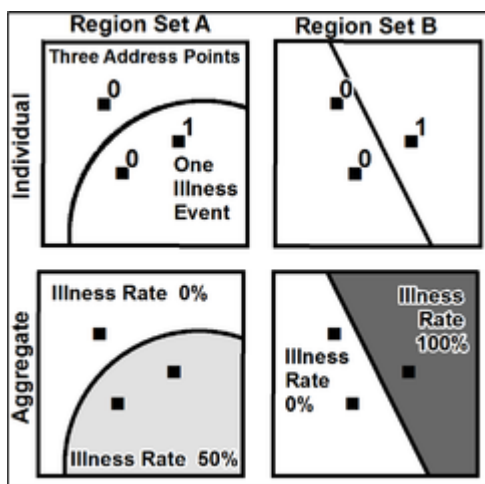
15 Dasymetric Mapping

Choroplethenkarte

- Eine Choroplethenkarte (auch Flächenkartogramm oder Flächenwertstufenkarte) ist eine thematische Karte, bei der die Gebiete im Verhältnis zur Verteilungsdichte des thematischen Objektes eingefärbt, schattiert, gepunktet oder schraffiert sind. Die Flächen einheitlich zugeordneter gleicher Werte werden scharf voneinander abgegrenzt ([Wikipedia](#))

Modifiable Areal Unit Problem (MAUP)

- beschreibt eine potentielle Fehlerquelle bei räumlichen Analysen, wenn diese aggregierte Daten (Unwin, 1996) nutzen ([Wikipedia](#))



Dasymetric Mapping

- Die Choroplethen-Darstellung kann bei falscher Wahl der Bezugsflächen wegen der meist starren Aufteilung in feste Untereinheiten Fehler erzeugen. Dies betrifft etwa scharfe, nicht mit den vorgegebenen Grenzen zusammenfallende Schwankungen der Verteilungsdichte. Diesen Nachteil kann die dasymmetrische Kartierung ausgleichen, indem sie ihre Untereinheiten an die vorliegenden Daten anpasst und Gebiete mit ähnlichen Eigenschaften zusammenfasst ([Wikipedia](#)).

Weitere Informationen

- <https://www.youtube.com/watch?v=FCTKT0KaQdc>

16 OpenStreetMap

”[...] OpenStreetMap, the project that creates and distributes free geographic data for the world. We started it because most maps you think of as free actually have legal or technical restrictions on their use, holding back people from using them in creative, productive, or unexpected ways.”
([OpenStreetMap Wiki](#))

16.1 Datenstruktur

Grundelemente

- Punkt oder Knoten (Node)
- Linie oder Weg (Way)
- Attribut (Tag)

Elemente

- Nodes
 - Punkt oder Knoten
 - Geometrischer Punkt (durch Koordinaten definiert)
- Ways
 - Aufeinander folgende Geradenabschnitte (segment)
 - Gesamte Linie (way) wird mit einem Attribut (tag) versehen
 - Haben eine Richtung
 - Können geschlossen sein
- Area
 - Eigene geschlossene Linie mit besonderen Attributen
 - (area = yes (explizit))
 - (building = yes (implizit))
- Relations
 - Beschreibt Beziehungen zwischen Objekten oder ihren Teilen
 - Hat Attribut type = *
 - Attribute (Eigenschaften) eines Objekts
 - Bestehen aus key und value
 - Ein Objekt kann verschiedene tags haben
 - Beispiel: eine Straße
 - * highway = residential
 - * name = „Hauptstraße“
 - * maxspeed = 50

16.2 Datenmodell

Problem	Vorteil
Freies Tagging Schema	Format auch für Laien leicht zu verstehen
Kein Standard	Wichtiges Argument in einem System, dass allen Menschen offen
Datenmodell zu einfach (Probleme zu erwarten)	

