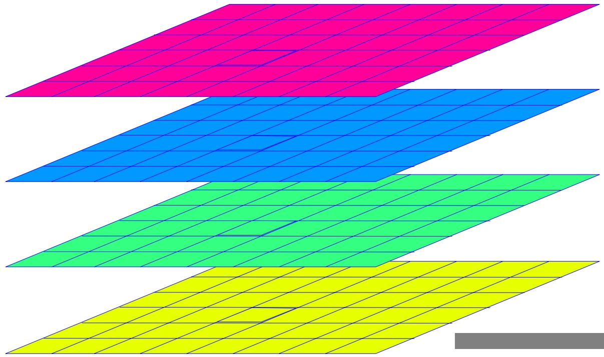
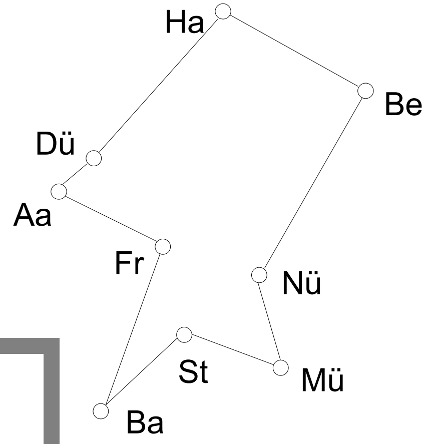
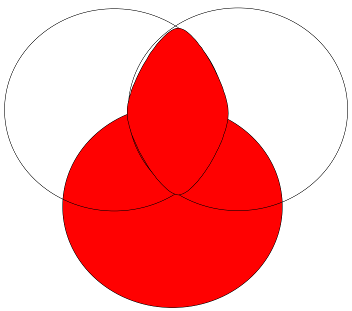
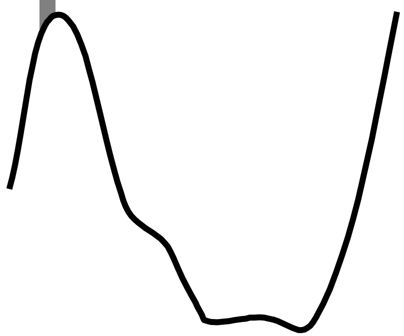
Datenanalyse in Geo-Informationssystemen





- Grundlagen
- Geometrische Methoden
- Topologische Methoden
- Mengenmethoden
- Statistische Methoden
- Modelle





Datenanalysemethoden

- Geometrische Methoden
  - Computed Geometry
  - Polygon Overlay
  - Zonengenerierung
  - Triangulation/Nachbarschaftsgraphen
- Topologische Methoden
  - Netzwerkanalyse
  - Nachbarschaftsanalyse
  - Standortplanung
- Statistische Methoden
  - Beschreibende Statistik
  - Analytische Statistik
  - Geostatistik
- Mengenmethoden
  - Boolesche, relationale und Fuzzy-Algebra
  - Sortieren und Suchen
  - Aggregation
- Modelle und Simulationen
  - Kartograph./Geograph. Modelle
  - Systemanalytische Ansätze
  - Ausbreitungs- und Simulationsmodelle

Zur Begriffsbildung 'Analyse'

Analyse

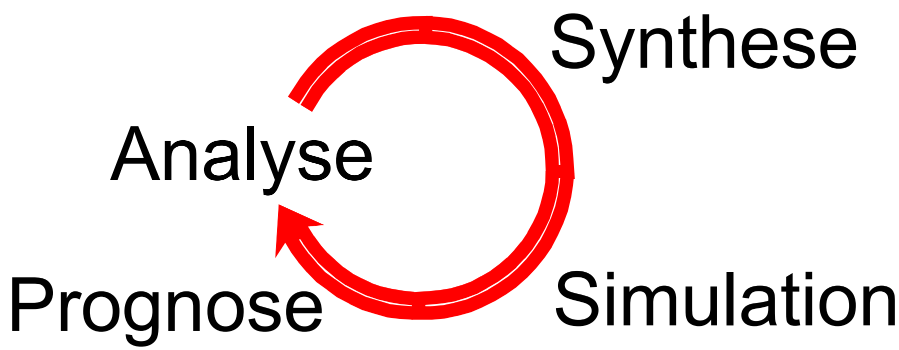
- Analyse = Wissenschaftliche Untersuchung von Problemen oder Zusammenhängen
- Analyse = Zerlegung, Auflösung eines Zusammengesetzten in seine Bestandteile (Gegensatz: Synthese)
- Analyse = Systematische Untersuchung eines Gegenstandes
- Analyse = Wissenschaftlich zergliedern, zerlegen, untersuchen, auflösen

=> Artmäßige Analyse (qualitativ) = der Beschaffenheit etc. nach

=> Mengenmäßige Analyse (quantitativ) = der Menge, Größe etc. nach

Regelkreis Analyse-Synthese-Simulation-Prognose

- Analyse = Zerlegung, Auflösung eines Zusammengesetzten in seine Bestandteile (Gegensatz: Synthese)
- Synthese = Zusammenfügen einzelner Teile zu einem höheren Ganzen
- Simulation = realitätsnahe Nachahmung technischer Vorgänge
- Prognose = Vorausbeurteilung einer Entwicklung



Grundproblem der Datenanalyse

- Gegeben: Spezielle Benutzerproblemstellung sowie Datenbestand mit Phänomenen A, B, C, ...
- Gesucht: Verknüpfung f(A, B, C, ..) zwischen Datenbestand etablieren, um eine Antwort (i.d.R. eine Präsentationsform wie Karte, Bericht etc.) auf die spezielle Benutzerproblemstellung zu erhalten.
- Verknüpfung: U = f (A, B, C ...)
- Funktionen f wie z.B.
  - Selektion
  - Boolesche Logik
  - Reklassifizierung
  - Flächenverschneidung mit Funktionen zwischen Daten

Mathematische Grundlagen der GIS-Analyse

Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

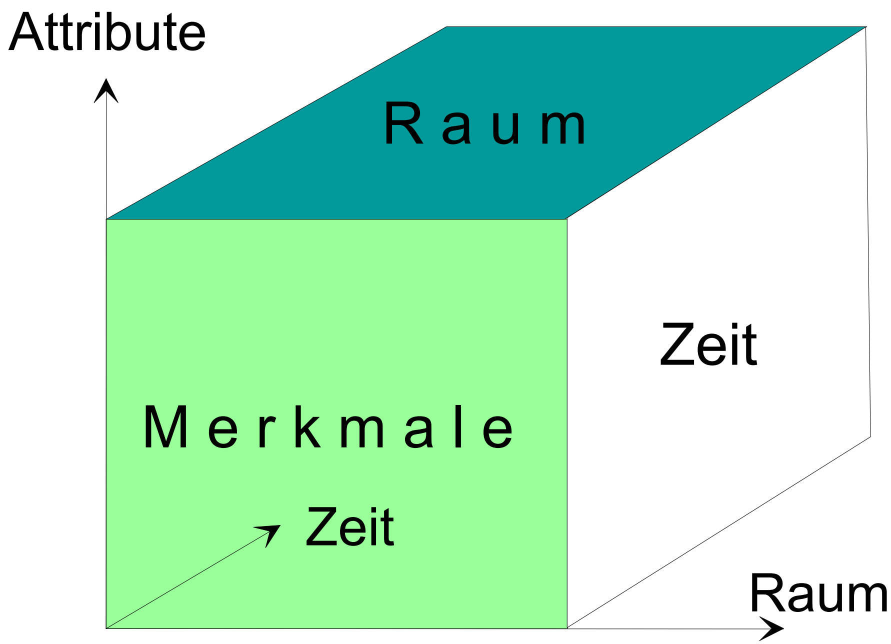
Modelle

- Koordinatengeometrie
- Numerische Methoden
- Topologie und Graphentheorie
- Mengenlehre
- Relationale Algebra in Datenbanken
- Statistik

Analyse als Differenzierungsmerkmal z.B. zu CAD, DB, Graphiksystemen

- Flächenverschneidung
- Statistische Analysen
- Aggregation
- Selektive Anfragen
- Topologische Analysen

Dimensionen im GIS - Der geographische Datenquader



Objekt O = f (Raum, Zeit, Merkmale)

$$O = f(x,y,z,t,A)$$

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Klassifizierung der Datenanalysemethoden

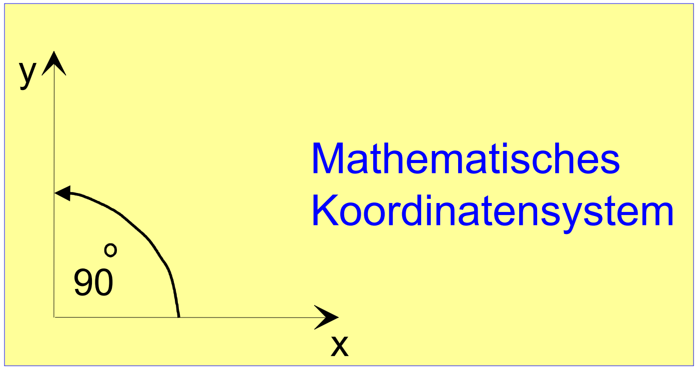
Methoden \ Quaderdimension	Raum	Merkmal	Zeit
Computed Geometry	+	-	-
Geometrische Transformationen	+	-	-
Schnitte	+	-	-
Punkt-im-Polygon	+	-	-
Dreiecksvermaschung	+	o	-
Zonengenerierung	+	-	o
Flächenverschneidung	+	+	-
Aggregation	+	+	o
Netzwerkanalyse	+	+	o
Statistik	o	+	o
Geo-Statistik	+	+	+
Interpolation	+	+	+
Klassifikation	o	+	o
Mengenmethoden	o	+	o
Boolesche/Relationale Algebra	o	+	o
Digitales Geländemodell	+	+	-

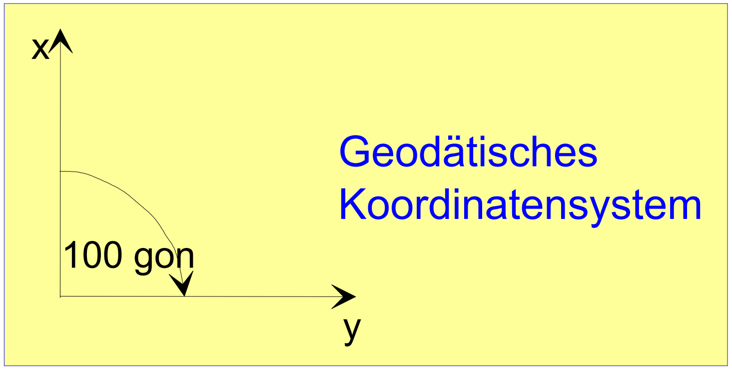
Geometrische Methoden

- Metrik, Koordinatensysteme
- Computed Geometry
- Räumliche Suche und Clipping-Algorithmen
- Schnitte in 2 und 3 Dimensionen
- Punkt-im-Polygon-Problem
- Flächenverschneidung
- Dreiecksvermaschung und Thiessen-Polygon
- Andere

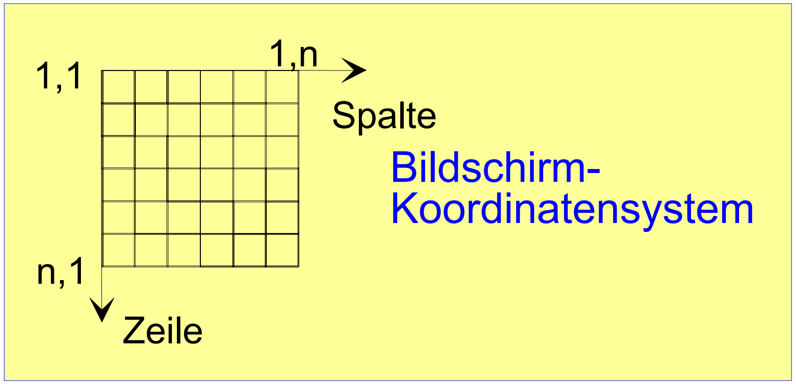
Koordinatensysteme

- Vektordaten -





- Rasterdaten -



Metrik

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Definition :

Eine Metrik auf einer Menge X ist eine Abbildung d : X*X auf R0 mit den folgenden Eigenschaften für beliebige P, Q, T aus X:

d(P,Q) = 0 falls P=Q ist	Idempotenz
d(P,Q) = d(Q,P)	Symmetrie
d(P,Q) <= d(P,T) + d(T,Q)	Dreiecksungleichung

Ein Paar (X,d) heißt metrischer Raum.

Gängige Distanzfunktionen :

- Vektordaten

Euklidische Distanz: dE = sqrt((xi-xj)*(xi-xj)+(yi-yj)*(yi-yj))

- Rasterdaten

d1=|i-k| d2=|j-l| mit P(i,j) und Q(k,l)

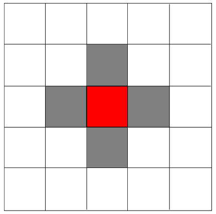
City-Block-Distanz: d4 = d1+d2

Schachbrettdistanz: d8 = max(d1,d2)

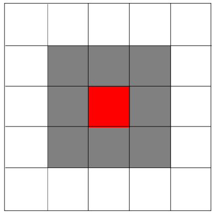
Euklidische Distanz: dE = sqrt (d1*d1+d2*d2)

Nachbarschaftstypen N.4 und N.8

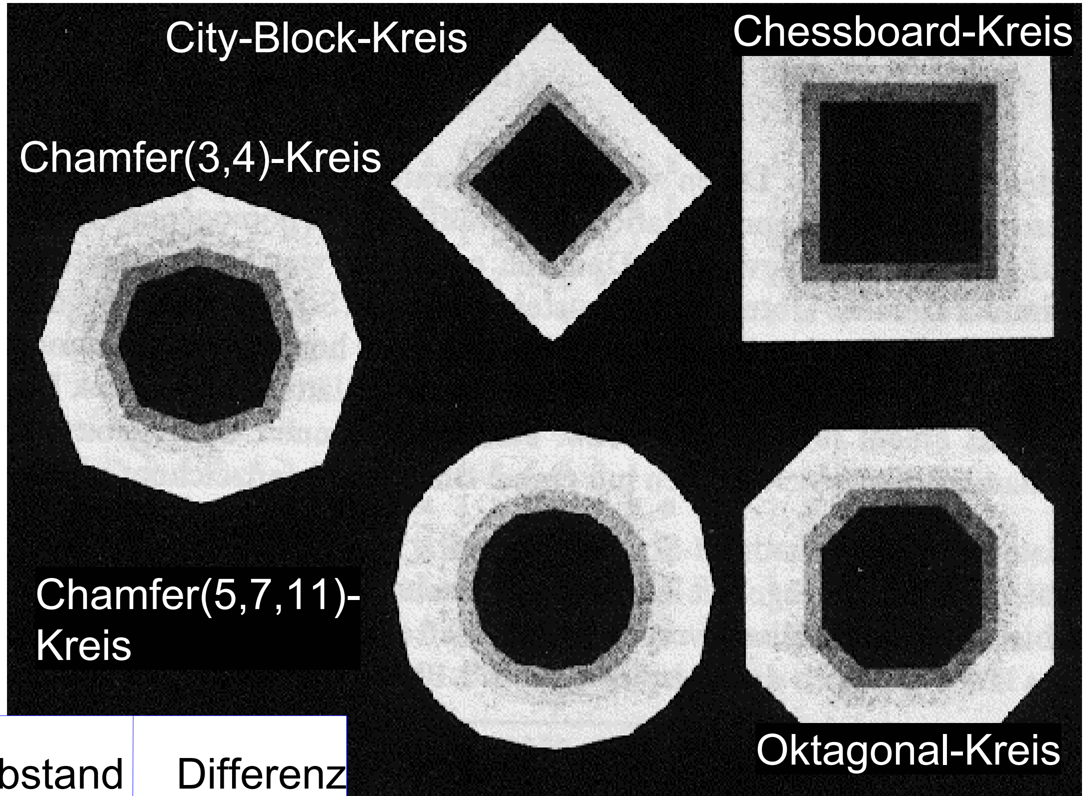
N.4



N.8



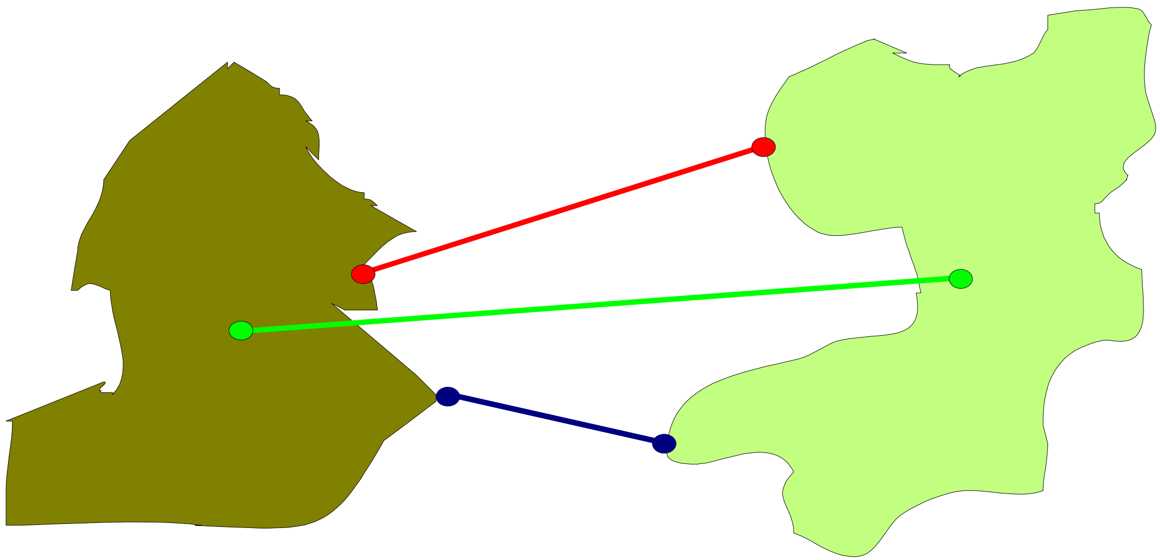
Vergleich verschiedener Metriken



Metrik	Abstand	Differenz
Euklid	23.324	0.000
City-Block	32.000	8.676
Schachbrett	20.000	-3.324
Oktagonal	21.000	-2.324
Chamfer(3,4)	24.000	0.676
Chamfer(5,7,11)	23.200	-0.124

Beispiel : P (5,5) und Q (25,17)
aus L. Tang, 1990

Definitionsproblem



beliebiger Abstand

Zentroidabstand

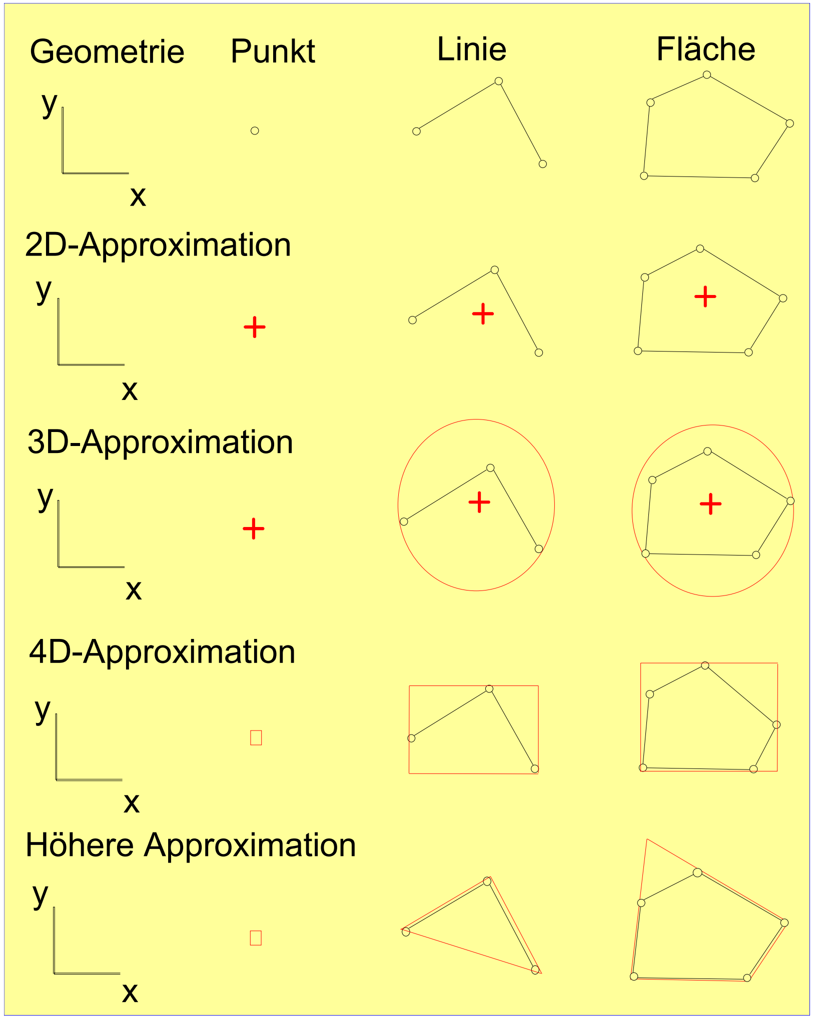
Minimaler Abstand

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Approximation räumlicher Objekte

- als Vereinfachung der Geometrie:
  - für das Suchen und Indizieren im Speicher des Rechners
  - als Näherung für geometrische Algorithmen



Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

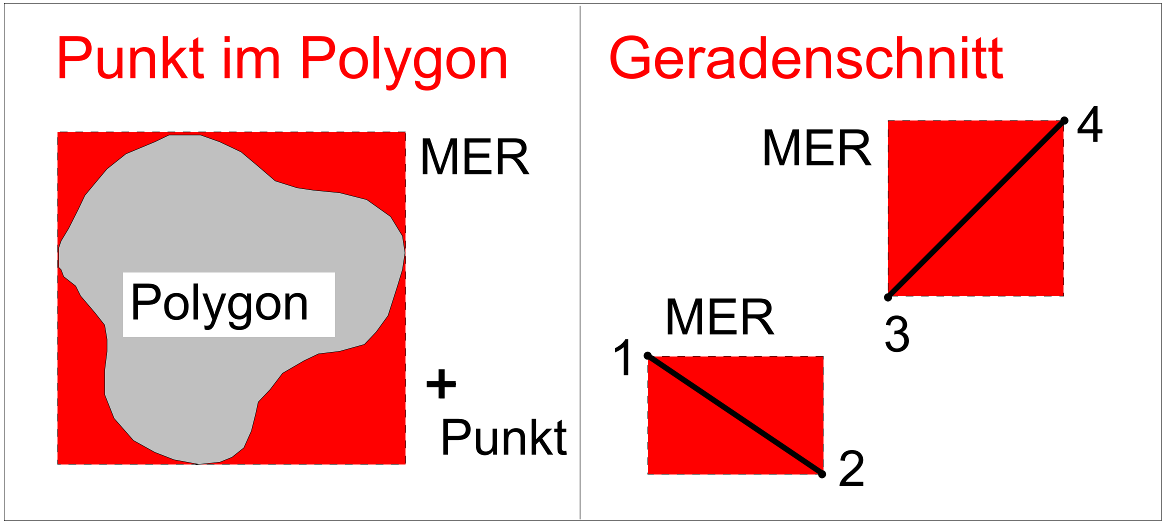
Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

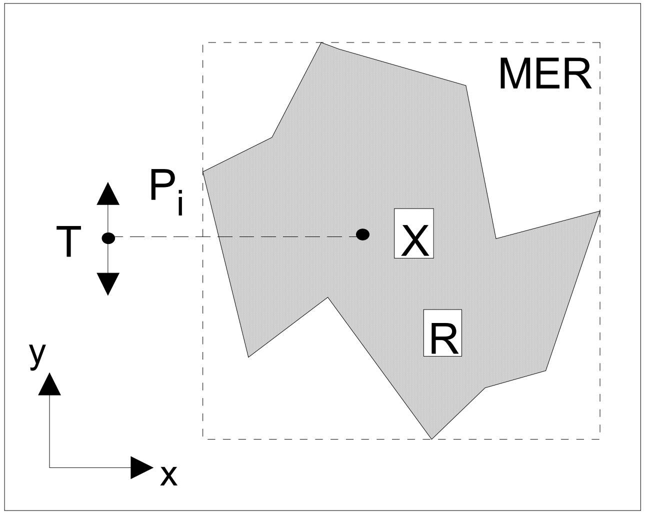
Grobtests mittels MER

- MER: minimal einschließendes achsparalleles Rechteck



Punkt-im-Polygon (Vektor)

- Theorem von Jordan:
  - Jedes Polygon R teilt die Ebene in zwei disjunkte Regionen (Inneres und Äußeres). Ist die Anzahl echter Schnitte eines beliebigen Teststrahls durch X mit den Kanten des Polygons ungerade, so liegt X innerhalb von R, ansonsten außerhalb.



- Wähle Teststrahl durch X parallel zur Koordinatenachse.
- Wähle Punkt T auf Teststrahl durch X garantiert außerhalb von R.
- Untersuche, ob Strahl TX durch einen Polygoneckpunkt verläuft.

Wenn ja, verschiebe T in y-Richtung solange, bis dies nicht mehr der Fall ist (nur echte Schnitte gesucht).

- Zähle Anzahl echter Schnitte von TX mit den (n-1) Polygonkanten.
  Ist mod(Anzahl,2)=0, liegt X außerhalb.
  Ist mod(Anzahl,2)=1, liegt X innerhalb.

  NB: mod (N,2) = N-(int)(N/2)*2

Alternativ: Winkelsummentest

Punkt-im-Polygon (Raster)

- Annahmen:

  Alle Zellen innerhalb des Polygons sind mit 1 belegt

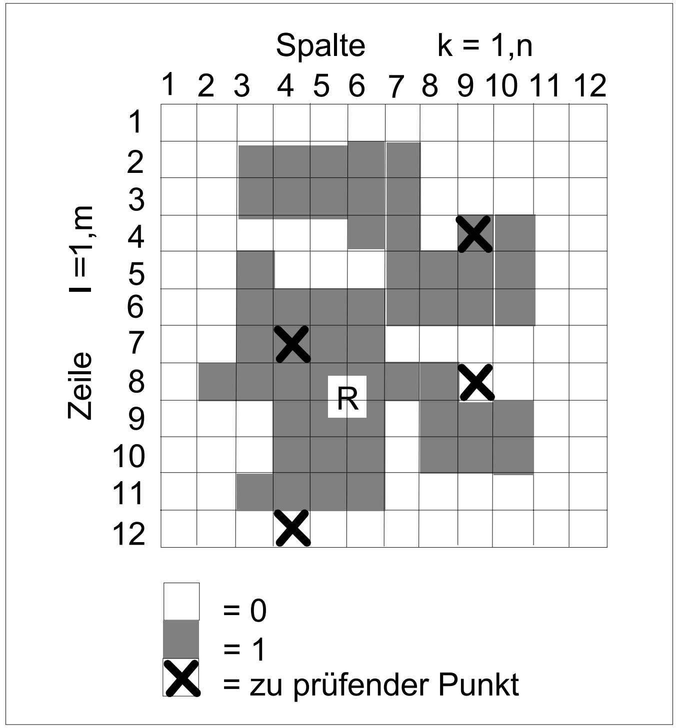
  Alle Zellen außerhalb des Polygons sind mit 0 belegt

- Algorithmus:

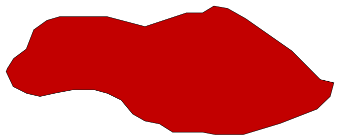
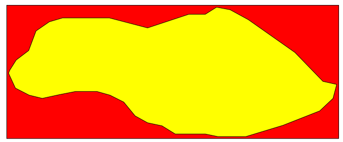
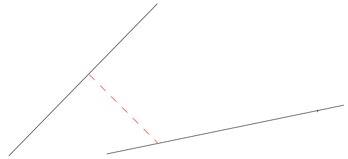
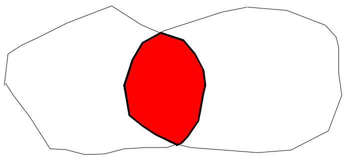
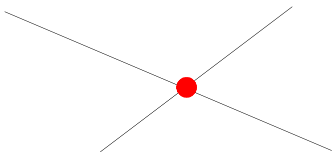
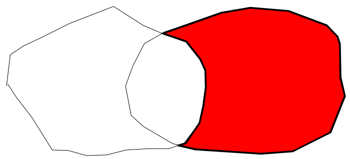
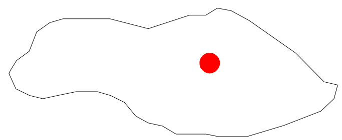
  Prüfe für Zeile l (l=1,m), ob Zeilenindex l gleich Punktzeilenindex i ist

  Wenn ja, prüfe für Spaltenindex k (k=1,n), ob Spaltenindex k gleich Punkt-spaltenindex j ist. Wenn ja, prüfe ob Polygonzelle eine 1 trägt. Dann ist ge-suchter Punkt innerhalb, sonst außerhalb.

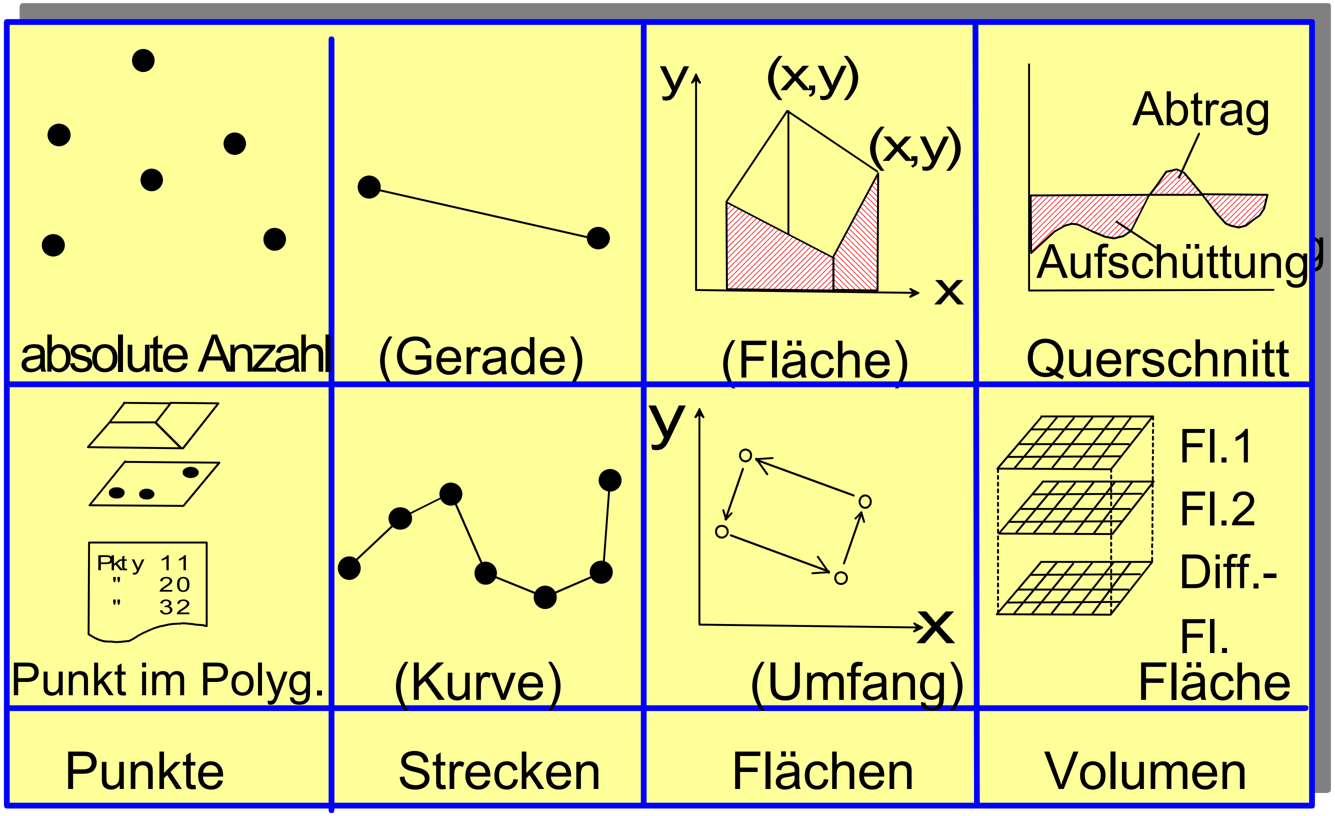
  Wenn Punkt (i,j) nicht in dieser Zeile und Spalte des Polygons liegt, erhöhe den Zeilenindex l und beginne von vorne.



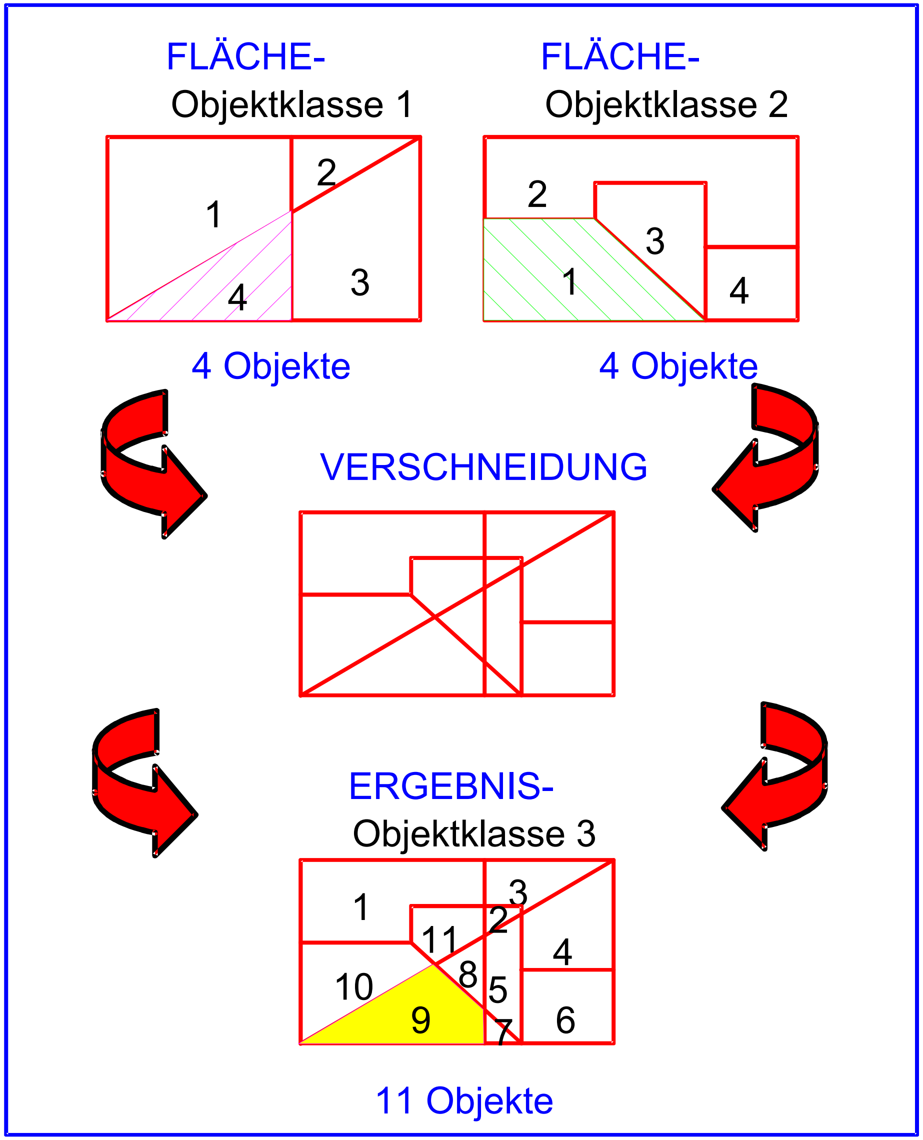
Raumbezogene Operatoren (Auszug)

 Länge	 Fläche	 Minimal einschl. Rechteck	 Kürzester Abstand
 Vereinigung	 Schnittbe-rechnung	 Differenz	 Inklusion

Geometrische Grundfunktionen - Computed Geometry



Flächenverschneidung: Fläche mit Fläche

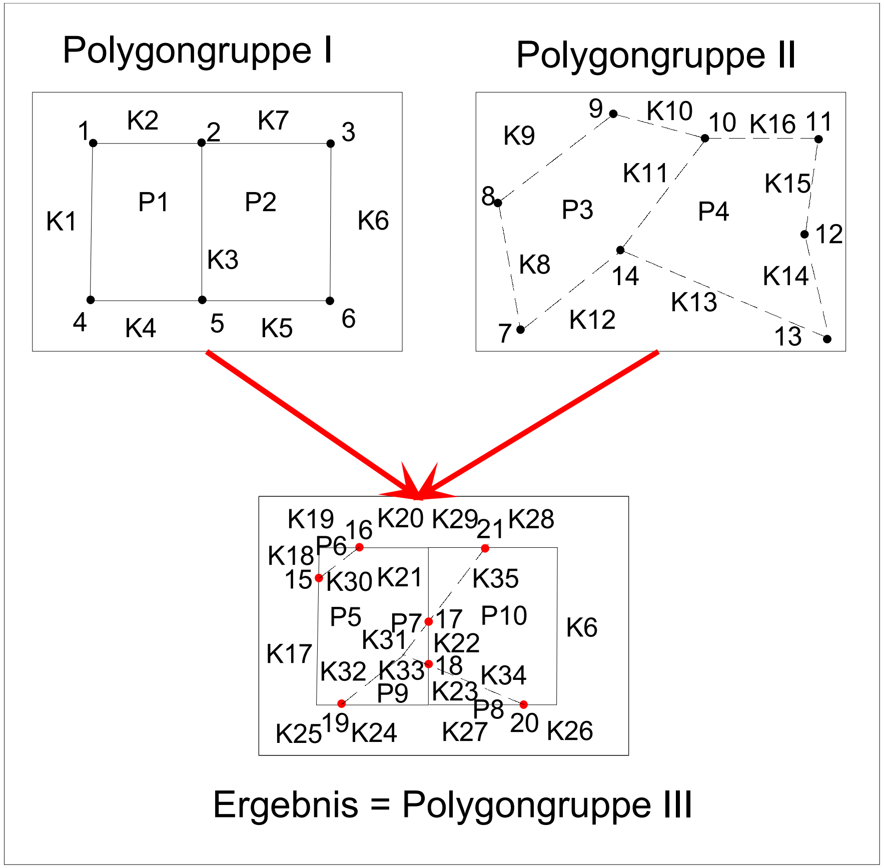


Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Beispiel Flächenverschneidung

- Gegeben sind zwei Gruppen von Polygonen I und II, die jeweils bestimmte Eigenschaften besitzen. Bilden Sie eine neue Gruppe von Polygonen III, die von den beiden Ausgangsgruppen gewünschte Eigenschaften erben.



Gruppe I :
Grundstücke bestimmter Eigentümer (Maier, Müller etc.)

Gruppe II :
Flächen bestimmter Landnutzung (Ackerland, Bauland, etc.)

Gruppe III :
Flächen, die bestimmtem Eigentümer gehören und bestimmte Landnutzung besitzen

3 Teilschritte bei der Flächenverschneidung

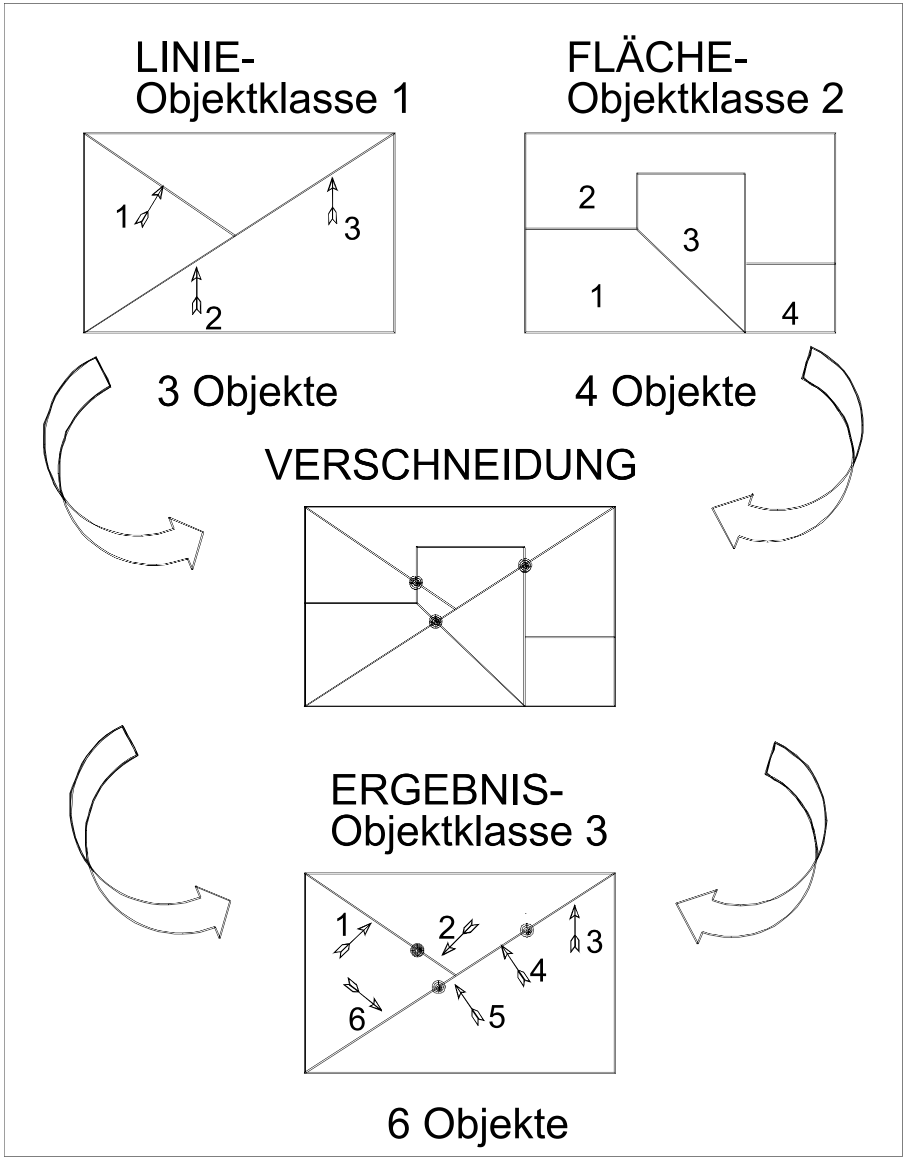
- 1. Kantenschnitte:
  - Unterteile die sich schneidenden Kanten der Ausgangspolygone an den Schnittpunkten.

  => Liste aller Knoten und Kanten: es gibt keinen weiteren Schnitt mehr zwischen den Polygonen.
- 2. Polygonformierung:
  - Verknüpfe die einzelnen Kanten so, daß neue geschlossene Polygone entstehen.

  => Liste aller Polygone.
- 3. Überlagerungsidentifizierung:
  - Untersuche Ergebnispolygone auf Herkunft aus Ausgangspolygonen.

  => Attributübertragung.

Flächenverschneidung (Linie mit Fläche)

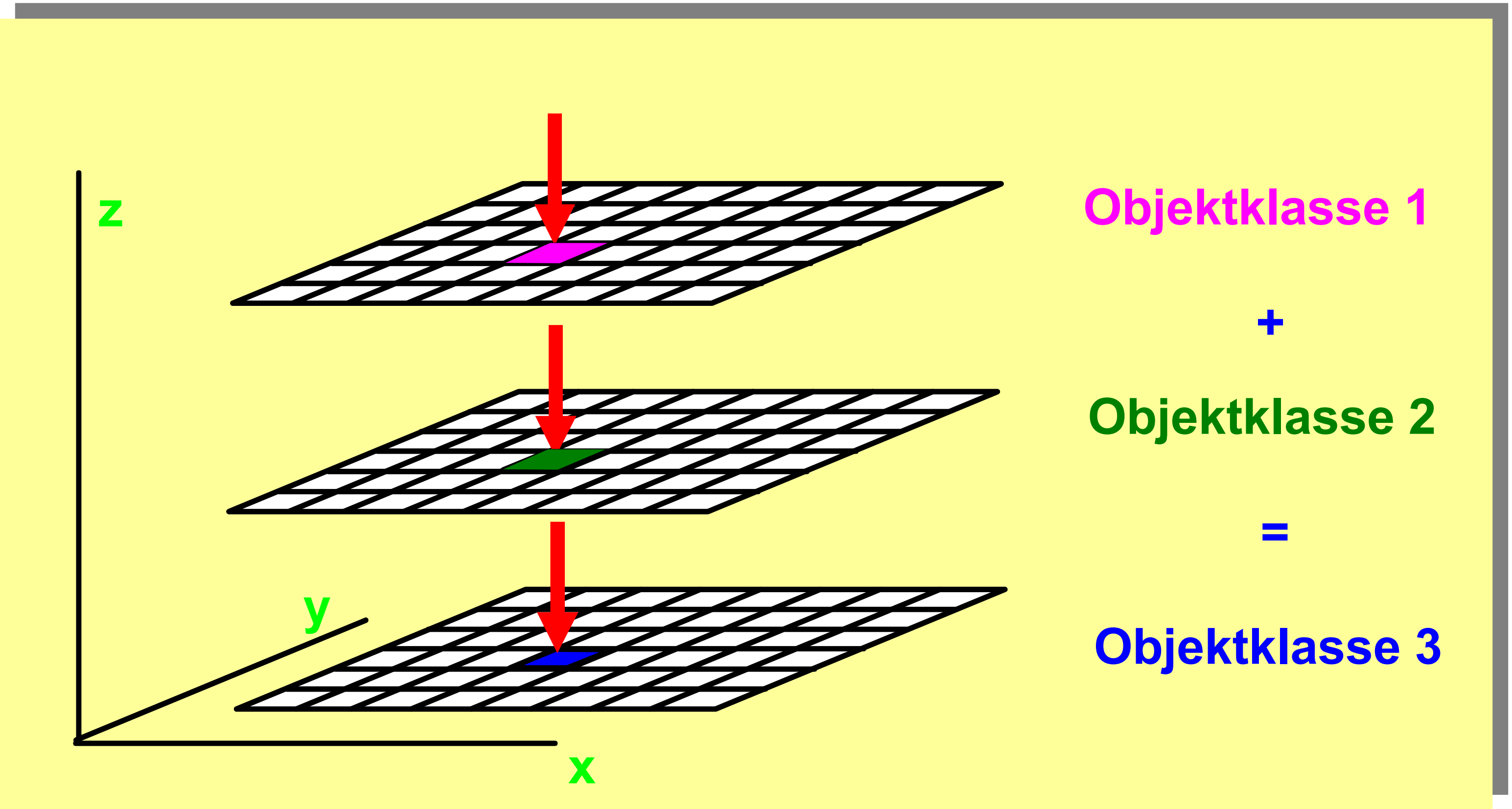


Klasse 1:
- Alle Leitungen eines EVU

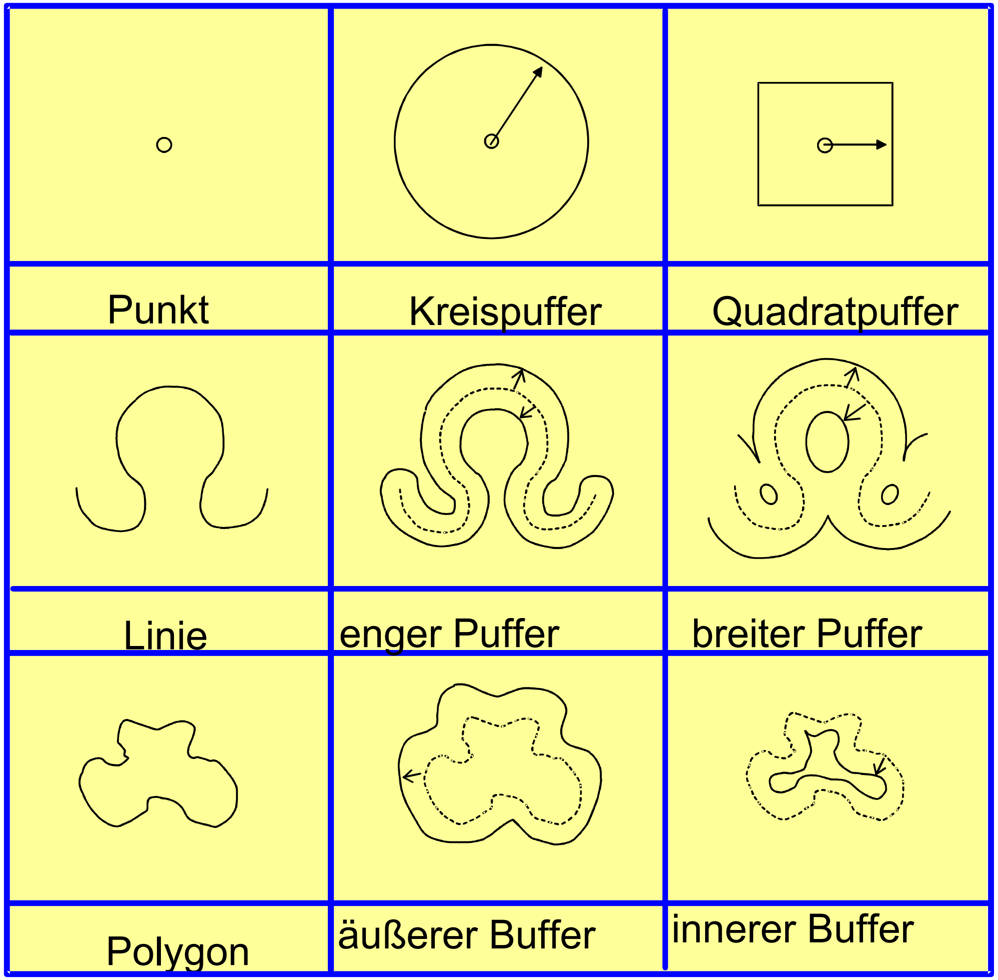
Klasse 2:
- Alle Flächen im Gemeindebesitz

Klasse 3:
- Alle Leitungen auf Flächen im Gemeindebesitz

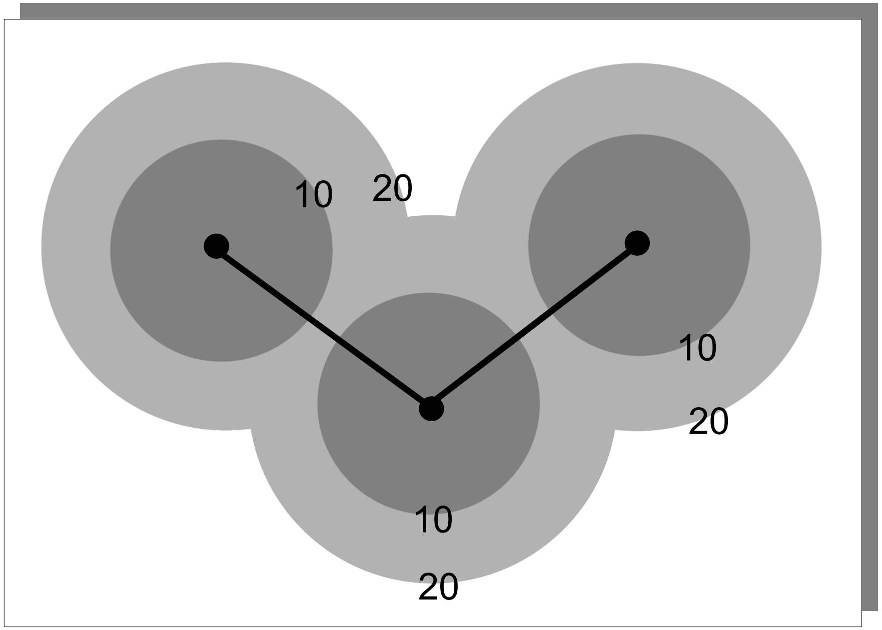
Flächenverschneidung Raster mit Raster



Geometrische Grundfunktionen: Pufferbildung/Zonengenerierung

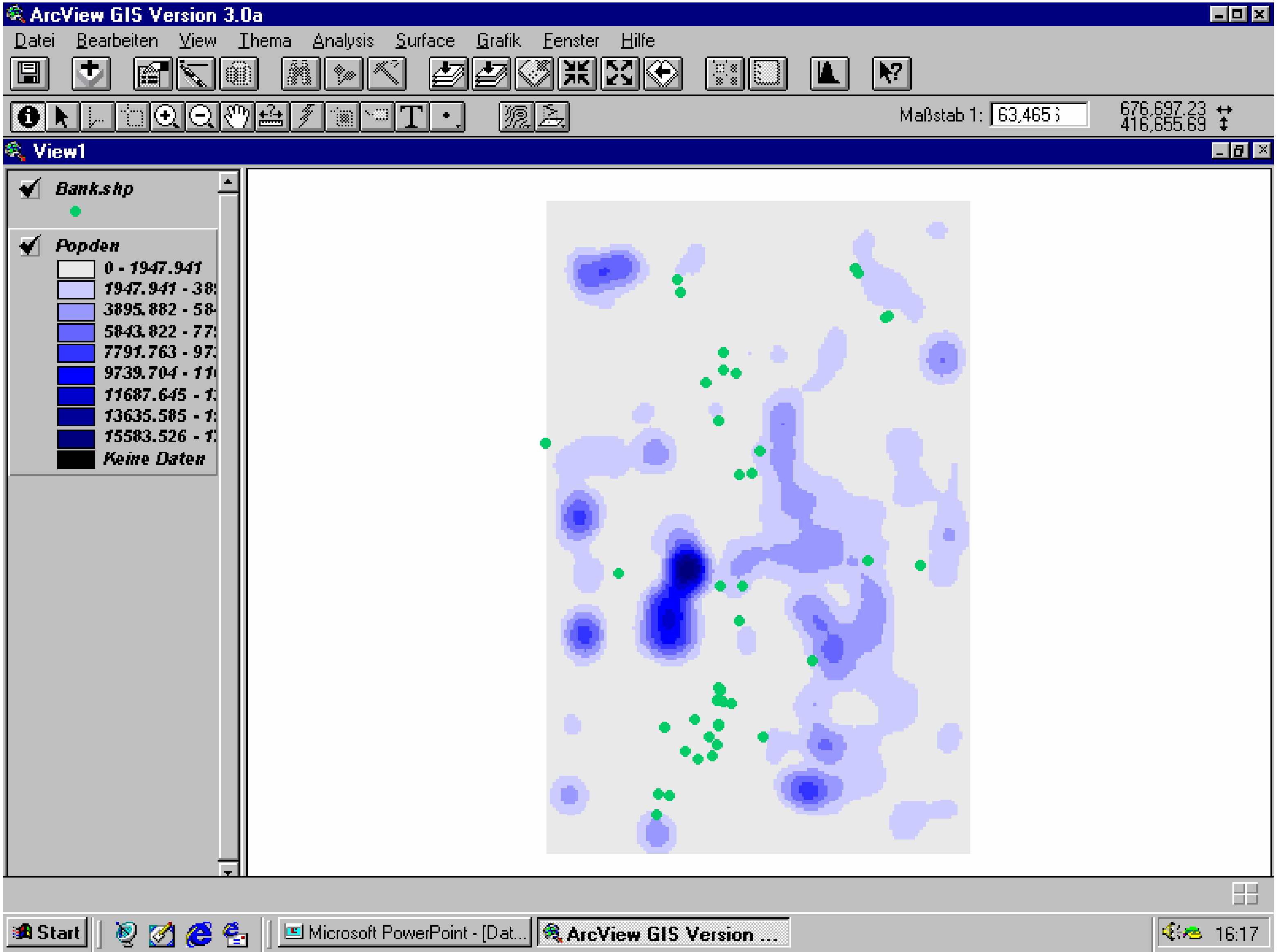


Reisezeitenprobleme (geometrisch)