16.3 weiterführende Materialien

OpenStreetMap Wiki

- <http://wiki.openstreetmap.org/>

European Handbook of Crowdsourced Geographic Information

- <https://www.ubiquitypress.com/site/books/10.5334/bax/>

17 Klausur - Themen

17.1 Analyse Vektor

- Puffer
- Thiessen/Voronoi
- Delauny
- Entfernungsmatrix/ Entf.berechnung
- Räumliche Aggregation
- Geoprozessierung vs. Analyse
- Rubber-Sheeting

17.2 Analyse Raster

- Grundlagen Raster/Fernerkundungsdaten: Typen, Aufbau, Werte,
- Map Algebra, Grundlagen, Längen, Linien/Flächen, Typen der Operatoren
- Nachbarschaften (Bsp. Analyseablauf (Prinzip))

17.3 Räumliche Analysen

- Grundlagen wie in Vorlesung (Grundidee erklären)
 - z.B. Toblers 1. Gesetz / 1.st Law of Geography, Interpolationsverfahren und Tuningparameter (keine Formeln)
- Unterschied Interpolation Kerndichteberechnung
- Autokorrelation ; Maße für räuml. Autokorrelation, lokale und globale Autokorrelation
- Wie lassen sich Punktmuster beschreiben (Grundidee)
- Beispiele aus Geographie
- Keine Formeln

17.4 Netzwerke, Graphen, Routing

- Typen von Netzwerkanalysen (bester Weg, beste Standorte (unter Nutzung von Einzugsgebieten), Idee TSP),
- GIS-Funktionen f. Netzwerke
- Distanzfunktionen
- Adjazenzmatrix,
- Kantengewichte

- Idee der individualisierten Routenplanung

NICHT: Qualität von OSM, OSM Anwendungen, Bsp. (OSM) Routing Anwendungen, Exkurse

17.5 Topolog. Datenstrukturen (Topol./Spagh.)

- Topologische Beziehungen nach Egenhofer (Prinzip der Formalisierung, nicht Tabelle auswendig)
- Prinzip Spaghetti vs. Topolog. Vektordatenstrukturen, Vor-Nachteile, Fehler
- Einfachste Variante Spaghetti-Modell, einfache Verbesserungsmöglk.
- Idee d. Topolog. Datenstrukturen (welche Informationen müssen wie gespeichert werden)
 - Knoten, Kanten aus Knoten mit Topologie zu Flächen rechts/links, i.d.R. extra Flächentabelle mit Liste der Kanten, Koordinaten nur bei Punkten/Knoten Rest Exkurs

17.6 Geodatenbanken

- Grundlegende Definitionen
- Motivation DB
- Funktionalität DB
- GeoDB
- Eigenschaften DB
- Transaktion, ACID
- Relationale DB, Prinzipien (nicht Historie oder Software Marken)
- Suchindex in GeoDB (warum?), Prinzip Quadtree/R-Tree
- Objektrelationale DB (Prinzip)
- Wesentliche Geometrietypen nach Simple Feature Specification (OGC SFS)
- GIS-Analyseoperationen in OGC SFS möglich (welche Type? Keine Syntax)

Nicht: SQL

17.7 Datenmodellierung

- Datenmodellierung, Grundlagen, Phasen
- Grundlagen ER
- Modell, Elemente, Vor-Nachteile, Kardinalitäten,
- Grundlagen bis Aggregation/Generalisierung (Achtung: hier nicht "kartographische Generalisierung", sondern bei Datenmodellierung)

Nicht: Normalformen, nicht UML

17.8 3D-GIS

- DGM, DHM, DOM...
- TIN
- Delauny, Voronoi/Thiessen-Analyse
- und Nutzungsmöglk. von DGM-Stadtmodelle Nutzungsmöglichkeiten,
- Verfahren zur Erfassung von (3D) Geodaten
- Räuml. Repräsentationen (3D)
- Typ. Repräsentationen für DGM

NICHT: Spezifika 3D Analyst/ArcScene

ABER: Slope, Aspekt, Contours, Hillshading, Sichtlinien/ Sichtfelder/ Steilster Pfad/ Profile etc. sind allgemeine DGM-Operationen!