Erreichbarkeiten von Bankfilialen

(grün - Bankfilialen, blau - Bevölkerungsdichte)



Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

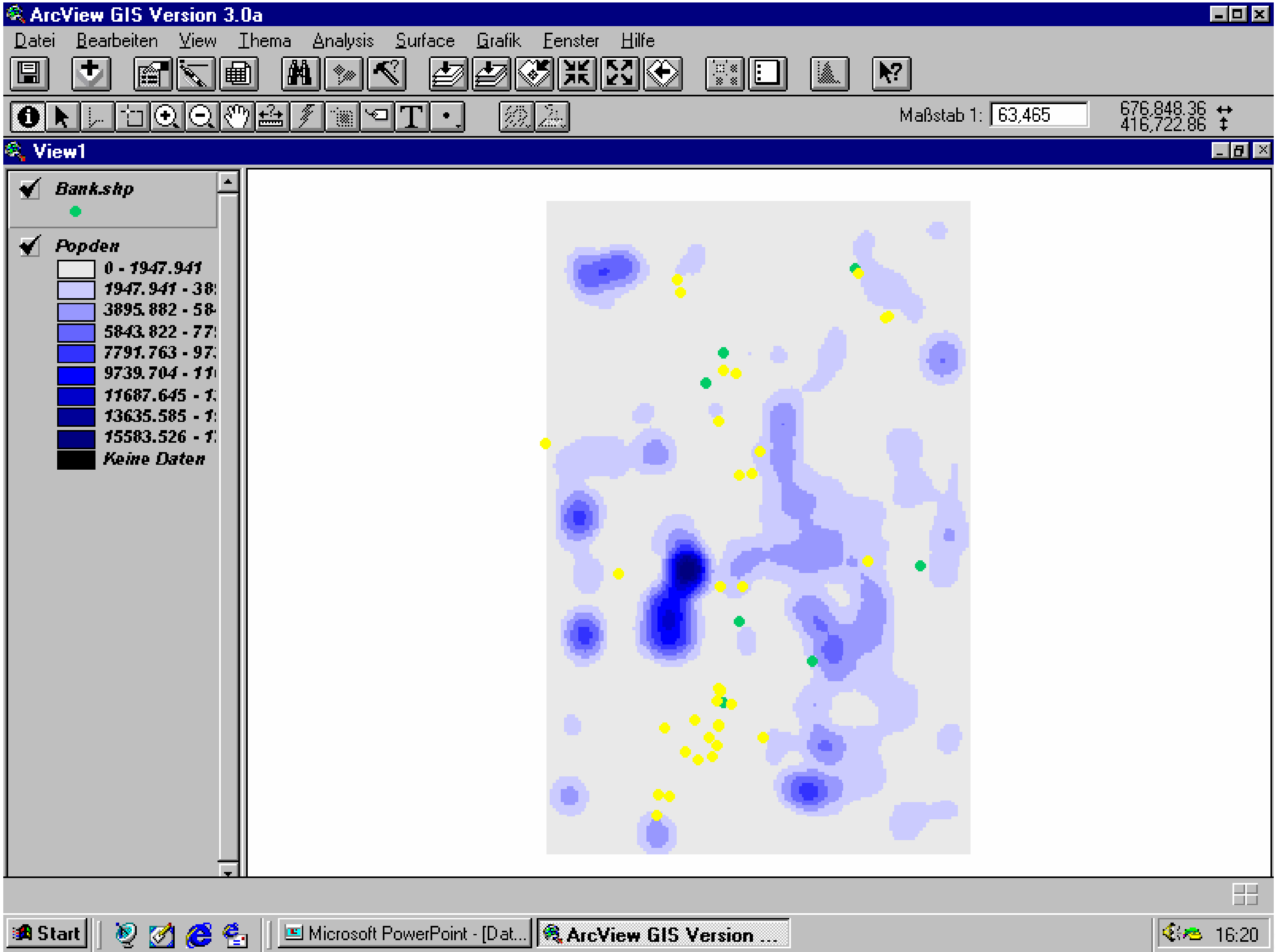
Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

Bankfilialen mit mehr als 10 Mill. $ Privateinlagen



Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

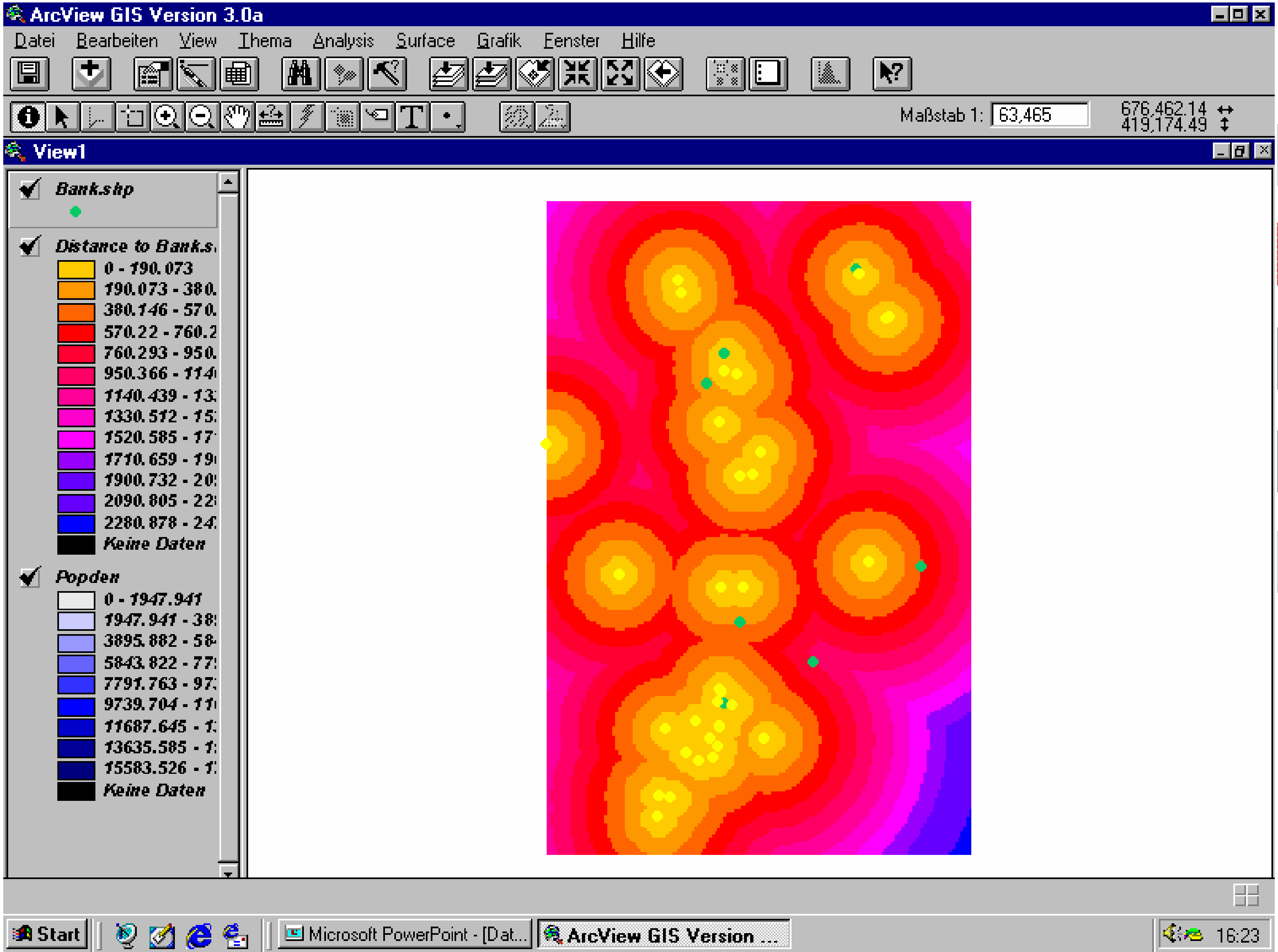
Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

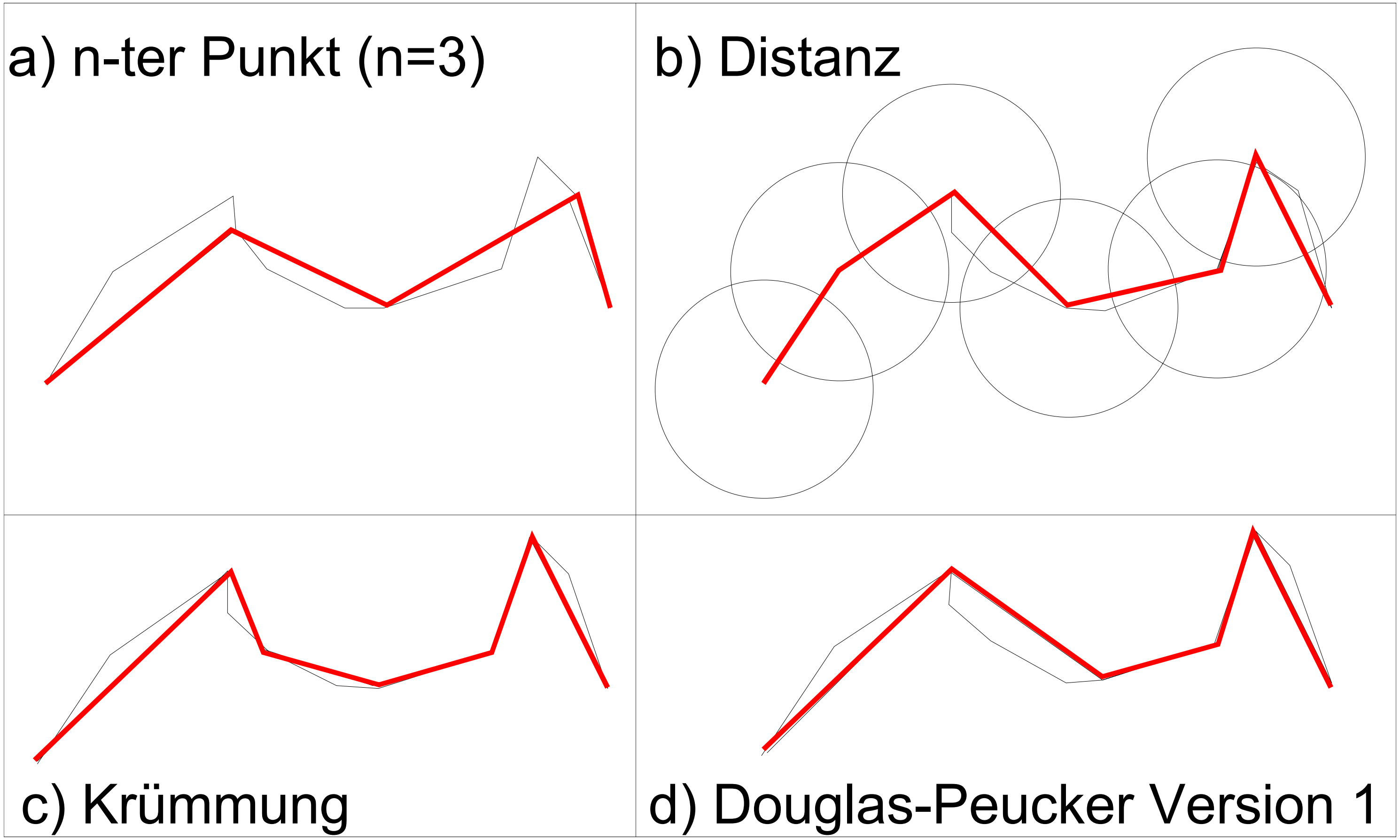
Abstandskarte zu Banken >10 Mill. $ Privateinlagen



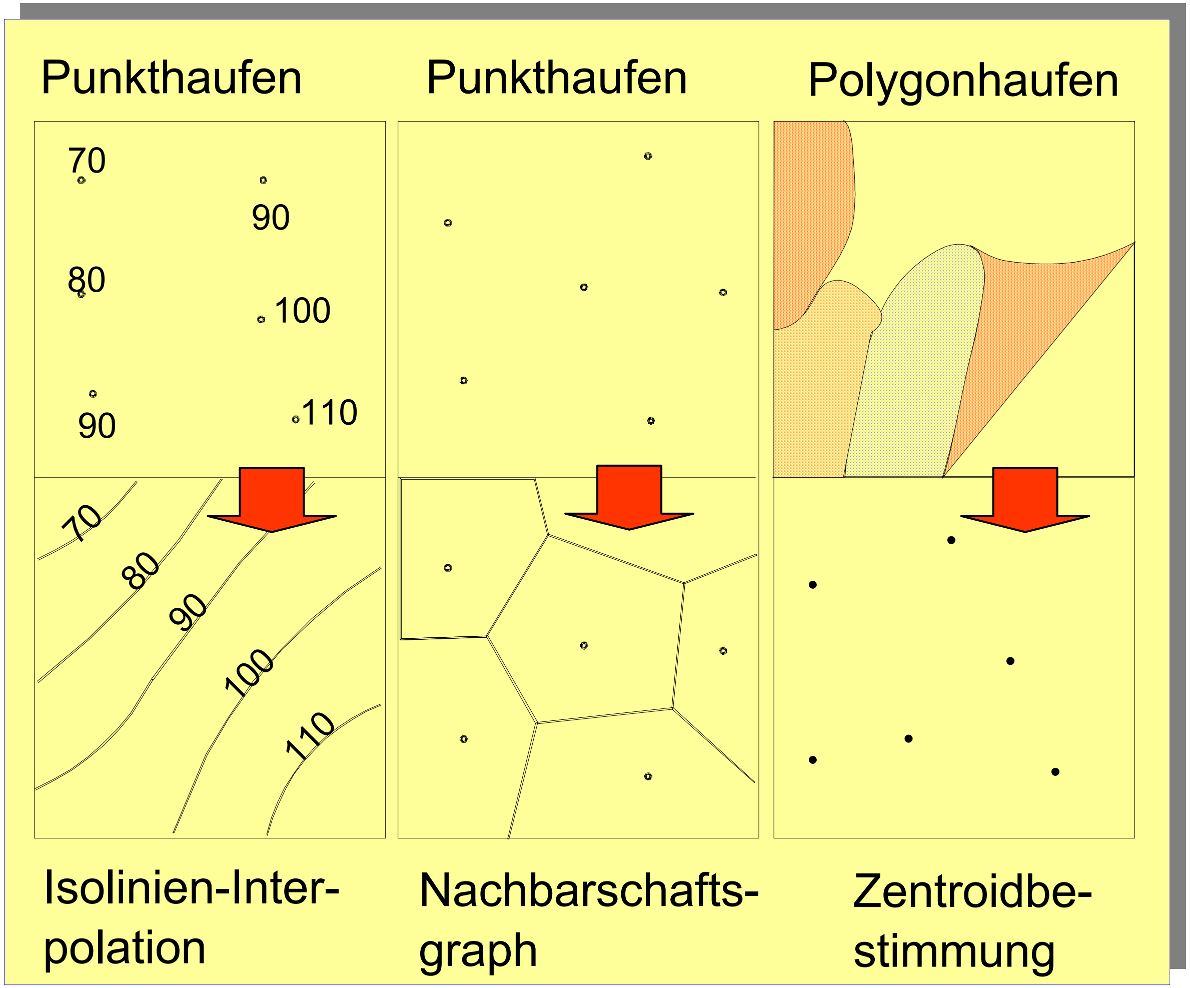
Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Linienglättung resp. Linienausdünnung



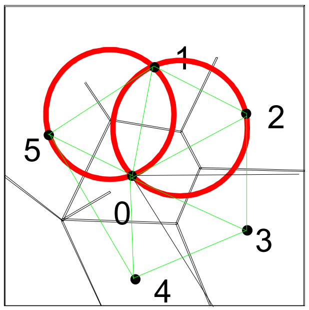
Interpolation, Nachbarschaftsgraphen und Zentroidbestimmung

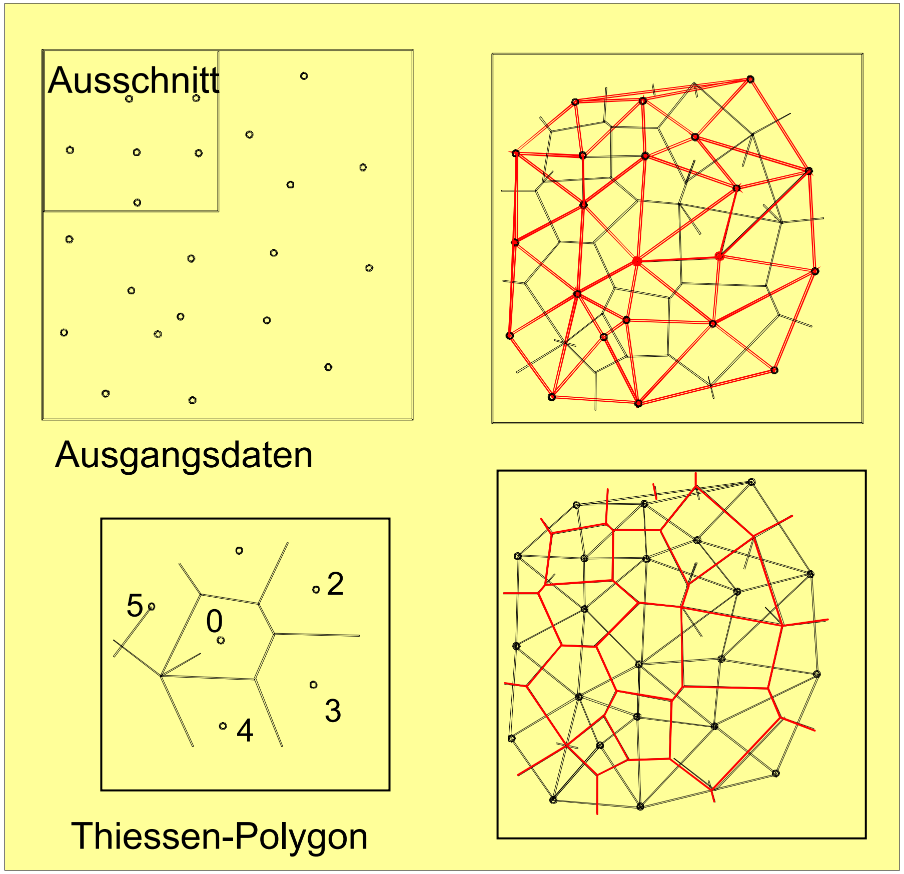


Delaunay-Triangulation/Thiessen-Diagramme

(auch Voronoi-Diagramme oder Dirichlet-Tesselationen)

Prinzip:
Umkreis um drei Punkte beinhaltet keinen weiteren Punkt mehr





Dreiecksvermaschungen

Analyse

- Abschätzformel : -> Anzahl der Dreiecke = 2n-b-2

n = Anzahl der Punkte,
b = Anzahl der Punkte auf Rand

- Algorithmen zur Dreiecksvermaschung : R. Sedgewick (1984)
- Theorie zur Delaunay-Triangulation : B. Delaunay (1934)

- Satz von M.I.Shamos und D. Hoey (1975) :

  Zwei Punkte in einer Punktmenge sind genau dann benachbart, wenn sie eine gemeinsame Seite des Thiessendiagramms besitzen.

- Eigenschaften der Delaunay-Triangulation :
  - Innerhalb des Umkreises um ein Delaunay-Dreieck liegt kein weiterer Punkt.
  - Dreiecke des Gebietes überlappen sich nicht.
  - Gebiet wird durch konvexe Hülle umgeben.
  - Delaunay-Triangulation ist eindeutig (unabh. von Bearbeitungsfolge)
- Algorithmus von D.T. Lee und B.J. Schachter (1980) nach der Divide and Conquer-Strategie :
  - Füge Punkte des Gebietes in k-D-Baum ein.
  - Trianguliere Teilgebiet in k-D-Zweig.
  - Schließe Teilgebiete zusammen, bilde obere und untere gemeinsame Tangente der Teilbereiche.
  - Vermasche Teilbereiche zwischen beiden Tangenten und dem Rand der existierenden Vermaschung neu.
  - Danach ist das gesamte Gebiet nach Delaunay trianguliert.

Nachbarschaftsgraphen im Rasteransatz

Analyse

a) Originalmatrix	b) Abstandstransformation	c) Mittelachsen-transformation
- - - - - - - - - - - -	18 15 12 11 10 9 10 11 12 15 18 21	- - - - - - - - - - - -
- - - - - - - - - - - -	17 14 11 8 7 6 7 8 11 14 17 20	- - - - - - - - - - - -
- - - - - - - - - - - -	16 13 10 7 4 3 4 7 10 13 16 19	- - - - - - - - - - - -
- - - - - 0 - - - - - -	14 12 9 6 3 0 3 6 9 12 15 18	- * - - - 0 - - - - - -
- - - - - - - - - - - -	11 10 9 7 4 3 4 7 10 13 16 17	- - * * - - - - - * * -
- - - - - - - - - - - -	8 7 6 7 7 6 7 8 11 12 13 14	- - - * * - - - * * * -
- - - - - - - - - - - -	7 4 3 4 7 9 10 11 10 9 10 11	- - - - * * * * * - - -
- - 0 - - - - - - - - -	6 3 0 3 6 9 11 8 7 6 7 8	- - 0 - - - * - - - - -
- - - - - - - - - - - -	7 4 3 4 7 10 10 7 4 3 4 7	- - - - - * * - - - - -
- - - - - - - - - 0 - -	8 7 6 7 8 11 9 6 3 0 3 6	- - - - - * - - - 0 - -
- - - - - - - - - - - -	11 10 9 10 11 12 10 7 4 3 4 7	- - - - - * - - - - - -
- - - - - - - - - - - -	14 13 12 13 14 14 11 8 7 6 7 8	- - - - * * - - - - - -

Nachbarschaftsgraphen im Rasteransatz

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Quasi-Thiessen-Diagramm
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Punktverteilung

*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4
5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Nachbarschaftsgraph

*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	*	*	*	*
*	*	*	*	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4
5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	*
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Ausgangspunkt
Abstand 1
Abstand 2
Abstand 3
Abstand 4

Topologische Datenanalysemethoden

Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

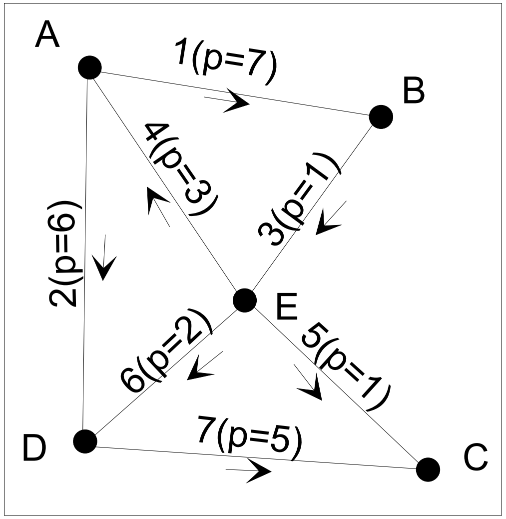
Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

- Metrik
- Adjazenz und Inzidenz
- Kürzeste Wege
- Floyd-Warshall-Algorithmus
- Dijkstra-Algorithmus
- Beste Wege, beste Standorte, Travelling SalesmanProblem
- ...

Topologische Grundlagen
Kürzeste Wegebeispiel (Floyd-Warshall-Algorithmus)



Kante	von	nach	Gewicht
1	A	B	7
2	A	D	6
3	B	E	1
4	E	A	3
5	E	C	1
6	E	D	2
7	D	C	5

Bewertungsmatrix :

	A	B	E	C	D
A	0	7	0	0	6
B	0	0	1	0	0
E	3	0	0	1	2
C	0	0	0	0	0
D	0	0	0	5	0

Inzidenzmatrix B :

	A	B	E	C	D
1	1	-1	0	0	0
2	1	0	0	0	-1
3	0	1	-1	0	0
4	-1	0	1	0	0
5	0	0	1	-1	0
6	0	0	1	0	-1
7	0	0	0	-1	1

Adjazenzmatrix B^TB :

	A	B	E	C	D
A	3	-1	-1	0	-1
B	.	2	-1	0	0
E	.	.	4	-1	-1
C	.	.	.	2	-1
D	.	.	.	.	3

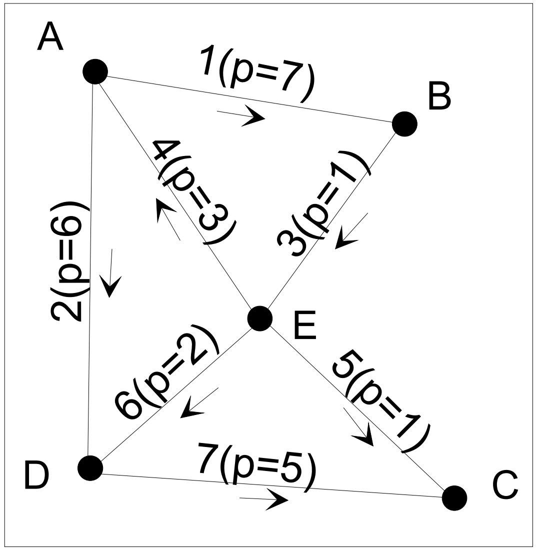
Kürzeste Wegesummen nach Floyd-Warshall:

	A	B	E	C	D
A	11	7	8	9	6
B	4	11	1	2	3
E	3	10	11	1	2
C	0	0	0	0	0
D	0	0	0	5	0

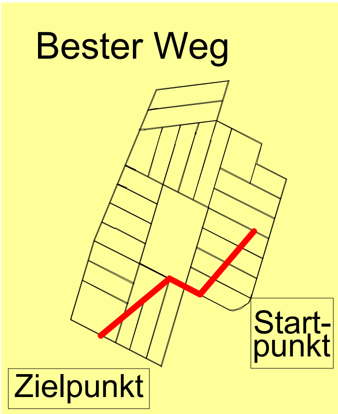
Mögliche Wege :
A->A via B,E =11
A->B =7
A->E via B = 8

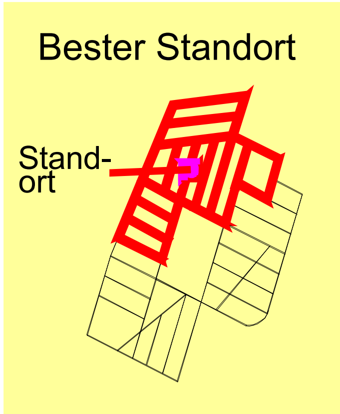
Alle Wege im Graphen

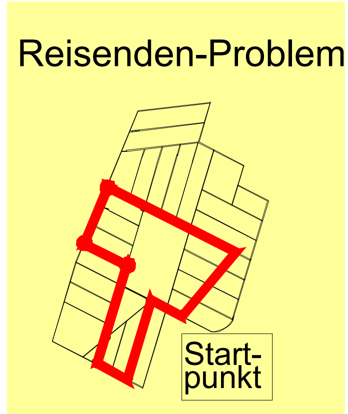
Weg von Knoten	nach Knoten	über Knoten	Gewichtssumme
A	A	B,E	11
A	B	direkt	7
A	E	B	8
A	C	B,E	9
A	D	direkt	6
B	A	E	4
B	B	E,A	11
B	E	direkt	1
B	C	E	2
B	D	E	3
C	B	E,A	11
E	A	direkt	3
E	B	A	10
E	E	A,B	11
E	C	direkt	1
E	D	direkt	2
C	A	-	-
C	B	-	-
C	E	-	-
C	C	-	-
C	D	-	-
D	A	-	-
D	B	-	-
D	E	-	-
D	C	direkt	5
D	D	-	-



Netzwerkanalysen - 3 Kategorien von Problemstellungen







Günstigste Wege von einem Ort zu einem anderen Ort:

- geometrisch kürzester Weg
- topologisch bester Weg
- kostengünstigster Weg

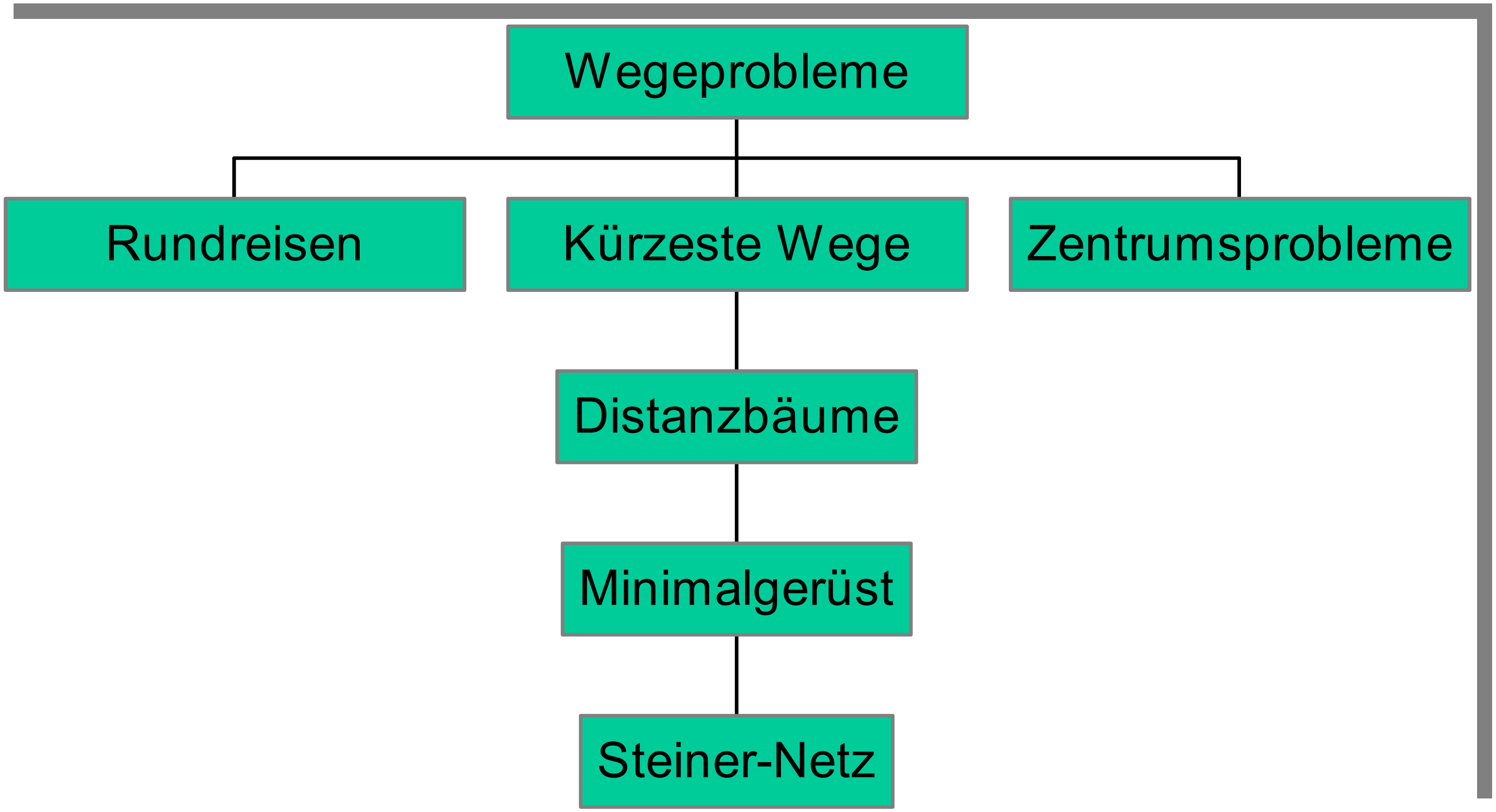
Günstigster Standort eines geplanten Objektes unter Berücksichtigung der Erreichbarkeit und der Einzugsgebiete:

- topologische Algorithmen
- Flächenverschneidung
- 2D- Median

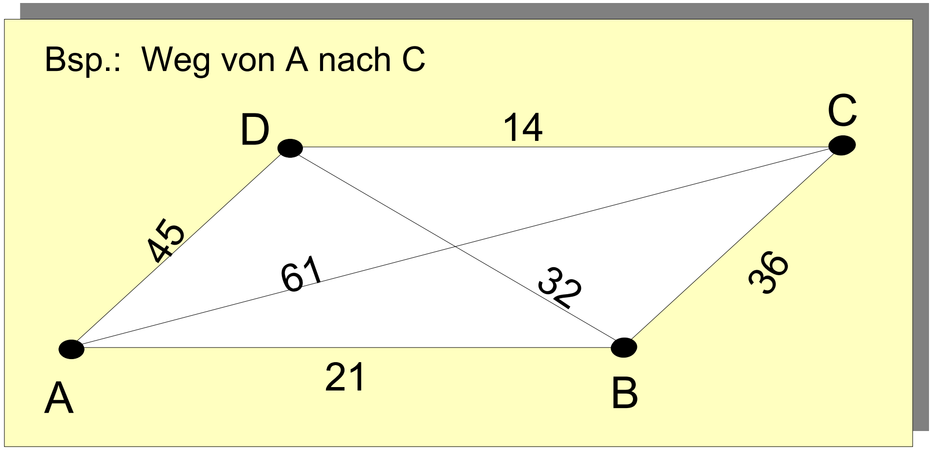
Das Handlungsreisenden-Problem (Traveling Salesman):

- Operations research
- Lineare Optimierung
- Graphentheorie

Wegeprobleme in Netzen und Graphen



Zielfunktionen für kürzeste Wege

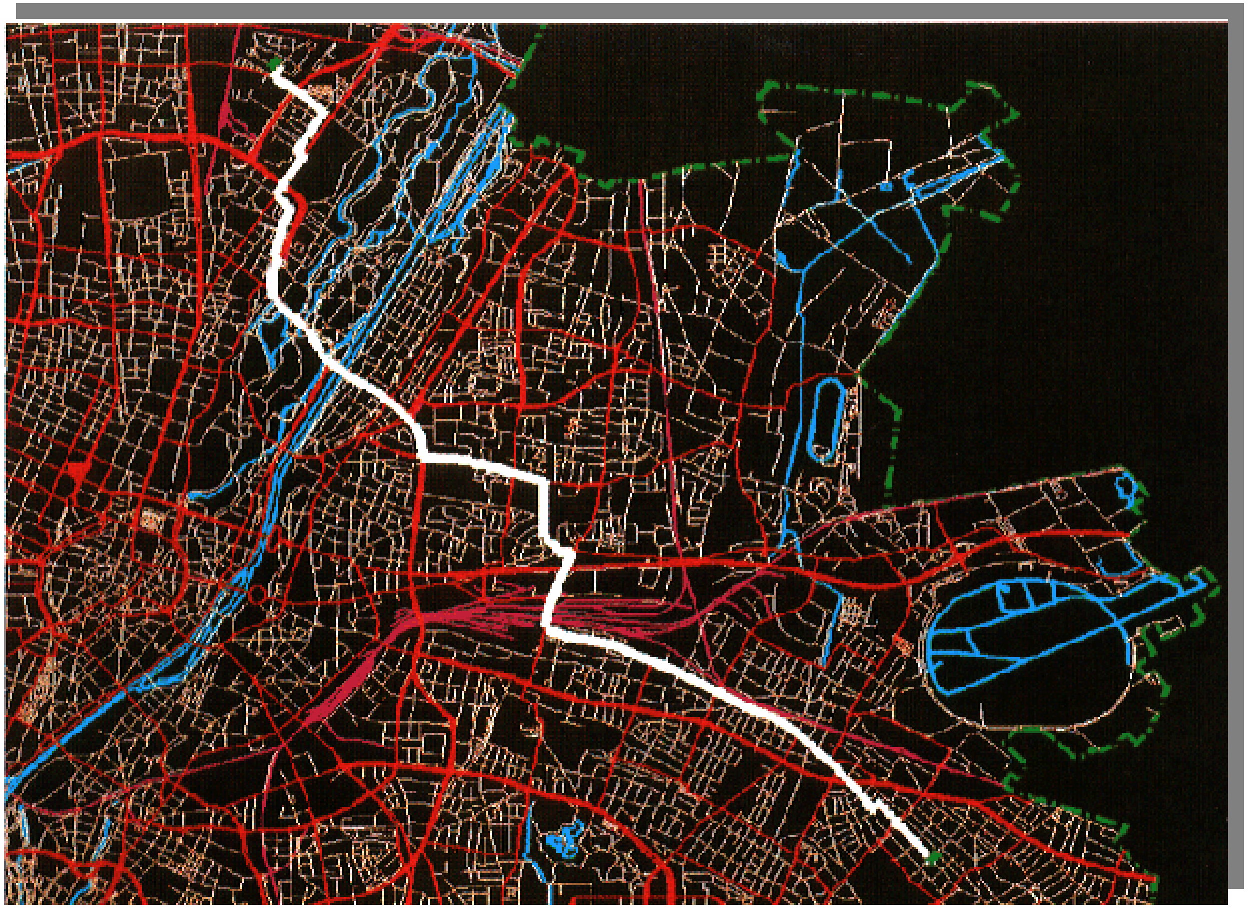


- Minimiere die Entfernung (ABC=57)
- Minimiere die Reisezeit (ABC=57)
- Minimiere das Durchlaufen von Kreuzungen (AC=61)
- Minimiere das Abbiegen (speziell links wegen Gegenverkehr) (AC=61)
- Minimiere den Weg unter Berücksichtigung von Zwangspunkten (über D => ADC=59)

=> Kürzeste Wege sind von der Problemstellung abhängig

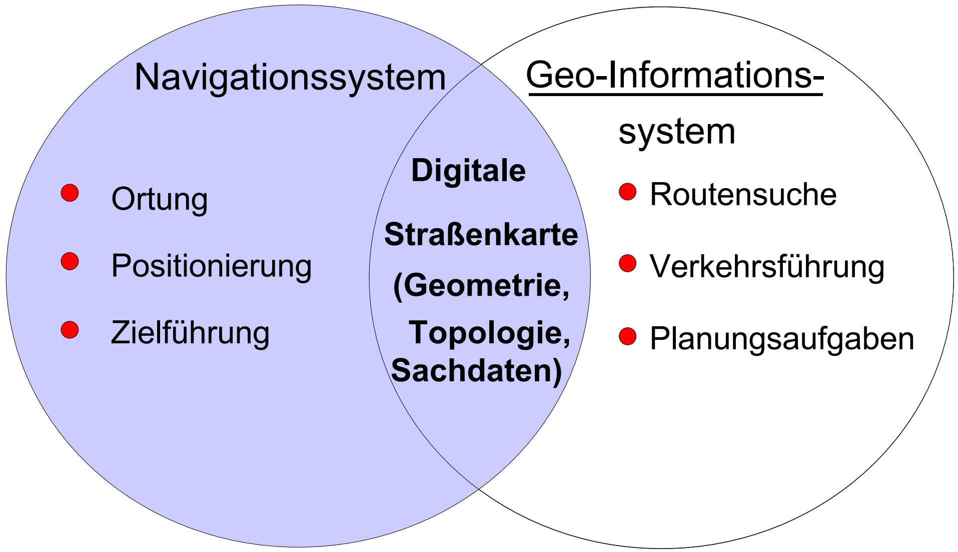
=> Anwendung in Fahrzeugnavigationssystemen

Fahrzeugnavigation (Kürzeste Wege in einem Netz)



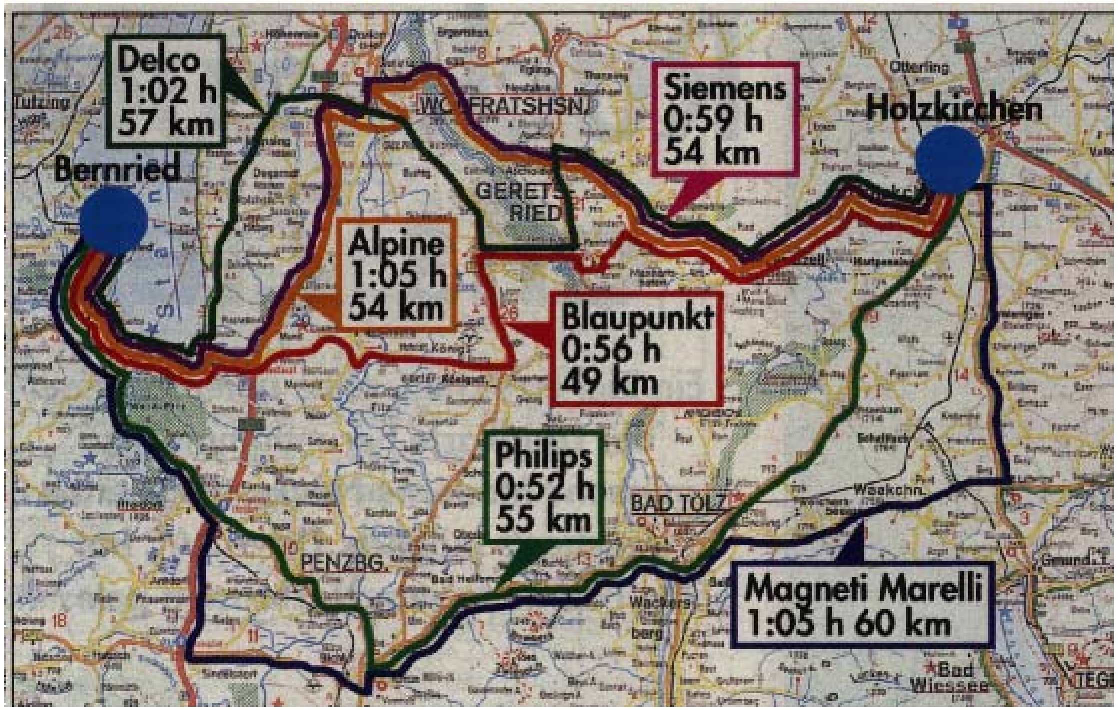
Fahrzeugnavigationssysteme

- Preise: 1000 - 4000 €
- Komponenten:
  – GPS
  – CD-ROM mit Straßendaten
  – Kompaß
  – Sprachausgabe
  – Radsensoren
  – Richtungspfeile
- Probleme:
  – Lernaufwand
  – keine aktuellen Staumeldungen
  – Tunnel-Ausfälle
  – Navigationsfehler



Fahrzeugnavigationssysteme
Quelle: ADAC Motorwelt 4/97

- Blaupunkt Travel Pilot
- Alpine NVE-N 055VP
- Magneti Marelli Route Planner
- Philips Carin 520
- Siemens Auto Scout
- Delco Telepath



Grundlagen
Geometrische M.
Topologische M.
Mengenmethoden
Statistische M.
Modelle

Schließen Start Zurück

Geographic Data File (GDF)

Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

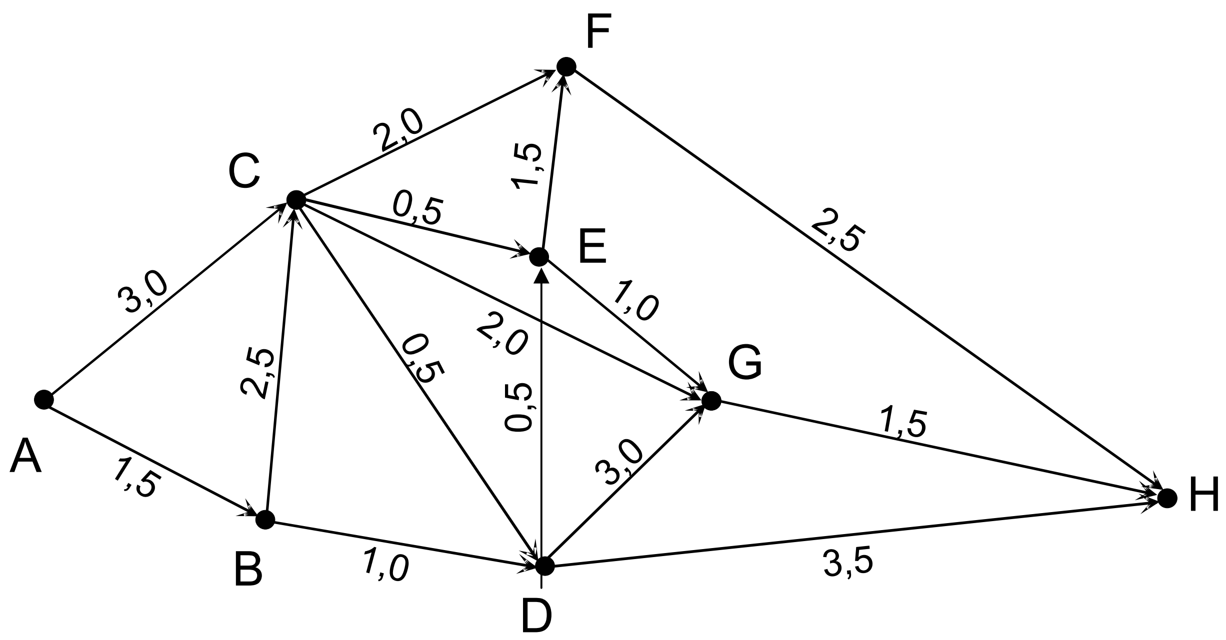
Modelle

- Standard zum Austausch digitaler Daten für Fahrzeugnavigationssysteme in Europa
- GDF 1.0 - 1988 (Eureka)
- GDF 2.0 - 1990 (Drive I - EDRM, PANDORA)
- GDF 2.1 - 1993 (Drive II - EDRM II)
- CEN TC/278 - Normierung von GDF

=> europaweiter Datensatz verfügbar

Kürzester Weg zwischen 2 Knoten

Beispiel: Bergwanderung soll von A zur Hütte H führen.
Bewertung ist Gehzeit in [h]. Von D nach E führt Sessellift.
Welches ist die kürzeste Gehzeit von A nach H.



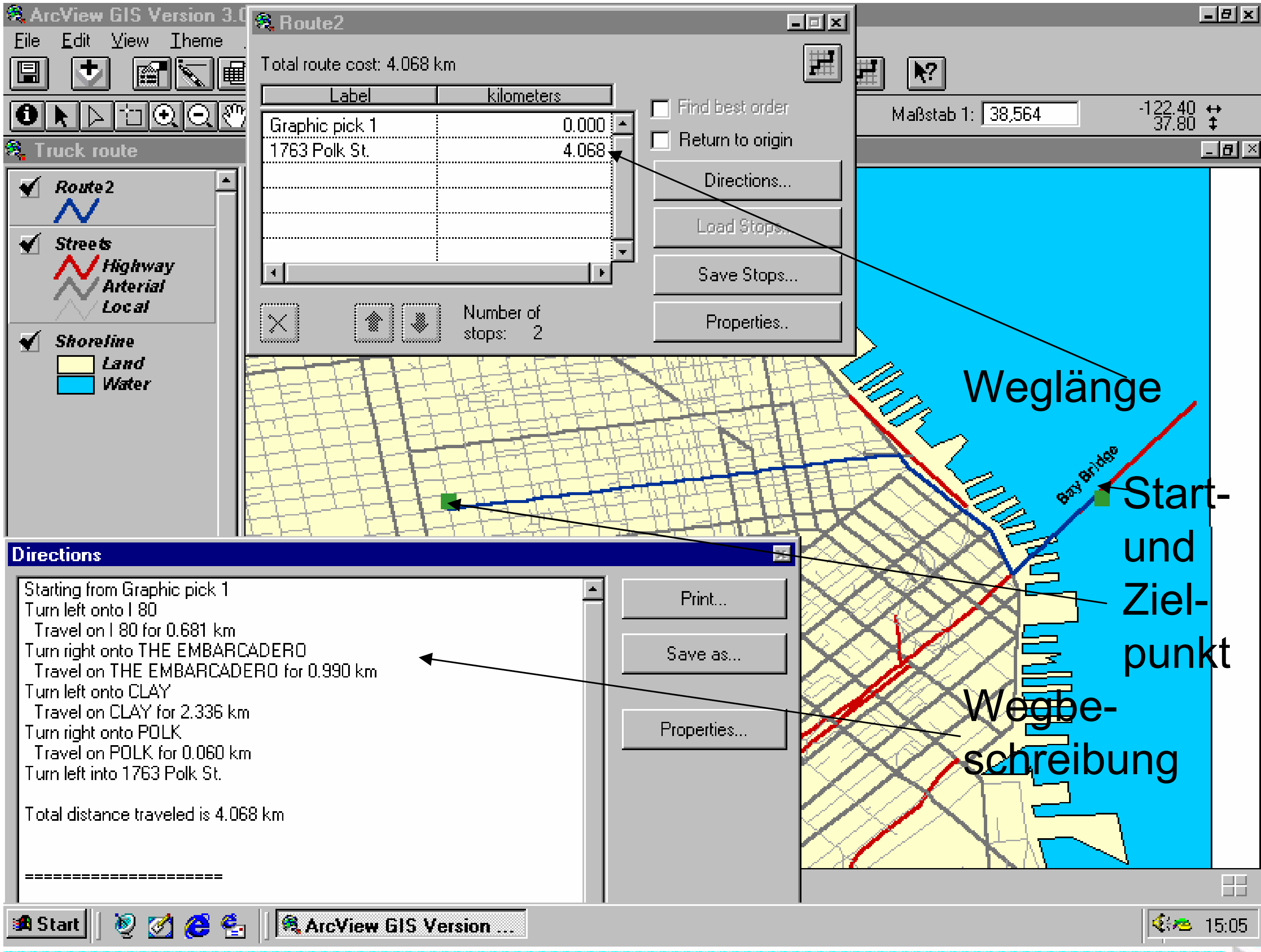
Lösung: Schrittweises Vorgehen
Kumulation von sequentiellen kürzesten Weglängen

noch kürzester Weg zwischen 2 Knoten

Schritt	Knoten	Nachbarn	Wege und Weglängen
1	A(0)	B, C	L(AB)=1,5 ; L(AC)=3,0
2	B(1,5)	C, D	L(ABC)=4,0 ; L(ABD)=2,5 ; L(ACD)=3,5
3	D(2,5)	E,G,H	L(ABDE)=3,0 ; L(ABDG)=5,5 ; L(ACDH)=6,0 L(ACE)=3,5; L(ACG)=5,0
4	E(3,0)	F, G	L(ABDEF)=4,5 ; L(ABDEG)=4,0 ; L(ACF)=5,0 L(ACG)=5,0
5	G(4,0)	H	L(ABDEGH)=5,5 ; L(ABDH)=6,0 L(ACFH)=8,5
6	H(5,5)	-	

Der kürzeste Weg von A nach H ist ABDEGH = 5,5 Stunden

Kürzester Weg mit ArcView Network Analyst



Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- **Topologische M.**
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Tripelalgorithmen

Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

- Sei K endlich und angeordnet K: = $(v_1, \ldots, v_n)$, G= (K,β) ein gewichteter Graph ohne parallele Kanten, β >= 0
- Methode : Vergleiche die Länge aller Kanten von G (K,β) mit den Längen aller möglichen Umwege und senke Gewicht der Kante, falls Umweg kürzer ist

Algorithmus:

For i:= 1 to n do

for j:= 1 to n do

for k:= 1 to n do

$\beta(v_j,v_k) := \min \{\beta(v_j, v_k), \beta(v_j, v_i)+\beta(v_i, v_k)\}$

Noch Tripelalgorithmus

modifizierter Tripelalgorithmus von Dantzig:

For i:= 1 to n do

for j:= 1 to i-1 do

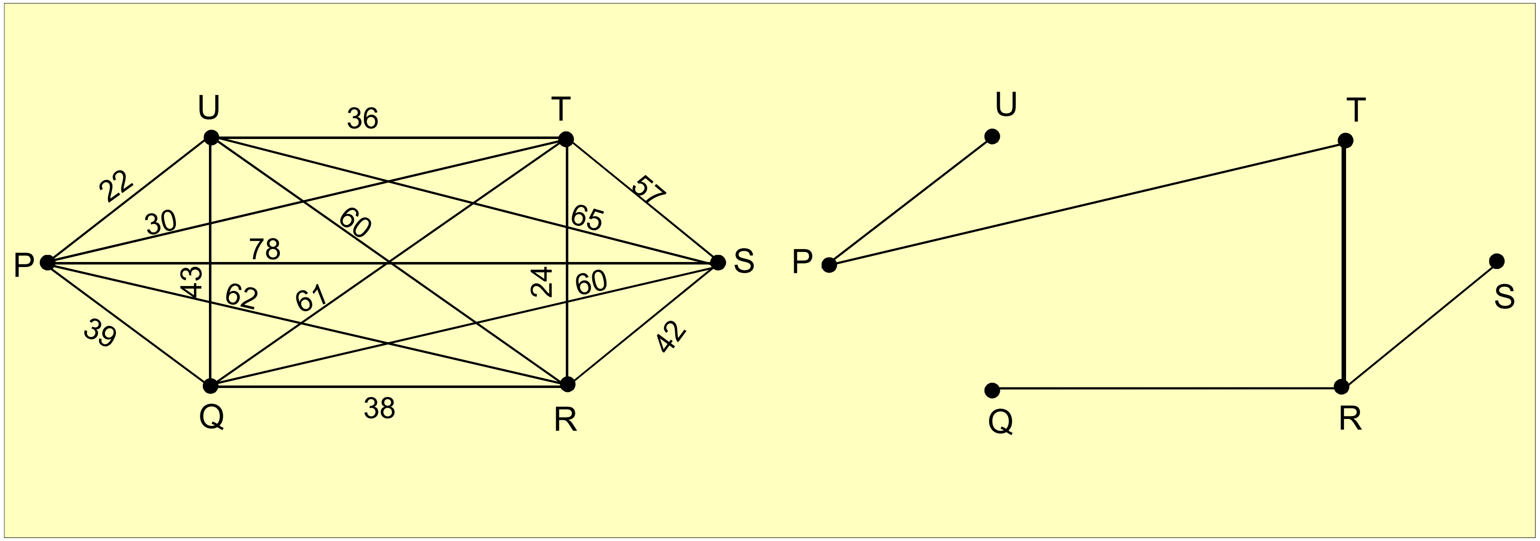
for k:= 1 to i-1 do

$\beta(v_j,v_k) := \min\{\beta(v_j, v_k), \beta(v_j, v_i)+\beta(v_i, v_k)\}$

- Satz: Der Tripel-Algorithmus berechnet alle kürzesten Wege im Graphen
- Beweisskizze:
  - 1.) Resultat des Algorithmus ist unabhängig von der Anordnung v (durch Induktion)
  - 2.) $\beta(u,v) = d(u,v) \quad \forall\, u,v$
- Zeitbedarf: $O(n^3)$

Minimales Gerüst

- Beispiel: 6 Städte werden mit Glasfaserleitungen vernetzt.
- Ziel: Alle Städte miteinander verbinden bei minimalen Kosten



- Lösung: Ordnen der Kanten nach Bewertung
  - PU(22), RT(24), PT(30), TU(36), QR(38), PQ(39), RS(42), QU(43), ST(57), RU(60), QT(61), PR(62), SU(65), PS(78), QS(84)

noch minimales Gerüst

- Entsteht ein Kreis, entsprechende Kante weglassen
- PU, RT, PT, (TU weglassen), QR, (PQ weglassen), RS
- Reihenfolge ist ein Minimalgerüst

Definition : Gegeben ist ein zusammenhängendes Netz (E,K) bzw. planarer Graph, bei dem jede Kante $k_i \in K$ mit $d_i \geq 0$ bewertet ist. Ein Gerüst mit den Kanten $k_1, k_2, ..., k_r$ heißt Minimalgerüst, wenn $\sum_{i=1}^{r} d_i$ minimal ist.