17.9 GeoWeb / GDI:

- GDI Formel erläutern können: $GDI := \text{Geodatenbasis (NGDB=GBD+GFD+MD)} + \text{GI} \boxtimes \text{Netzwerk} + \text{GI-Dienste} + \text{Standards}$
- Geobasisdaten vs. Fachdaten
- Was ist Inspire
- Wichtigste OGC Web Services: WMS, WMTS, WFS (je min1 Satz Def.)
- Was macht WMS (NICHT AnfrageDetails, Keine Syntax)

17.10 Dasymetric Mapping

- MAUP
- Areal Interpolation (Prinzip, keine Formel)
- Prinzip Dasymetric Mapping

NICHT: GIS Health and Disaster Management

18 Klausur - Fragen

18.1 WS 12/13

1. Metadaten werden in syntaktische, semantische und pragmatische Metadaten unterteilt. Nennen sie je zwei explizite geographische Beispiele pro Kategorie.
2. Erklären Sie die Begriffe Generalisierung und Aggregation anhand eines Beispiels.
3. Was sind die Qualitätseigenschaften von Geodaten (Van Oort)?
4. Erläutern Sie den Unterschied zwischen DGM, DHM, DOM, DLM, und DKM. Schreiben Sie die Abkürzungen aus.
5. _
 - Nennen Sie 4 Vorteile und 4 Nachteile des Vektor- bzw. des Rasterdatenmodells.
 - Welche Vor- und Nachteile ergeben sich durch Laserscanning erfasste Daten im Raster- bzw. Vektordatenmodell.
6. Nennen Sie die Vor- und Nachteile des Laserscannings.
7. Sie sind Projektleiter einer Firma, die mit der Standortsuche für ein Krankenhaus beauftragt wird. Skizzieren Sie (in Stichworten) kurz die wichtigsten Prozessierungsschritte in ihrem GIS Projekt. (Vereinfachte Darstellung)
8. Einige Parameter können in die individualisierte Routenplanung miteinfließen
 - Wie kann dies am einfachsten geschehen?
 - Nennen Sie 6 derartige Attribute oder Maße.

18.2 WS 12/13 (zweiter Klausurtermin)

1. Nenne mind. Sechs Qualitätsmerkmale von Metadaten
2. Vergleiche das Spaghetti- und Topologische Datenmodell miteinander
3. Kardinalität von Beziehungen mit jeweils einem bsp aus der Geographie
4. Erkläre Transaktion an eine Beispiel
5. ATKIS und ALKIS im Vergleich (Signaturenkatalog)
6. Nenne 3d Analysefunktionen
7. Standortanalyse für eine Mülldeponie

18.3 SS 16

1. Geben Sie eine kurze Beschreibung zu den Begriffen thematische, geometrische und topologische Abfragen und formulieren Sie jeweils ein Beispiel.
2. Nennen Sie die Operatoren der geometrischen Verschneidung.

3. Welche zwei Interpretationsmöglichkeiten gibt es für den englischen Begriff „Overlay“ in GIS/-Kartographie.
4. Was ist der Unterschied zwischen Geocoding und Reverse Geocoding?
5. Wie lauten die Operationen bei Tomlins Map Algebra?
6. Was ist der Unterschied von objektrelationalen Datenbanken im Vergleich zu relationalen Datenbanken? Was bedeutet das für Geodaten?
7. Was bedeuten die Begriffe Aggregation und Generalisierung (oder was ist der Unterschied zwischen Aggregation und Generalisierung?) und nennen Sie je ein Beispiel.
8. Erklären Sie das Prinzip (?) der „individuellen Routenplanung“.
9. Wie hängen Delaunay-Triangulation und Voronoi-Diagramme miteinander zusammen?
10. Nennen Sie die Qualitätsparameter von Geodaten nach der ISO-Norm 19113. Geben Sie jeweils ein Beispiel dazu an.
11. Was drückt Tobler's First Law of Geography aus? (Aufgabe aus Gastsitzung)
12. Nennen Sie die Teilgebiete der Räumlichen Analyse. (Aufgabe aus Gastsitzung)
13. Nennen Sie Vor- und Nachteile des Spaghetti-Modells für Vektordaten.