Travelling-Salesman-Problem

Finden einer Rundreiseroute mit folgenden Annahmen:

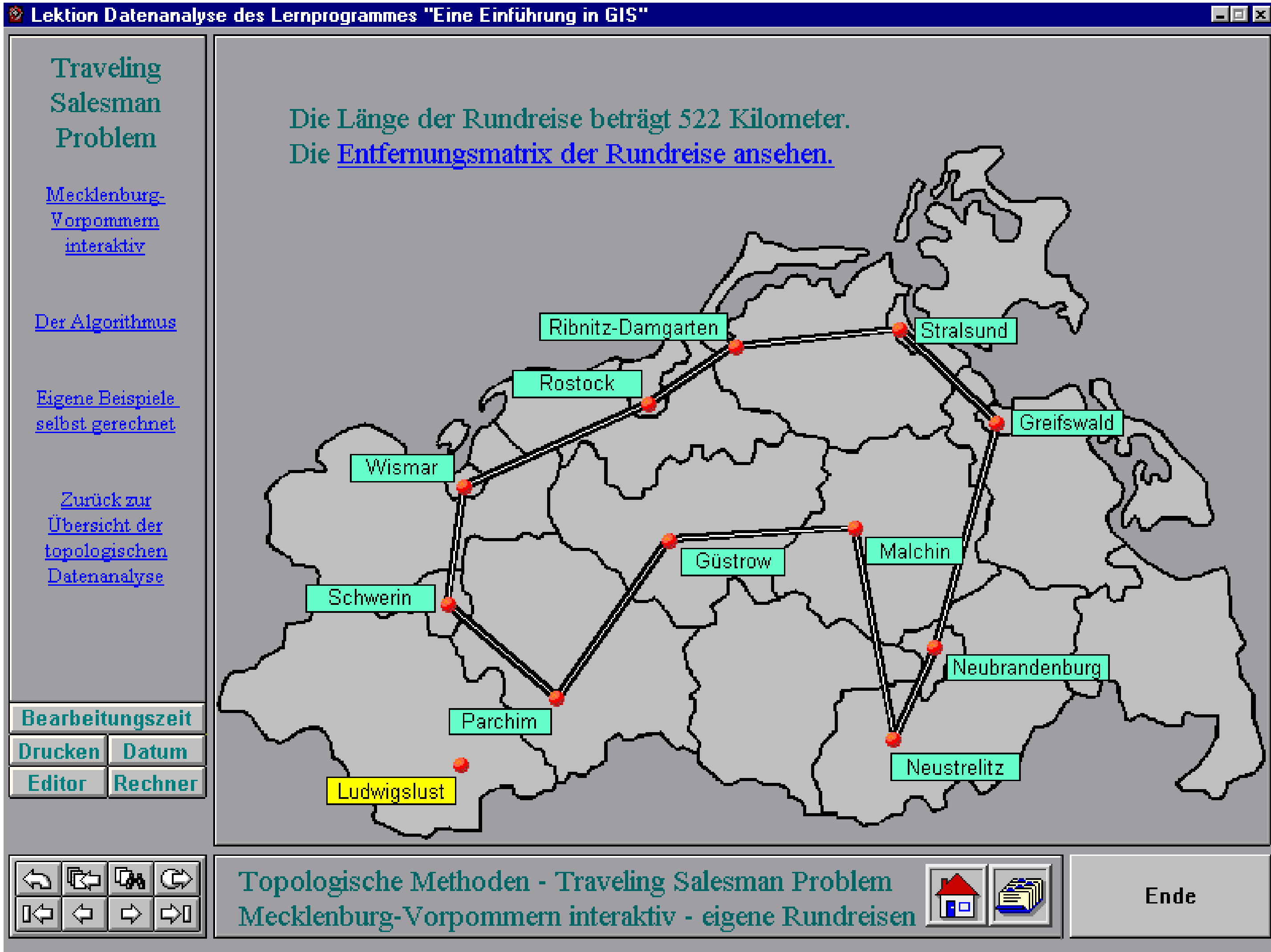
Start- und Zielort der Rundreise identisch

einmaliger Besuch verschiedener Städte in beliebiger Reihenfolge

Direktverbindungen nicht zwischen allen Orten vorhanden

Ergebnis: optimale Rundreise

Beispiel: Datenanalyse im MM-GIS-Tutor

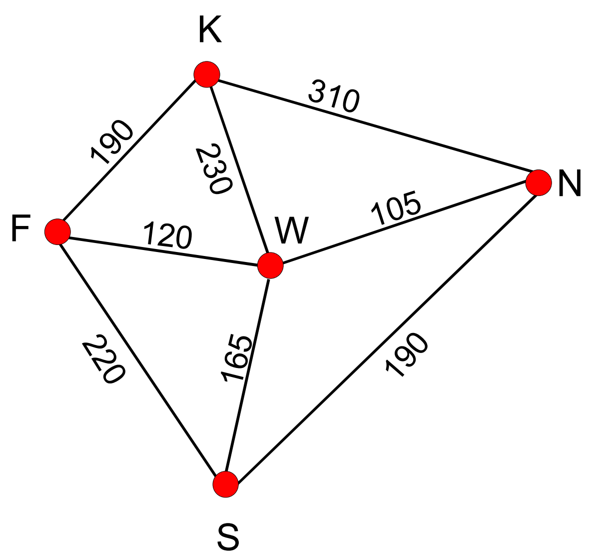


Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Rundreiseproblem

- Beispiel: Geschäftsreisender soll von Frankfurt (F) aus mit Auto die Städte Kassel (K), Nürnberg (N), Stuttgart (S) und Würzburg (W) besuchen und anschließend nach F zurückkehren



R_3 = min ?

R : F - K - N - W - S - F

190+310+105+165+220=990

R : F - K - N - S - W - F

190+310+190+165+120=975

R : F - K - W - N - S - F

190+230+105+190+220=935

R : F - W - K - N - S - F

120+230+310+190+220=1070

R : F - K - W - S - N - F

190+230+165+190+225=1000

noch Rundreiseproblem

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

- Allgemein gilt (vollständiges Netz (Graph) mit n Ecken)
- n --> $1/2*(n-1)*(n-2)*...*2*1 = 1/2(n-1)!$, $n \varepsilon N^{+}$
- Verfahren wird bei zunehmender Anzahl n sehr aufwendig

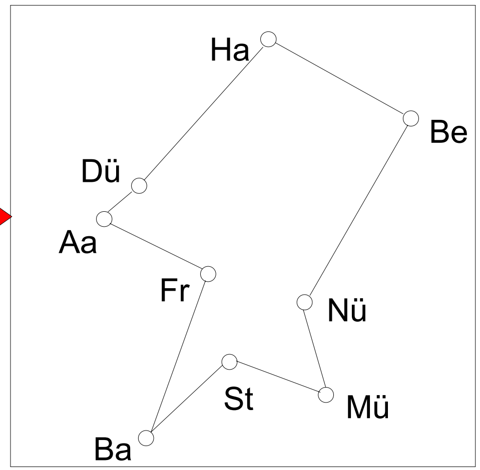
Beispiel: Rechnerzeiten für Rundreiseproblem abhängig von n

Knoten n	6	10	11	12	13	14
Zeit t	0,001 [s]	4 [s]	40 [s]	8 [min]	2 [h]	1 [Tag]

Beispiel zum Handlungsreisendenproblem

- Gesucht ist die beste Route zu einer Rundreise über die Städte: Aachen, Basel, Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, München, Nürnberg, Stuttgart
- Die Entfernungen sind auf jeweils volle 10 km gerundet in der abgebildeten Matrix gegeben.
- Die Entfernung ergibt sich durch Multiplikation mit 10.

	Aa	Ba	Be	Dü	Fr	Ha	Mü	Nü	St
Aa	0	57	64	8	26	49	64	47	46
Ba	57	0	88	54	34	83	37	43	27
Be	64	88	0	57	56	29	60	44	63
Dü	8	54	57	0	23	43	63	44	41
Fr	26	34	56	23	0	50	40	22	20
Ha	49	83	29	43	50	0	80	63	70
Mü	64	37	60	63	40	80	0	17	22
Nü	47	43	44	44	22	63	17	0	19
St	46	27	63	41	20	70	22	19	0



Lösungsansätze mittels Approximation, Graphentheorie, heuristische Verfahren, Optimierung
=> optimale und suboptimale Verfahren (D. Jungnickel, 1987)
=> Probieren aller Kombinationen 8!/2 = 20160 mögliche

Zentrumsprobleme - optimale Standortsuche

- Entlang einer Linie (Polygon)
- In einer Fläche
- Im Raum

=> Anwendungen in der Infrastrukturplanung

- Standorte von Firmen, Schulen, Krankenhäusern
- Standorte von Flughäfen, Kläranlagen

Zentrumsprobleme

Standort eines Zeitungskioskes entlang einer Straße

- Gegeben: Straße in einem Wohngebiet mit den Anliegern A,B,C,D,E,F,G
- Gesucht: Standort des Kiosks, so daß Entfernung (min) zu allen Anliegern minimal wird

Lösungen/Zielfunktionen:

Mittelwert:

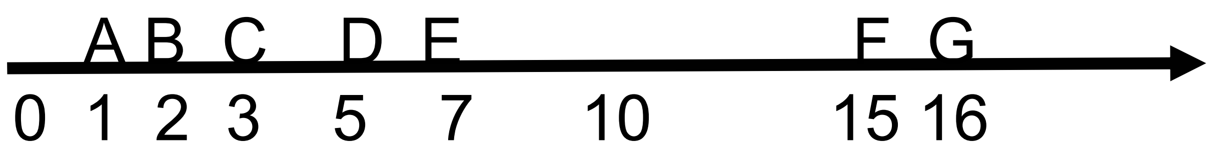
X = 1/7Σ pos(i) = 7

Minimum der quadratischen Entfernungen = 34

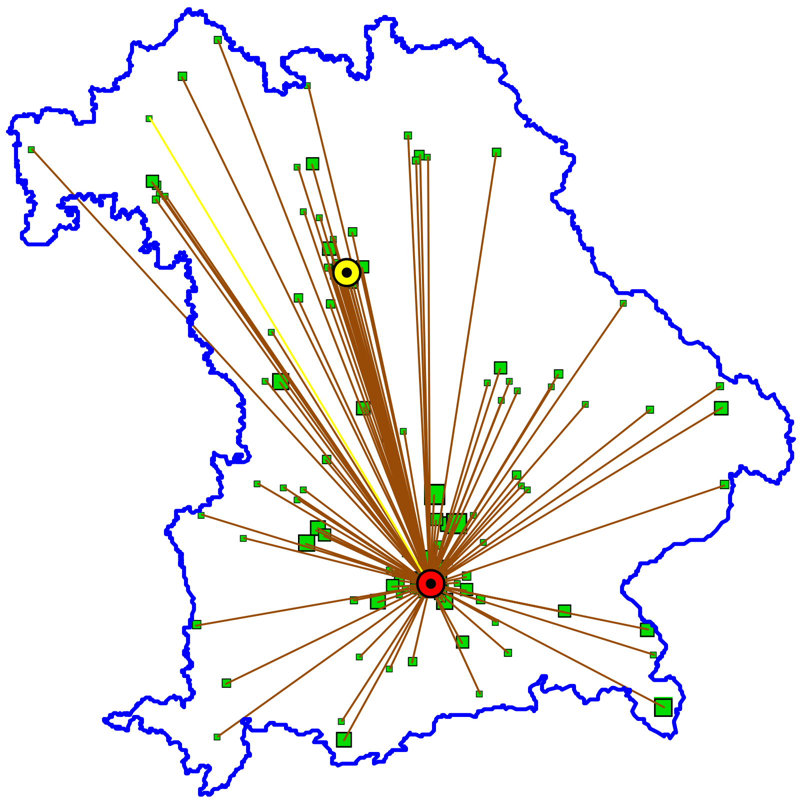
Median:

M = 50%-Quantil = 5

Minimum der Absolutbeträge = 32



Transportnetz Luftlinie mit Script Spiderdiagramm



Mengenmethoden

- Mengenlehre
- Boolesche Logik
- Fuzzy-Settheorie
- Relationale Algebra
- Sortieren und Suchen
- Mathematische Funktionen
- Aggregation
- Andere

Grundlagen der Mengenlehre

A und B seien Mengen. Dann heißt $A \cap B$ der Durchschnitt der beiden Mengen. Ihm gehören alle Elemente an, die sowohl in A als auch in B sind. Haben A und B keine gemeinsamen Elemente, so ergibt sich die leere Menge 0. Die Vereinigung $A \cup B$ besteht dagegen aus den Elementen, die wenigstens in einer der beiden Mengen sind. Die Komplementärmenge $\bar{A}$ von A enthält genau jene Elemente aus R, die nicht in A enthalten sind.

Kommutatives Gesetz :

$A \cup B = B \cup A$

$A \cap B = B \cap A$

Assoziatives Gesetz :

$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$

$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$

Absorptionsgesetz :

$A \cup (A \cap B) = A$

$A \cap (A \cup B) = A$

Distributives Gesetz :

$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$

Komplementgesetz :

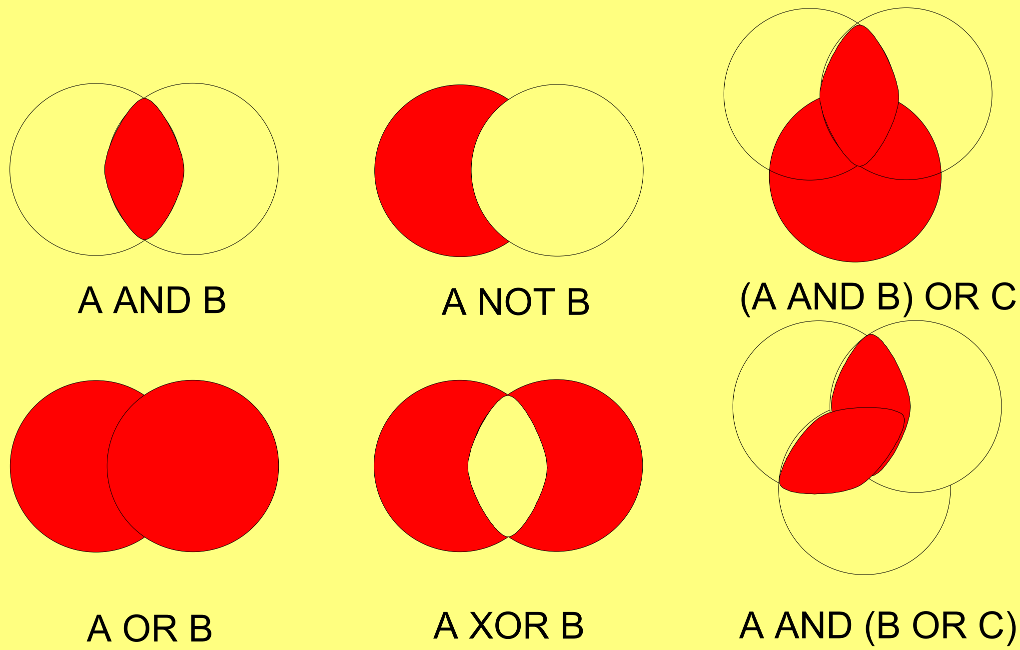
$A \cup 0 = A$

$A \cap \underline{S} = A$

$A \cup \bar{A} = S$

$A \cap \bar{A} = 0$

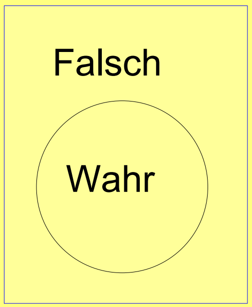
Boolesche Logik



Wahrheitstabelle für Boolesche Operatoren

A	B	NOT A	A AND B	A OR B	A XOR B
1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0

1 bedeutet "wahr"; 0 bedeutet "falsch".



- Zweiwertige Logik
- Venn-Diagramme
- Wahrheitsta-bellen
- Einbindung in gängige Programmierung

Beispiel: Mengenoperationen im Raster

Identifiziere das Gebiet, welches die folgenden drei Kritierien erfüllt:

- Geeignete Bodenbedingungen
- Wassertiefe kleiner 3 m
- mehr als 200 m entfernt von Mangroven

Mathematische Voraussetzungen hinsichtlich Metrik

- Rasterzellengröße ist 200 m
- Schachbrettdistanz bzw. N.8-Nachbarschaft

Bodenbedingungen (1=gut, 0=schlecht oder keine Daten)

0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

AND

Wassertiefe in m

0	1	2	3	4	4
0	1	2	3	4	4
0	1	2	2	3	3
0	1	1	2	2	2
0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

AND

Mangroven (1=Mangroven, 0=keine, 2= 200m-Zone)

1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0

=

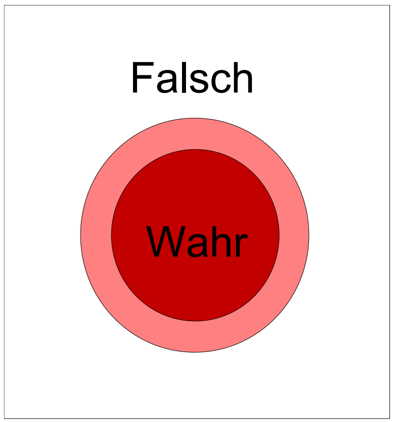
Resultat (1=true, 0=false)

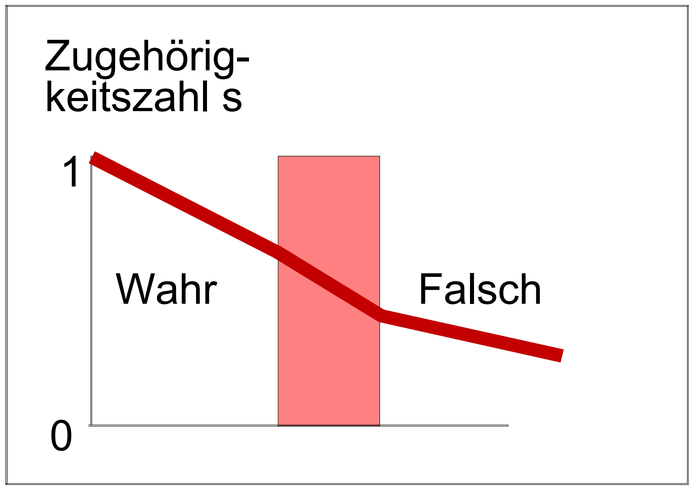
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Fuzzy-Logik

Grundlagen
Geometrische M.
Topologische M.
Mengenmethoden
Statistische M.
Modelle

- Mehrwertige Logik (Fuzzy-Sets)



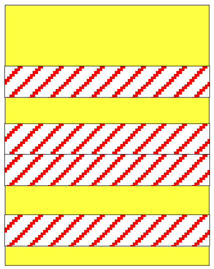


If (A mit s=x) AND (B mit s=y) THEN (C mit s=z)

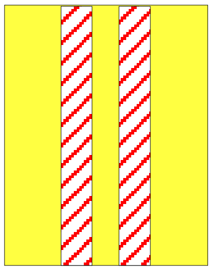
Schließen Start Zurück

Relationale Operatoren

Selektion



Projektion



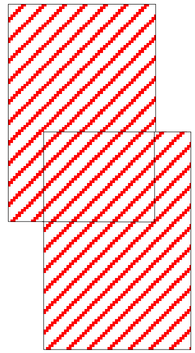
Produkt

a
b
c

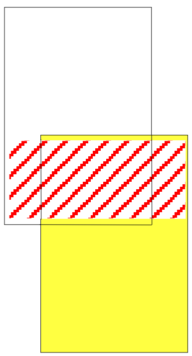
x
y

a	x
a	y
b	x
b	y
c	x
c	y

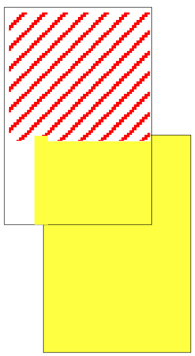
Vereinigung



Schnitt



Differenz



(Natürliches) Join

a1	b1
a2	b1
a3	b2

a1	c1
a2	c2
a3	c3

a1	b1	c1
a2	b1	c1
a3	b2	c2

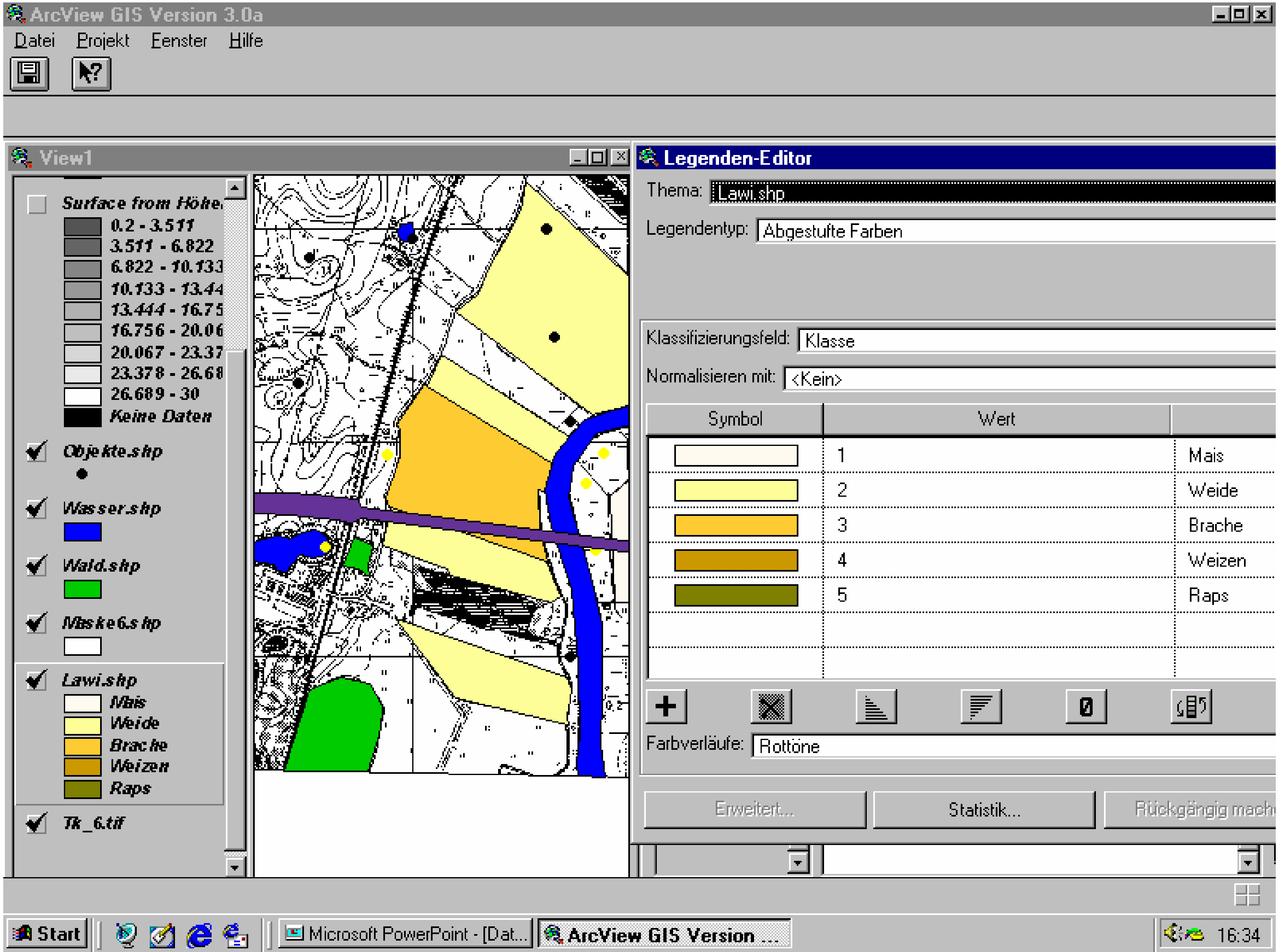
Dividieren

a	x
a	y
a	z
b	x
c	y

x
z

a

Reklassifizierung landwirtschaftlicher Flächen mittels Projektion der Spalte Klasse, Uniqueness und Einfärben des Ergebnisses

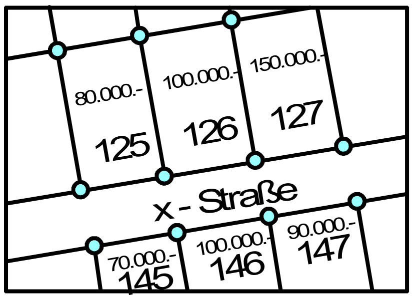


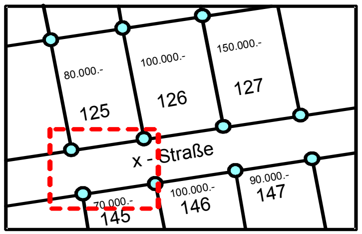
Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Selektive Anfragen im GIS-Datenbestand

DATENBESTAND

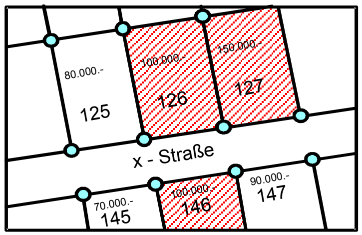




ANFRAGEBEISPIELE

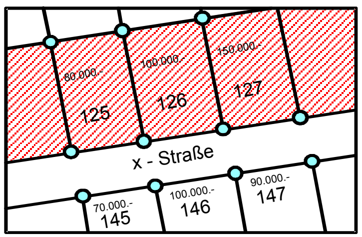
GEOMETRISCH

- alle Grenzsteine im ☐



BESCHREIBEND

- alle Parzellen mit Wert über 100.000.-



TOPOLOGISCH

- alle Parzellen an x-Straße links grenzend

KOMBINIERT

alle Parzellen an x-Straße links grenzend mit Wert über 100.000.- und innerhalb ☐

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Suchen in großen Datenbeständen

- Gängige Suchverfahren
  - z.B. nach Name=Bill in 10.000 Datensätzen
    - lineare Suche (O(n) im Schnitt 5.000 Vergleiche, worst case 10.000)
    - logarithmische Suche nach Aufbau von sortierten Listen (O(log(n)=14 Vergleiche)
- Baumsuchmethoden
  - Werden eingesetzt zur Lösungssuche bei Problemen, deren Suchraum in Baumform repräsentiert werden kann
  - starten an der Wurzel und laufen entlang der Kanten, bis ein Knoten gefunden ist, der eine Lösung darstellt
  - unterscheiden sich in der Ordnung, in der die Knoten des Baumes besucht werden

Baumsuchmethoden

- Blinde Methoden

  (ohne Vorinformation, wo nach Lösung zu suchen ist)
  - depth-first-search
  - breadth-first-search

- Informierte Methoden

  (Funktion, mittels der die Knoten bewertet werden)
  - Hill-climbing
  - Best-first
  - A*-search

- Algorithmen für ODER-Graphen

  - A0*-search

- Algorithmen für UND-/ODER-Graphen

Baumsuchansatz zum Handlungsreisendenproblem

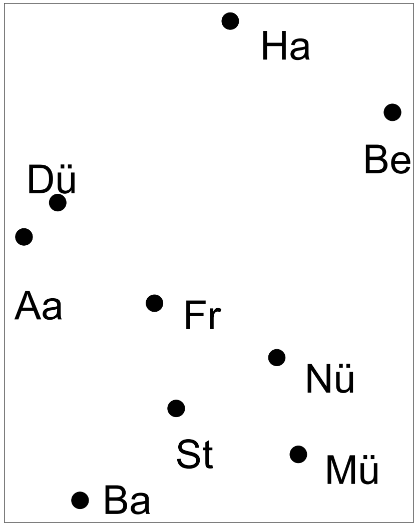
- Untersuchung eines Baumes aller möglichen Wege und Ausgabe des kürzesten Weges
  - Problemdimension n-Städte => (N-1)! verschiedene Wege
    - Zeitkomplexität O(N!), z.B. N=10 => 3.628.800 Wege, kombinatorische Explosion
  - Heuristische Suche: (Heuristik ist eine Technik, die die Effizienz eines Suchvorganges verbessert, wobei möglicherweise die Forderung nach Vollständigkeit geopfert wird.)
  - Divide and Conquer (Teile und Erobere): (Zerlege das Problem in kleinere Teilprobleme, löse diese und setze wieder zusammen, vorausgesetzt, es handelt sich um ein zerlegbares Problem).
  - Methode nahester Nachbar: in jedem Schritt die örtlich beste Alternative auswählen (Tiefensuche, best-first)
    - Wähle eine beliebige Anfangsstadt
    - Betrachte alle noch nicht besuchten Städte und besuche davon die nächstgelegene (z.B. Thiessen-Polygone)
    - Wiederhole diesen Schritt, bis alle Städte besucht sind.
  - Zeitkomplexität: o(n*n) 0> 100 mögliche Vergleiche

Rundreiseproblem

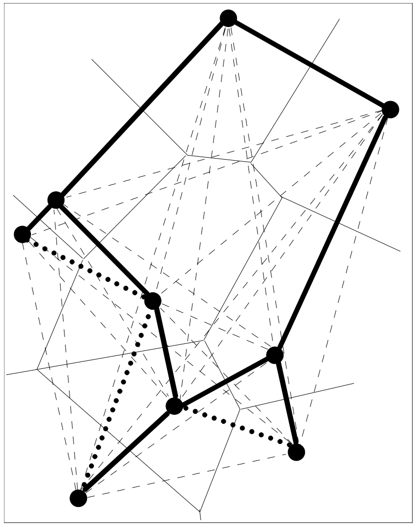
Analyse

Heuristischer Ansatz mittels Baumsuchmethode und Thiessen-Diagrammen

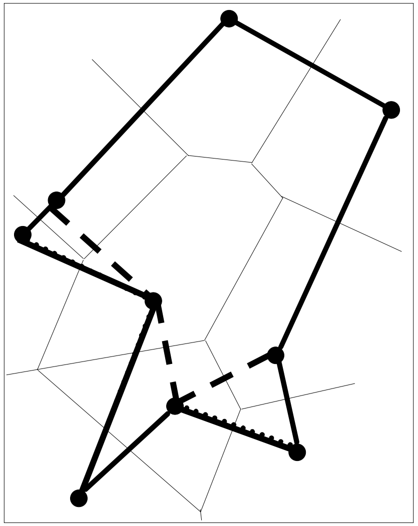
Ausgangslage



Thiessen-Diagramme
Voronoi-Diagramme



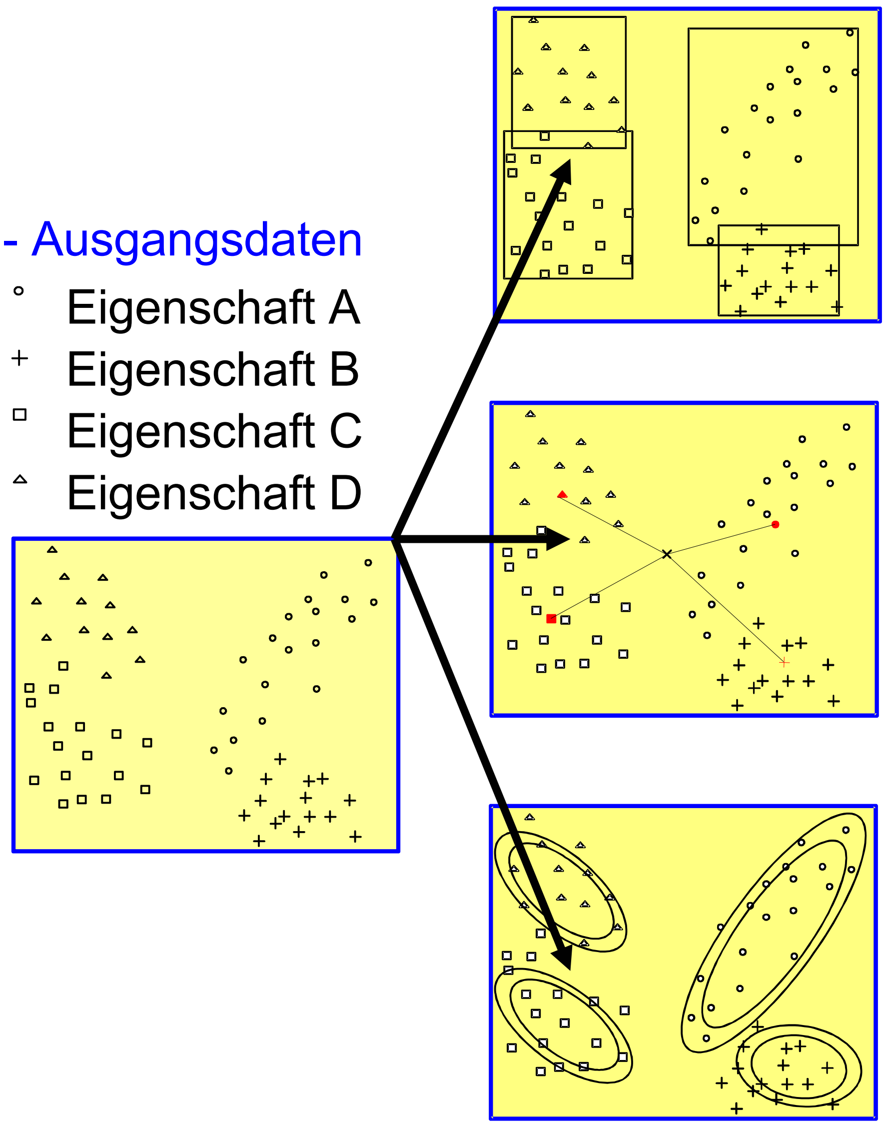
Wegealternativen



Sortieren großer Datenbestände

- Sortiervorgänge sind mit die häufigsten Vorgänge in IT-Anwendungen
  - nach Namen
  - nach Größen
  - nach Häufigkeiten
- Sortierverfahren wie quicksort, heapsort, shellsort
  - Ordnung O(n^2) bis O(n)
- Sortieren durch Divide/Sort and Merge

Klassifizierung (Räumliche Clusterbildung)



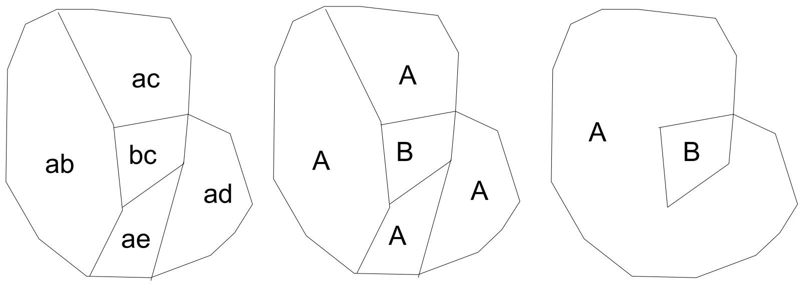
- Extremwertklassifizierung
- Parallelepipedklass.
- Minimum-Box-Klassifizierung

- Distanzklassifizierung (Euklidische Distanz)
- Kürzeste Abstand-klassifizierung

- Maximimum-Likelihood-Klassifikation (Linien gleicher Wahrscheinlichkeit)

Reklassifizierung

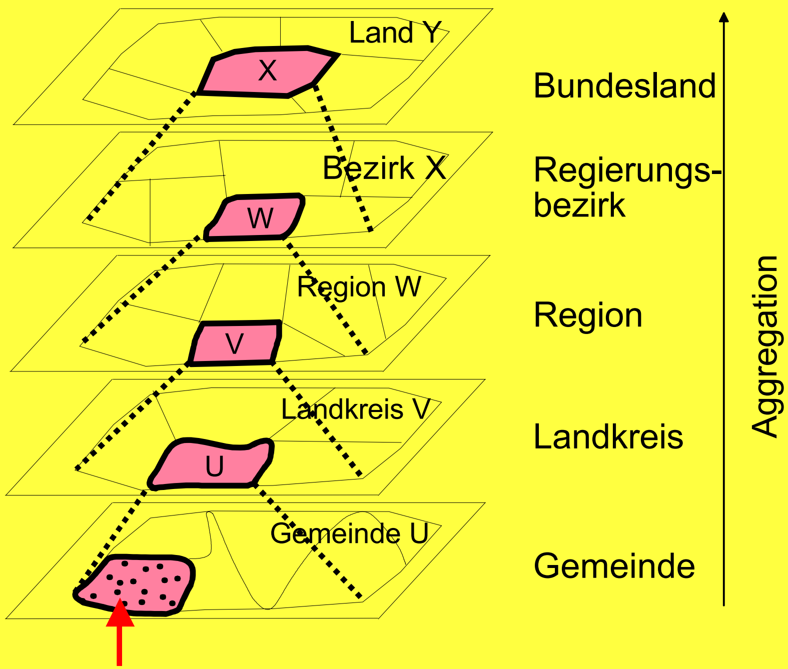
Umklassifizierung :



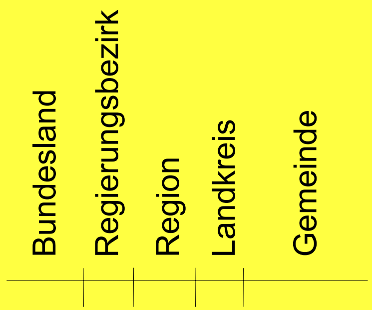
1 2 3

Legende : a,c,d,e - Laubwaldarten
b - Nadelwaldart

Aggregation



Gemeindekennziffern in der BRD (8-stellig)



0 8 1 1 8 0 0 1

= Affalterbach

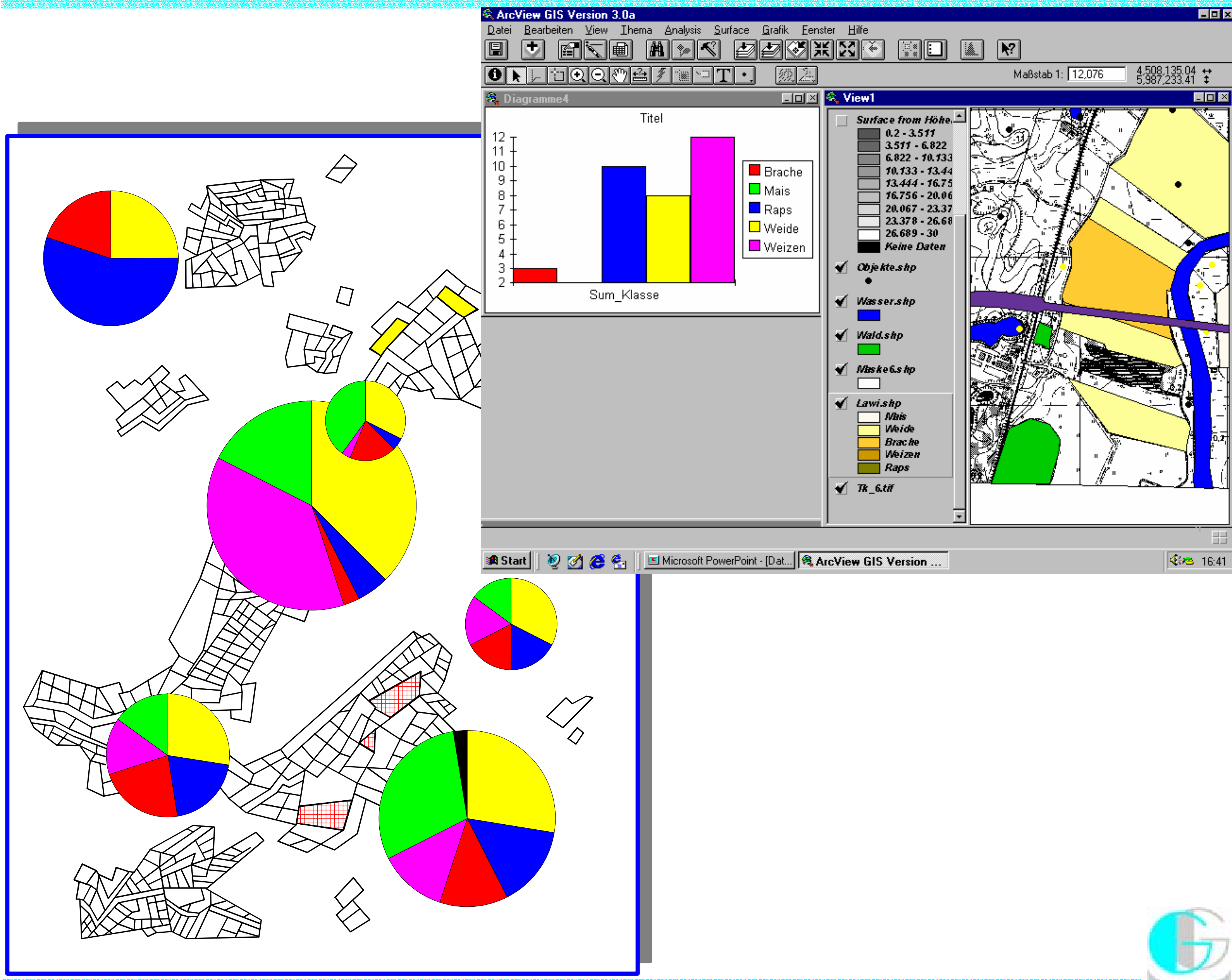
Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Statistische Methoden

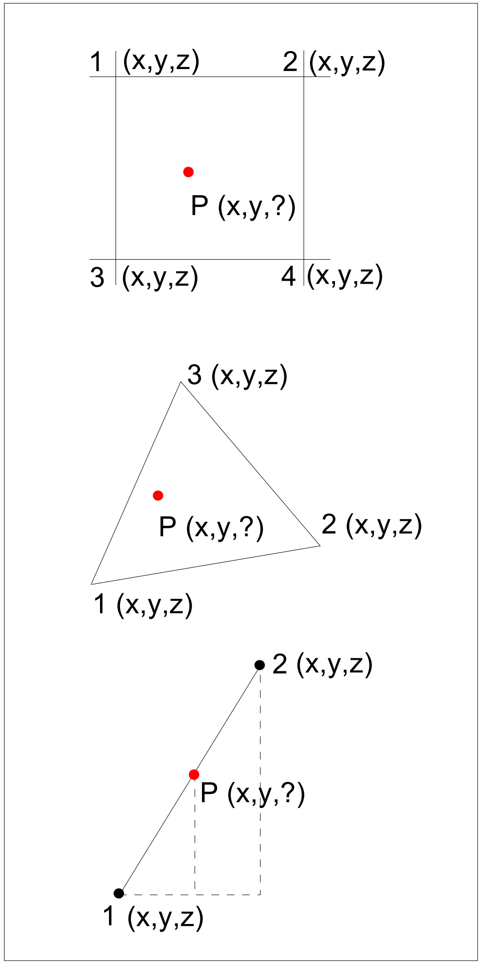
- Beschreibende Statistik
- Analytische Statistik
- Univariate -, bivariate und multivariate Statistik
- Geo-Statistik
- Bedingungen (Ausgleichungsrechnung)
- Interpolationen
- Klassifikation
- Andere

Zähl- und beschreibende Statistik/Diagramme



Interpolation

- im Raster
- im Dreieck
- in Linie



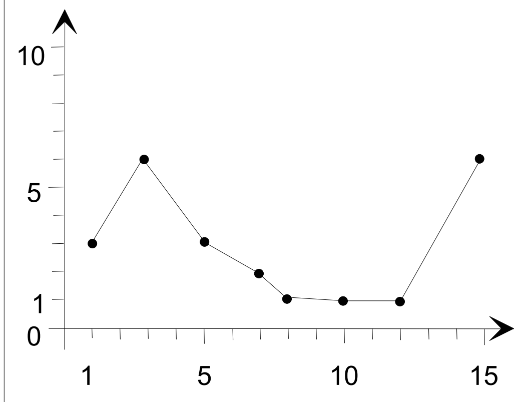
Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

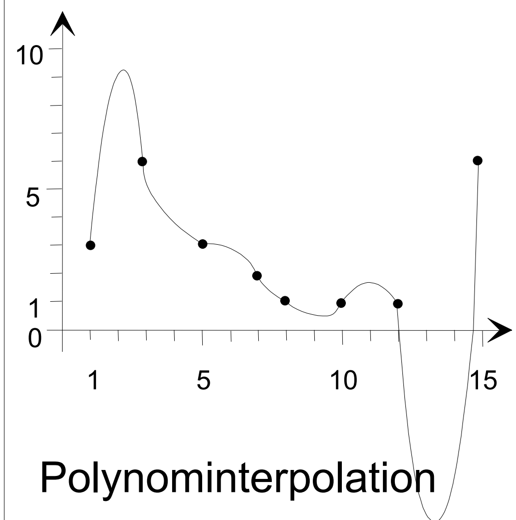
Interpolationsansätze in der Ebene

Beispiel

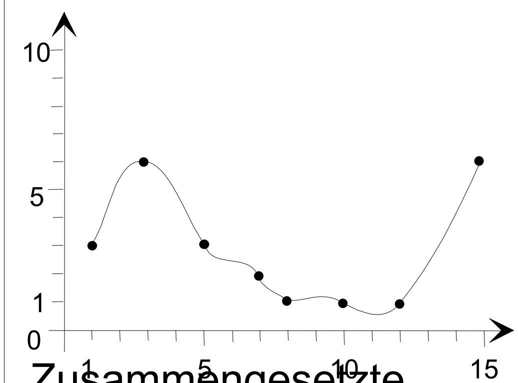
T_i	S_i
1	3
3	6
5	3
7	2
8	1
10	1
12	1
15	6



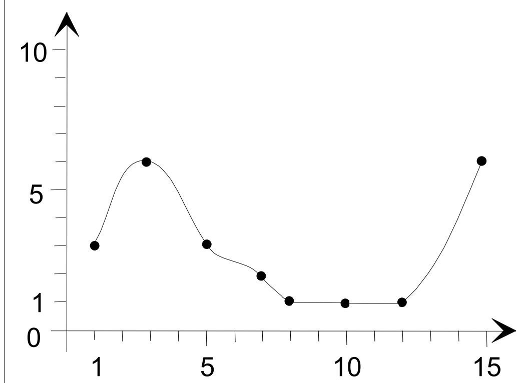
Lineare Verbindung



Polynominterpolation



Zusammengesetzte kubische Polynome



Akima-Interpolation

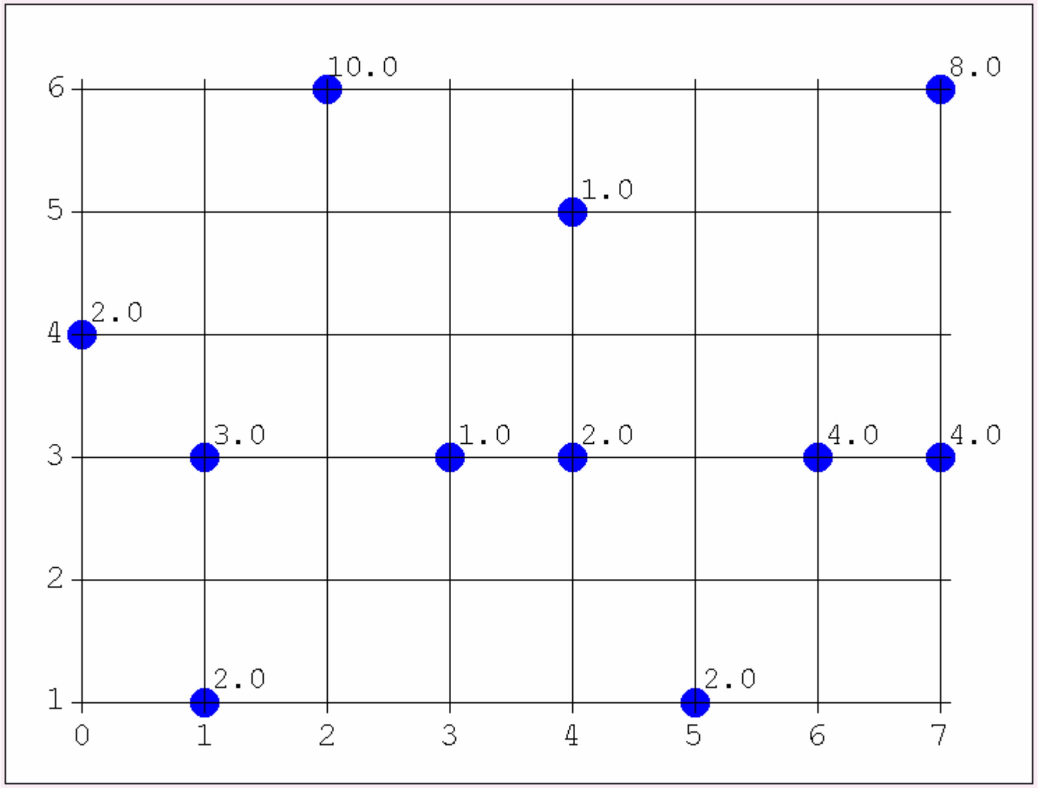
Interpolation/Approximation von Oberflächen

- TIN-Interpolation
- Interpolation mittels Flächensummation
- Interpolation mittels Kleinster Quadrate-Methoden
- Stückweise lineare Polynome
- Polynominterpolation
- Kriging

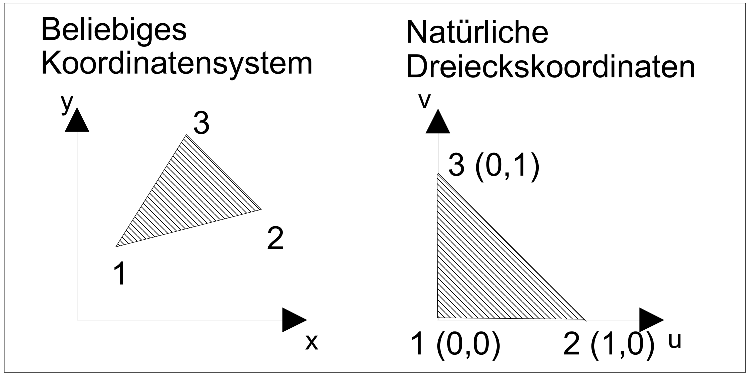
Nächster Nachbar	Flächen-Summation
Minimale Krümmung	Spline
Inverse Distance	Kriging
Polynomregression	TIN-Interpolation

Interpolation – ein Beispiel

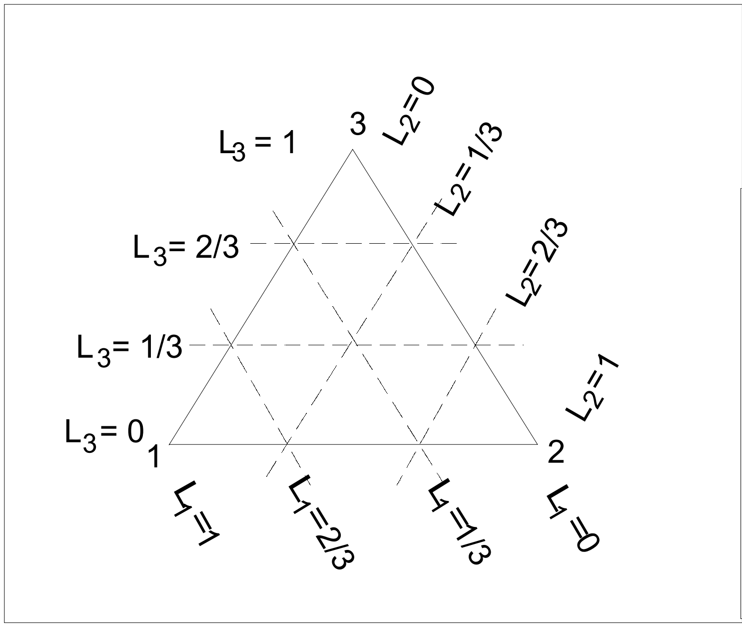
X	Y	Z
7	6	8
5	1	2
1	1	2
4	3	2
0	4	2
4	5	1
7	3	4
2	6	10
6	3	4
3	3	1
1	3	3



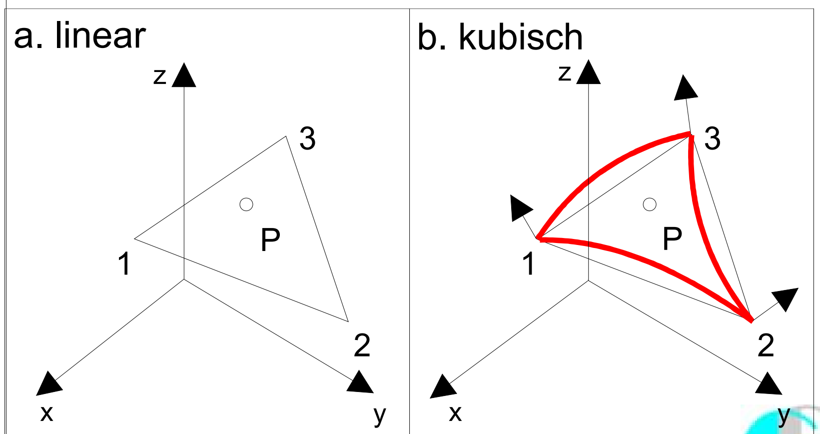
Dreiecksinterpolation



- Natürliches Koordinatensystem

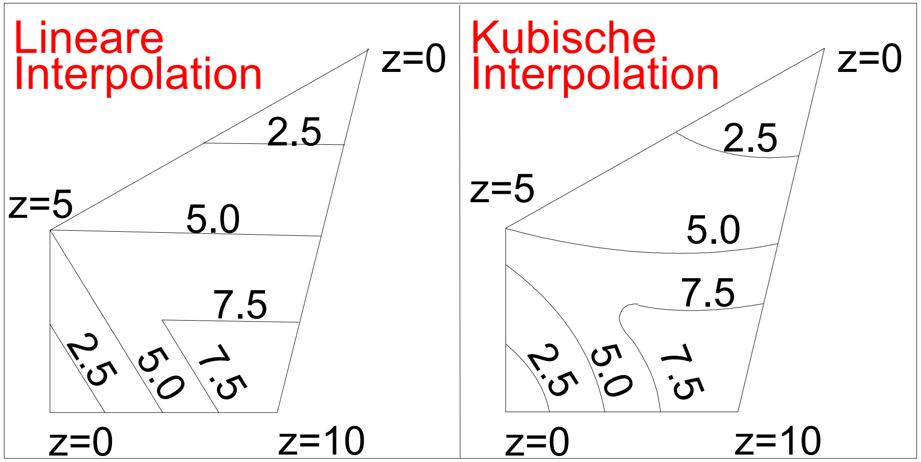


- Interpolationsansatz

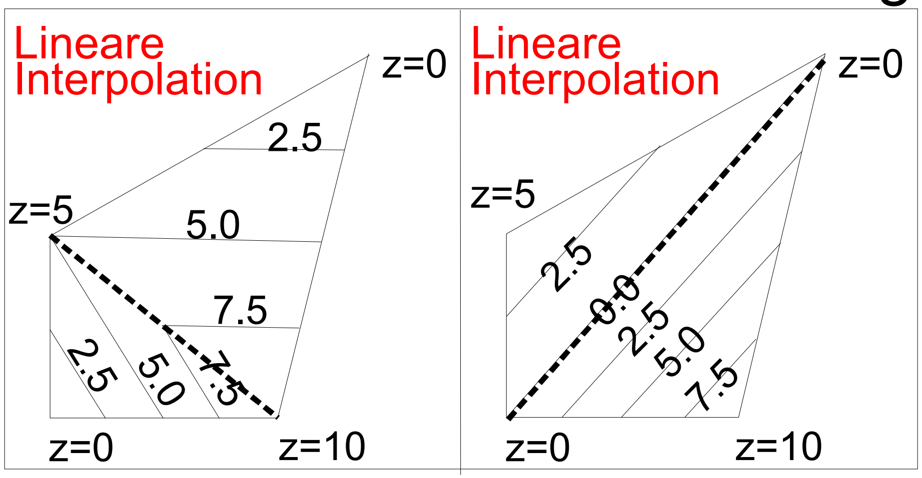


Dreiecksinterpolation

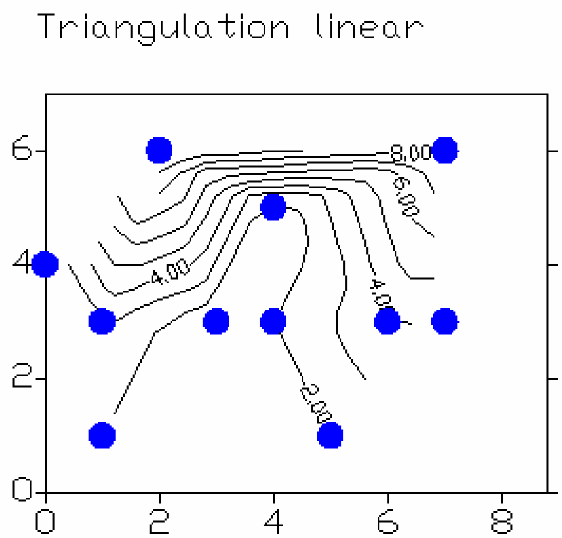
- Interpolationsansatz

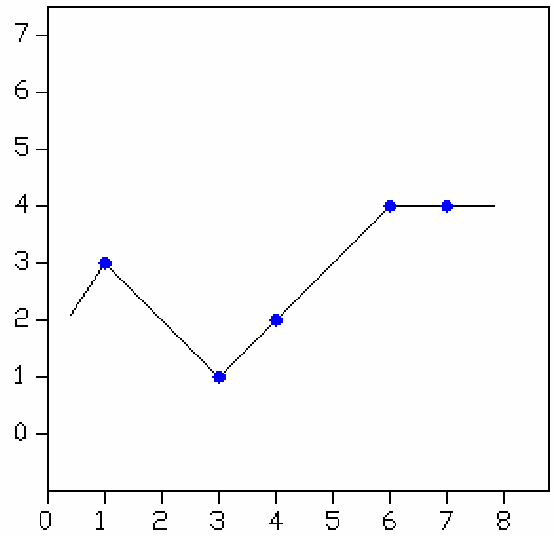


- Problem: Dreiecksvermaschung



Dreiecksinterpolation-linear





Interpolation/Approximation im Raster

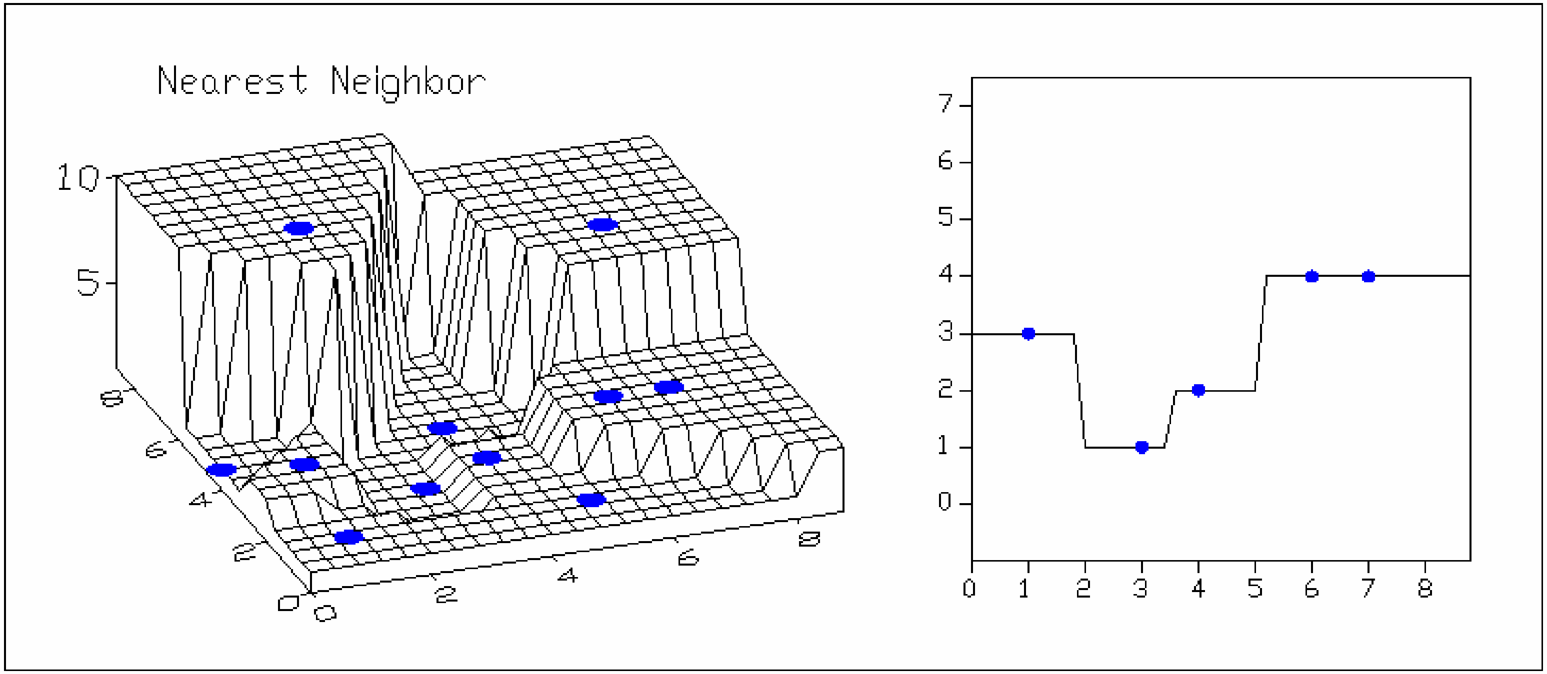
- Interpolation mittels Flächensummation
- Interpolation mittels Kleinster Quadrate-Methoden
- Stückweise lineare Polynome
- Polynominterpolation
- Kriging

Nächster Nachbar	Flächen-Summation
Minimale Krümmung	Spline
Inverse Distance	Kriging
Polynomregression	Andere Verfahren

Interpolation-Nächster Nachbar

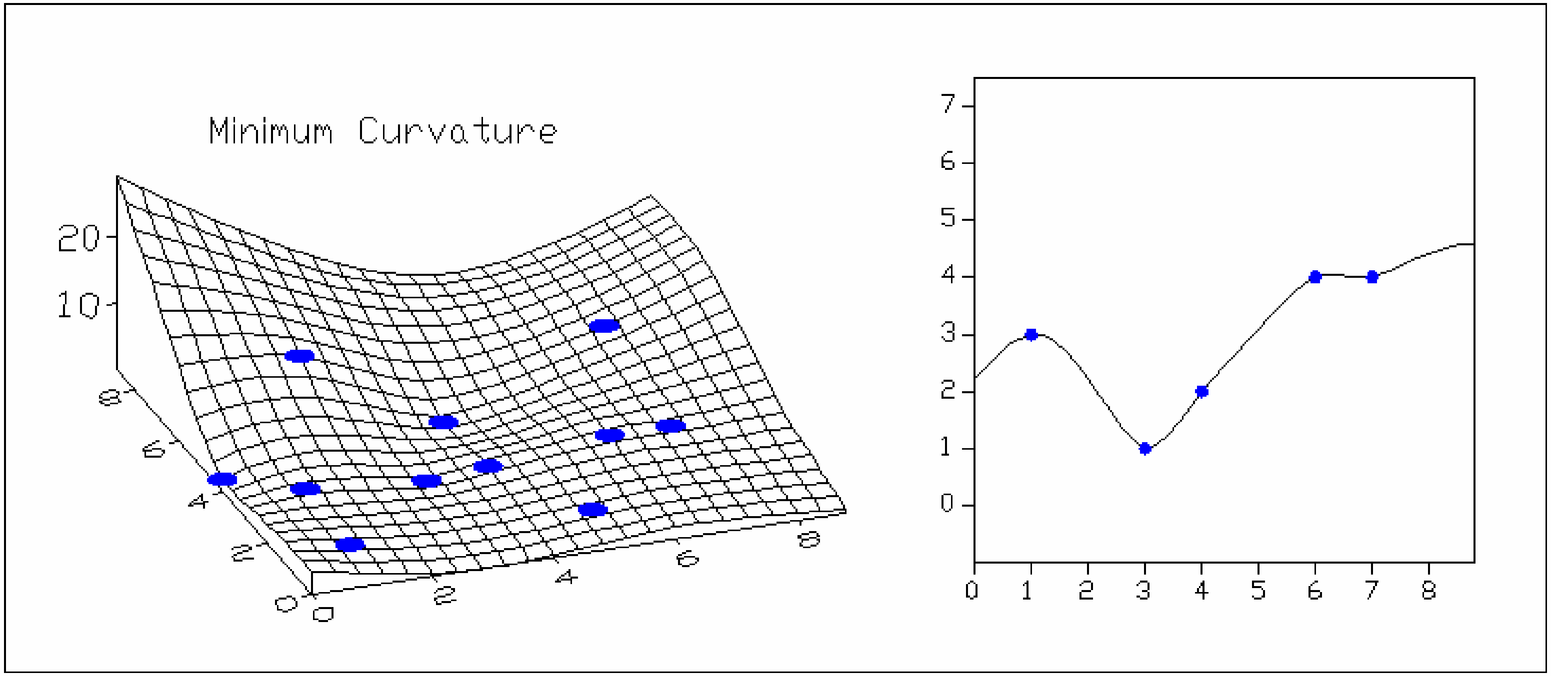
Analyse

- Übernahme der z-Komponente vom nächstliegenden Nachbar
- Setzt genügend dichte Punktverteilung voraus

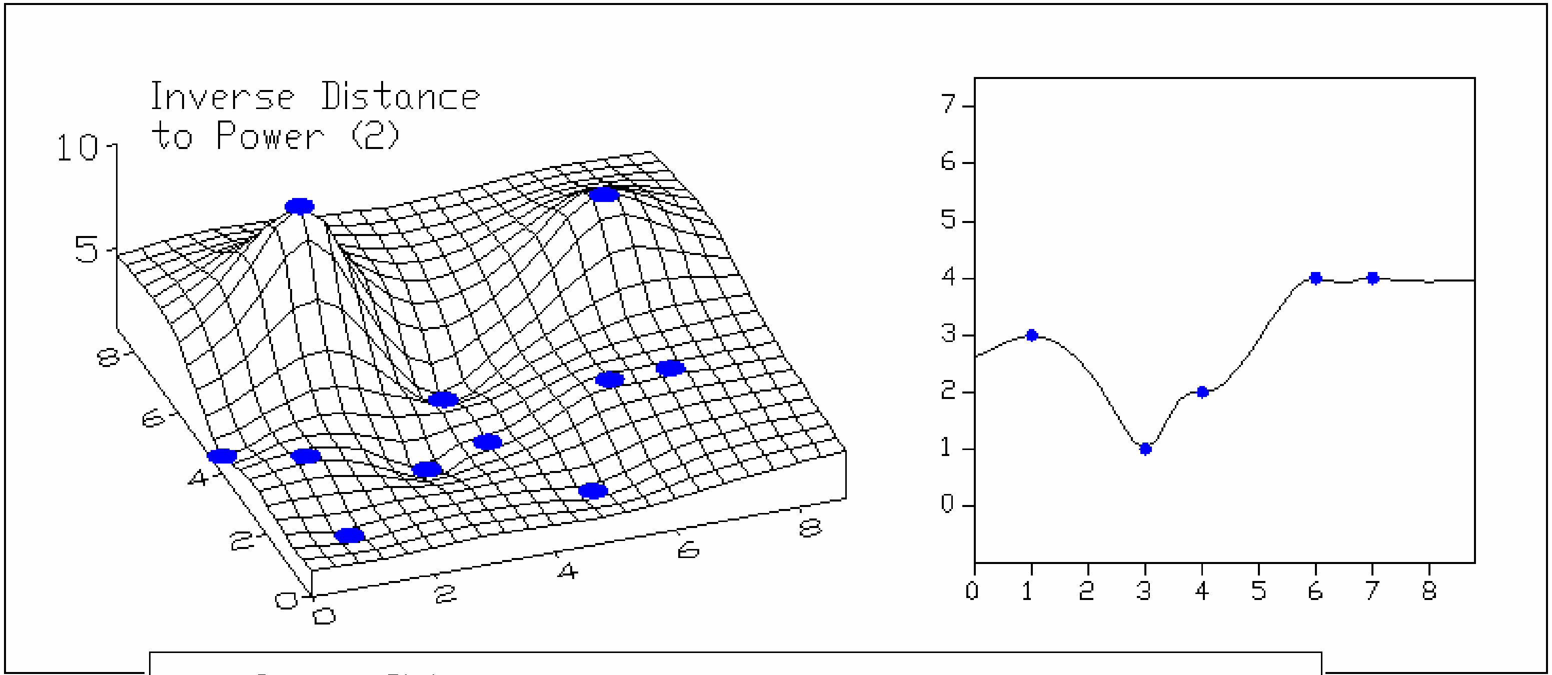


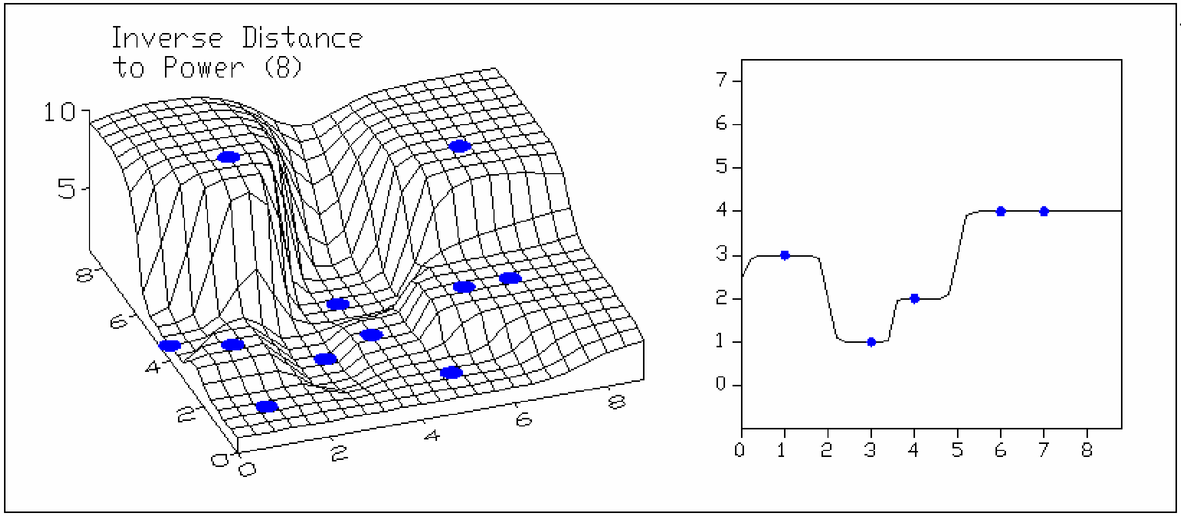
Interpolation-Minimale Krümmung

- Anwendung besonders in Geowissenschaften
- Dünne deformierbare Platte durch alle Punkte
- Glatte Oberfläche
- Iterative Lösung eines Gleichungssystems



Inverse distance weighting-Interpolation





Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

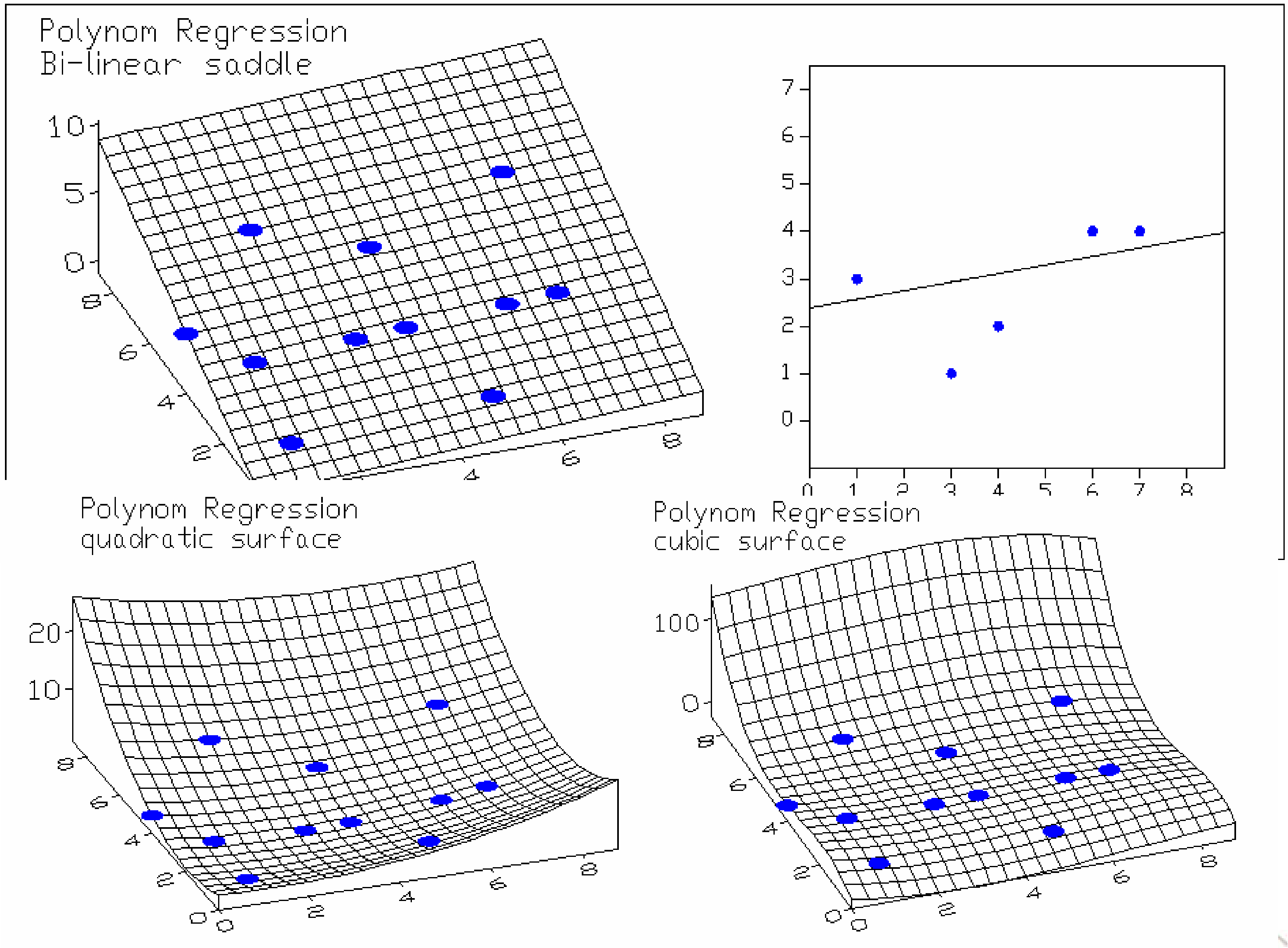
Topologische M.

Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

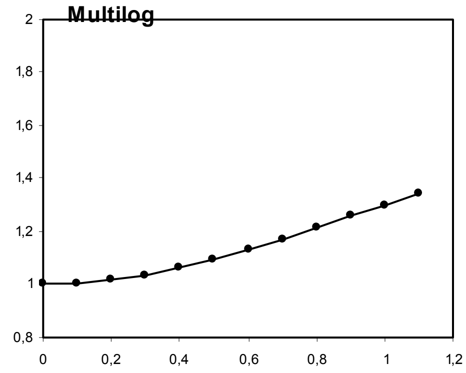
Approximation-Polynomiale Regression

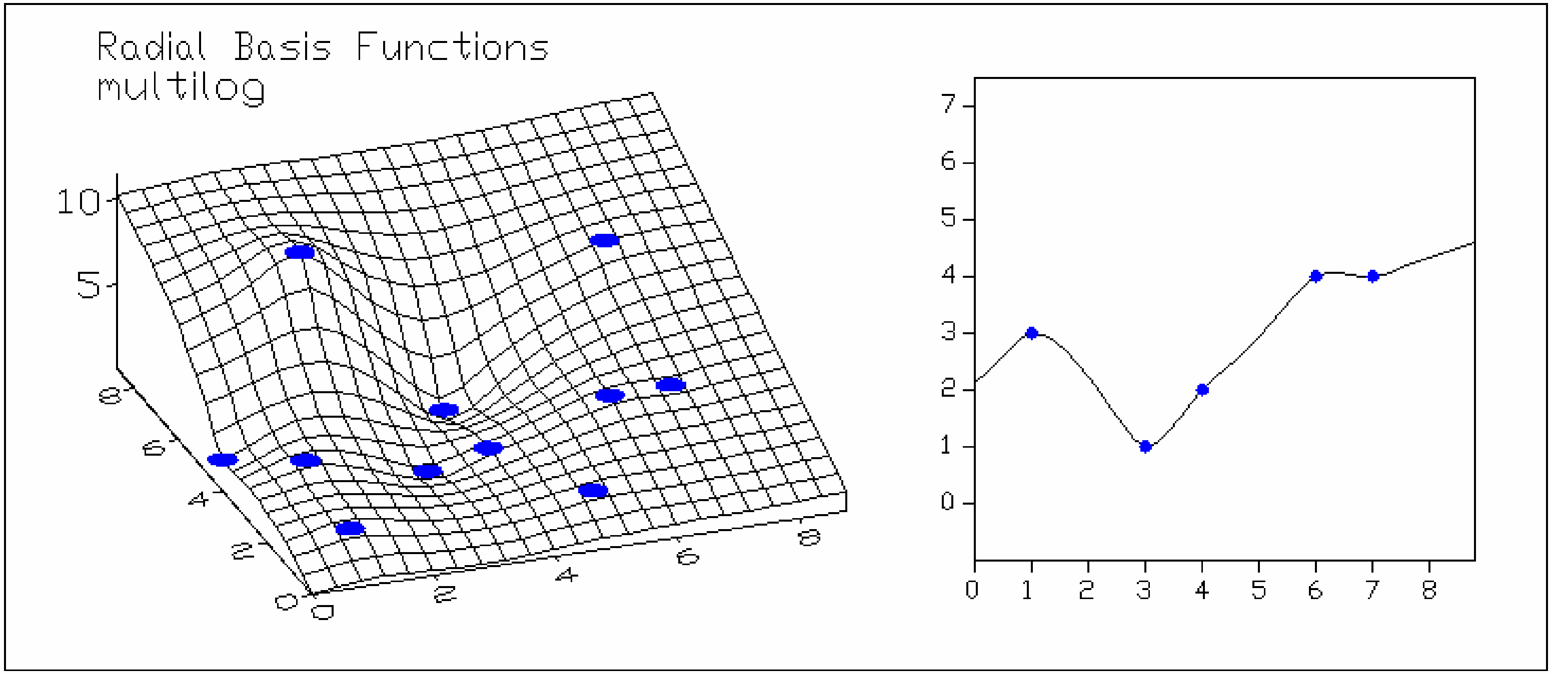


Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Flächensummation: Multilogarithmic Kernel





Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

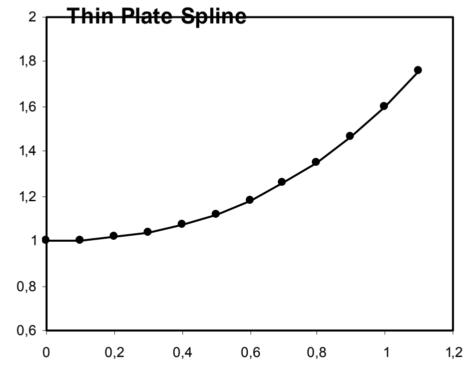
Topologische M.

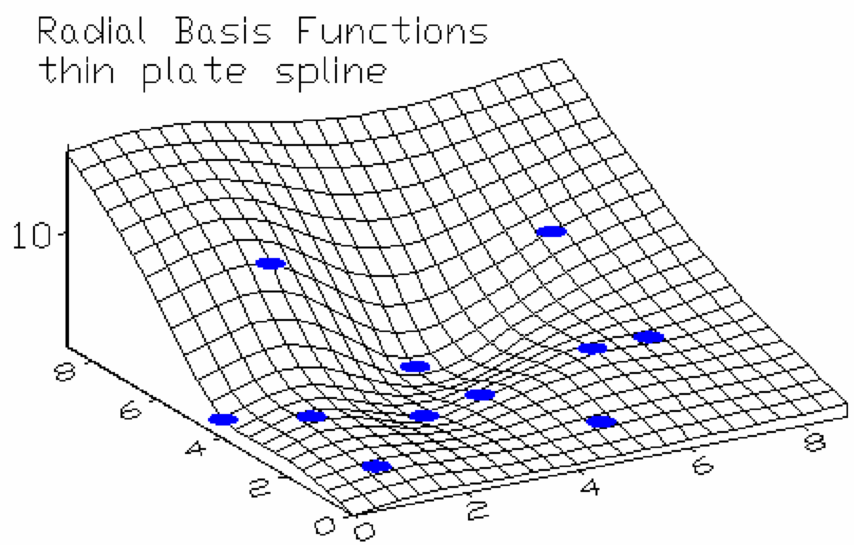
Mengenmethoden

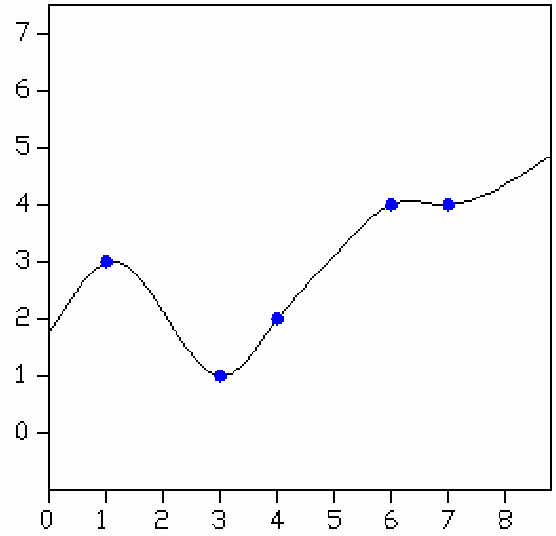
Statistische M.

Modelle

Flächensummation: Thin plate spline als Kernel



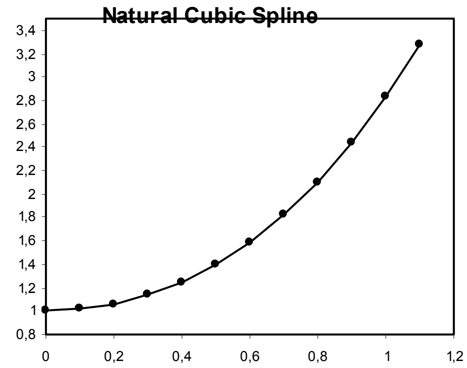


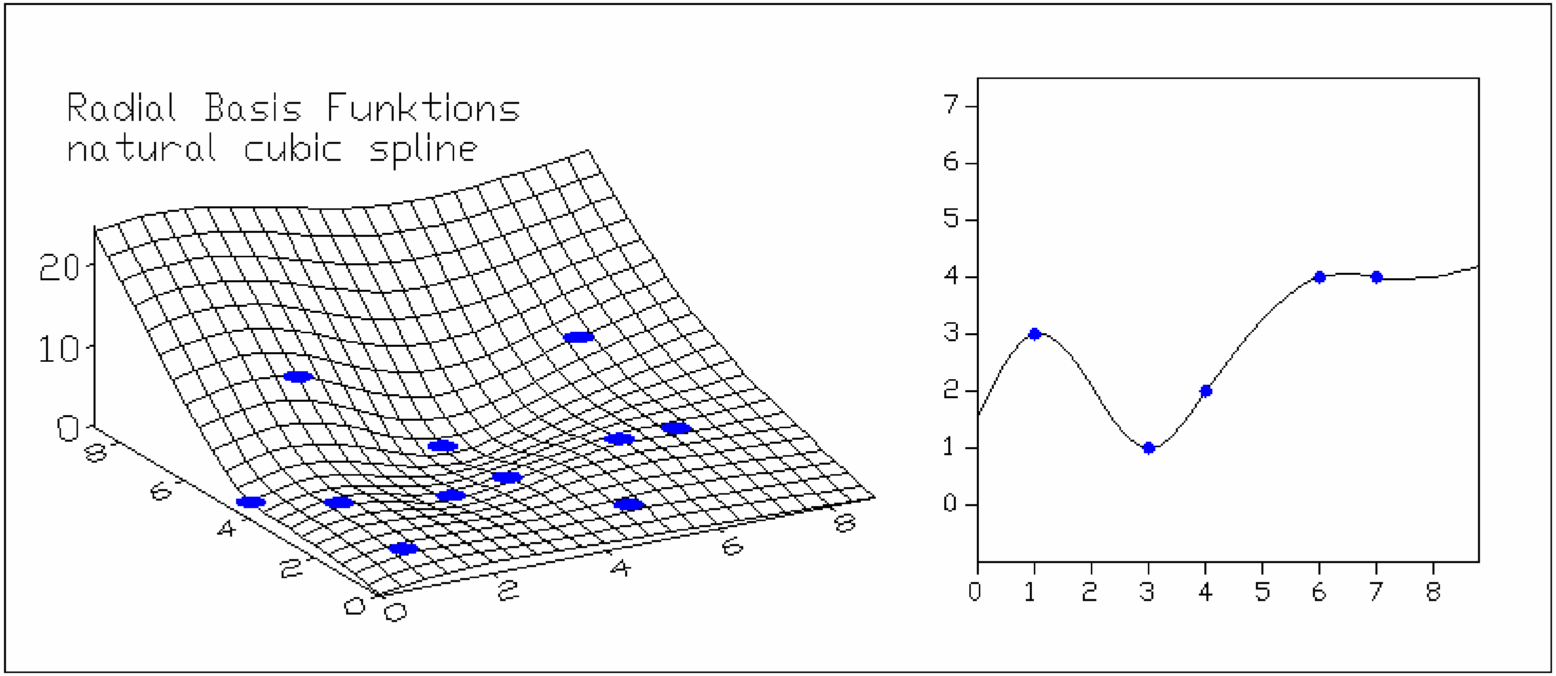


Flächensummation: Cubic splines als Kernel

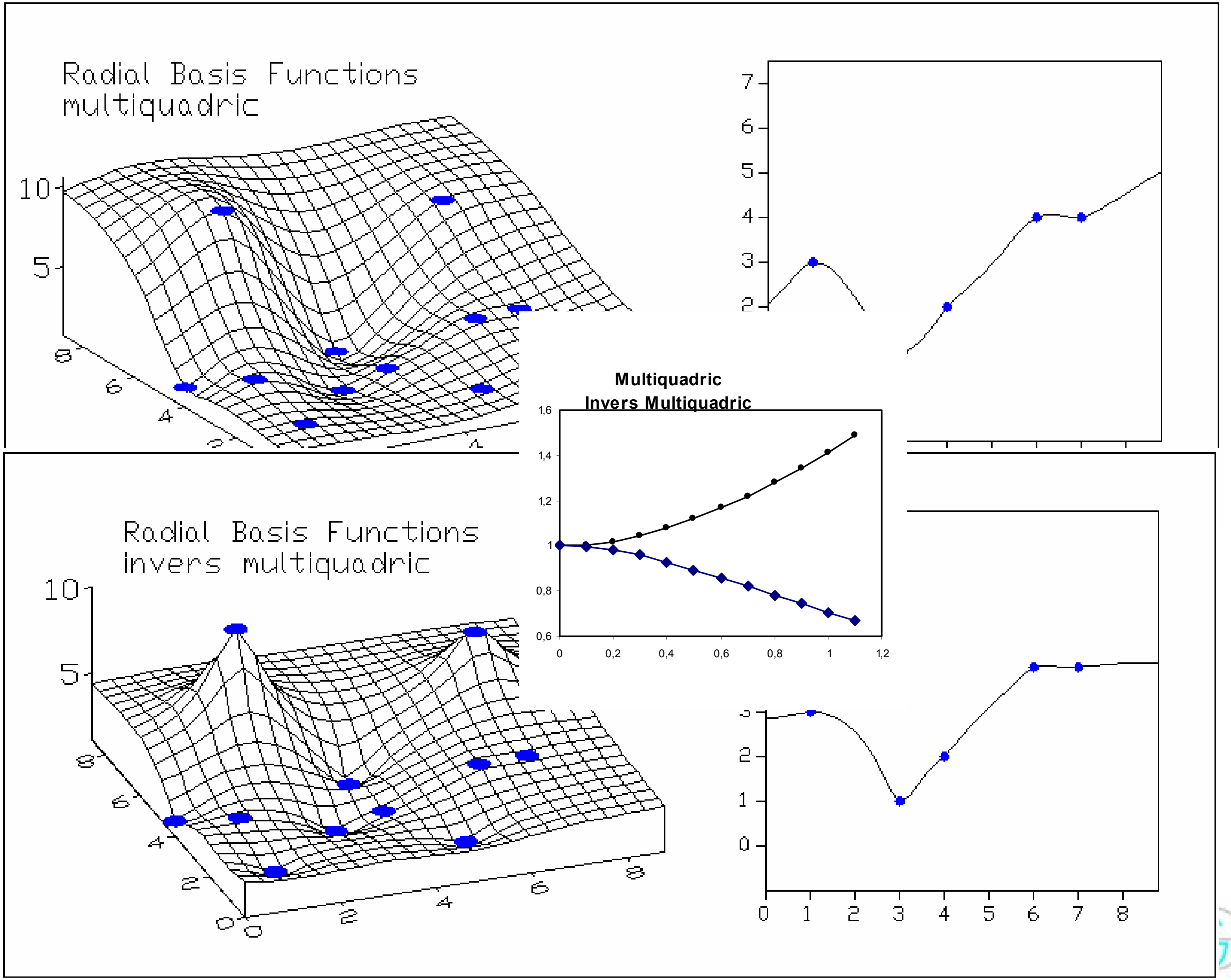
Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle



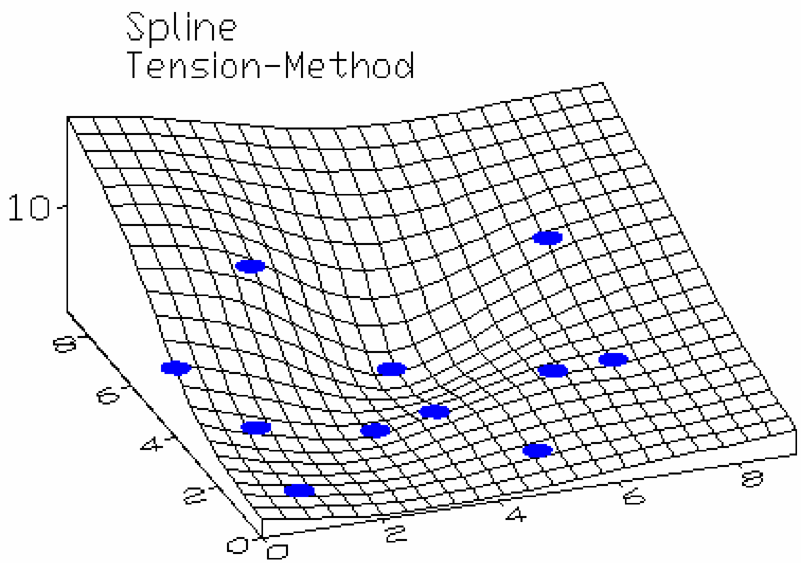


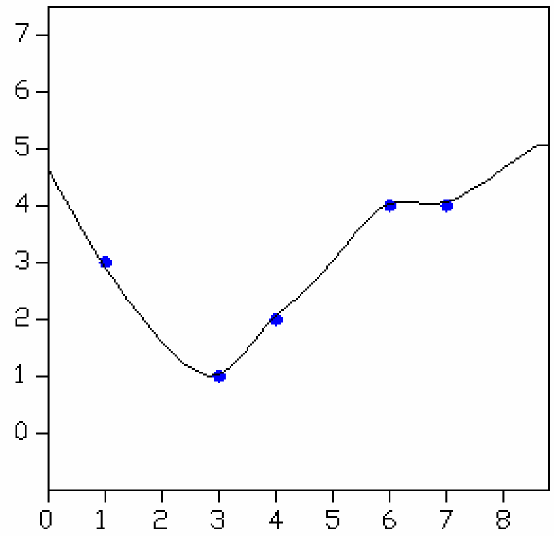
Flächensummation: Multiquadratic Kernel



Analyse

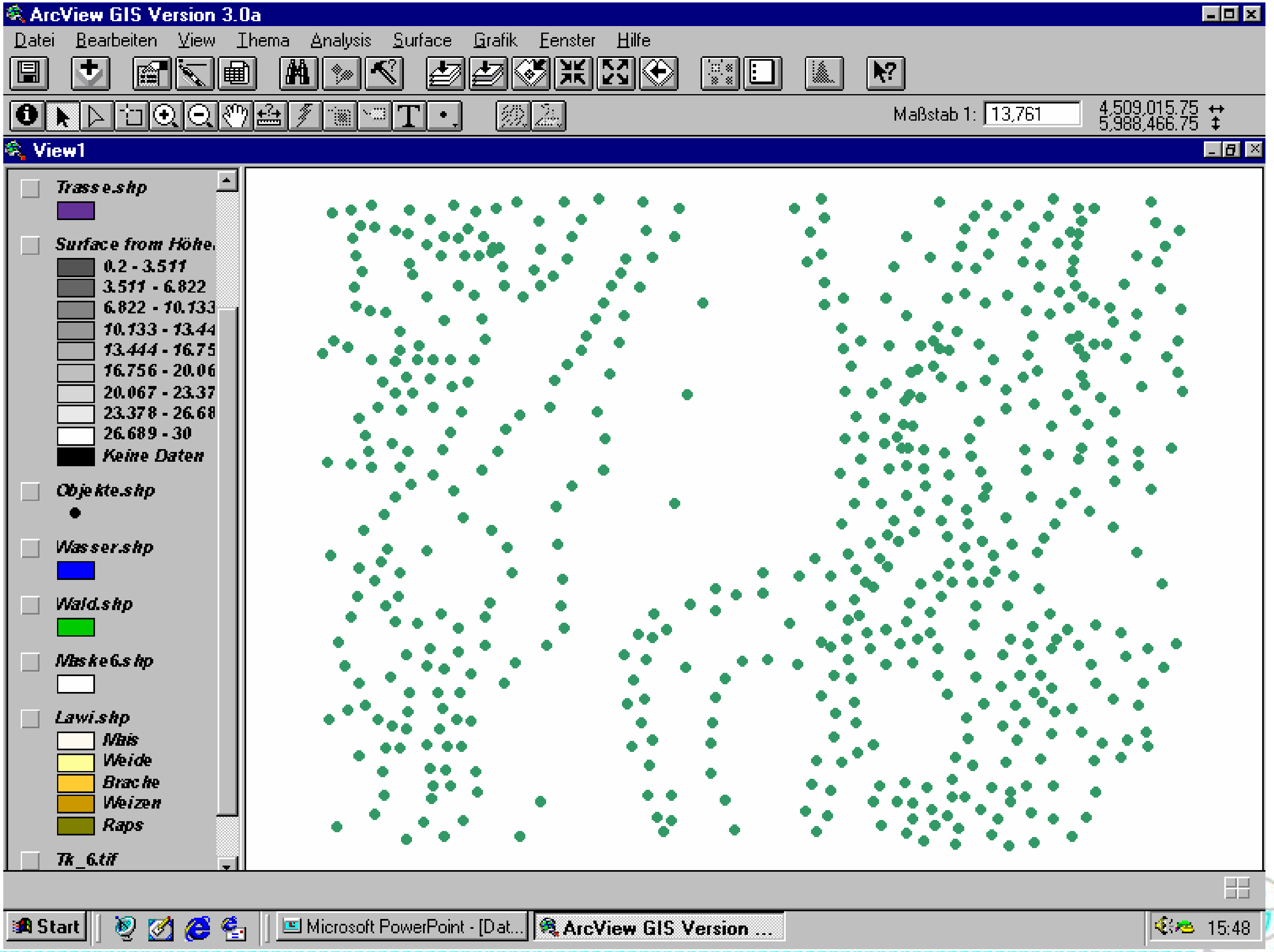
Splines - Kubische Polynome



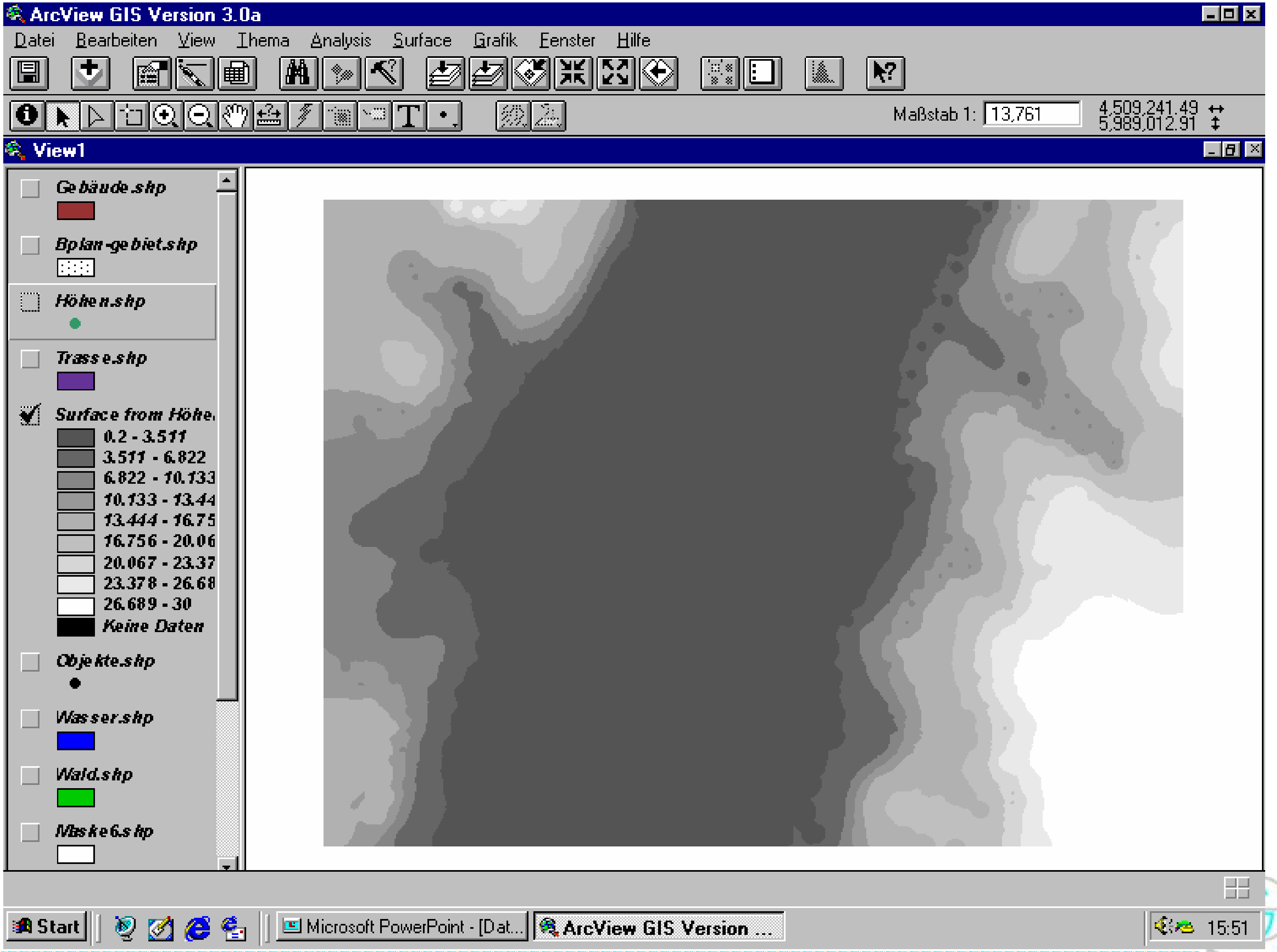


Beispiel zu statistischen Methoden in DGM

Punkte aus Höhenliniendigitalisierungen



Digitales Geländemodell => Isolinieninterpolation IDW



Analyse

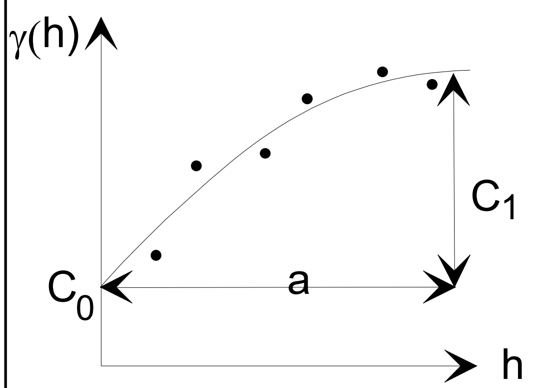
- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Geostatistik: Variogramm I

Annahme: Die räumliche Variabilität jeder Zufallsvariable Z läßt sich durch die Summe von 3 Komponenten erklären.

$$Z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon''(x)$$

mit: m(x) = Trendfläche, $\varepsilon'(x)$ = zufällige Komponente, $\varepsilon''(x)$ = zufälliges Rauschen



a = Reichweite
c0= Grundvarianz (Rauschen)
c1=Maximalwert

Variogramm bestimmt Einfluß des einzelnen Punktes auf die Zufallsvariable

$$\gamma(h)=1/2n\Sigma(z(xi)-z(xi+h))^2$$

Analogien: Korrelationsfunktionen

Grundlagen
Geometrische M.
Topologische M.
Mengenmethoden
Statistische M.
Modelle

Schließen Start Zurück

Geostatistik: Variogramm II

- Typische Schätzfunktionen für das Variogramm

Lineare Regression: $\gamma(h) = co + b\,h$

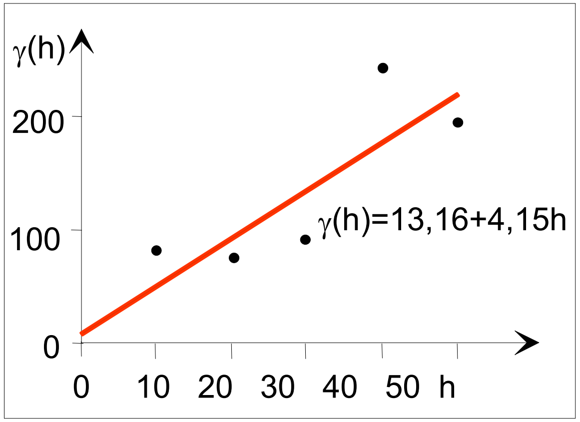
Sphärisches Modell:

$$\gamma(h) = c0 + c1\{3h/2a - 0.5\,(h/a)^3)\ \text{für}\ 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = c0 + c1\ \text{für}\ h >= a$$

Gaußsches Modell: $\gamma(h) = c0 + c1\,(1 - \exp(-h/a)^2)$

Beispiel:
Variogrammschätzung mittels linearem Modell



Geostatistik: Kriging I

- Kriging beschreibt einen exakten Interpolator, in den die einzelnen Stützpunkte mit einem Gewicht abgeleitet aus dem Variogramm über den Abstand eingehen.
- Beispiel: Gegeben seien 5 Punkte in der Ebene mit den Meßwerten (3,4,2,4,6) und den Abständen untereinander und zum zu interpolierenden Punkt 0.

	1	2	3	4	5	0
1	0.0	5.0	9.8	5.0	3.2	4.3
2	5.0	0.0	6.3	3.6	4.4	2.9
3	9.8	6.3	0.0	5.0	7.2	5.5
4	5.0	3.6	5.0	0.0	2.3	1.0
5	3.2	4.4	7.2	2.3	0.0	2.0

- Als Variogrammfunktion sei ein sphärisches Modell mit c0=2.5, c1=7.5 und a=10.0 vorab bestimmt.

Geostatistik: Kriging II

- Zu lösendes Gleichungssystem: $\mathbf{A}^{-1}\,\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \lambda \\ h \end{bmatrix}$

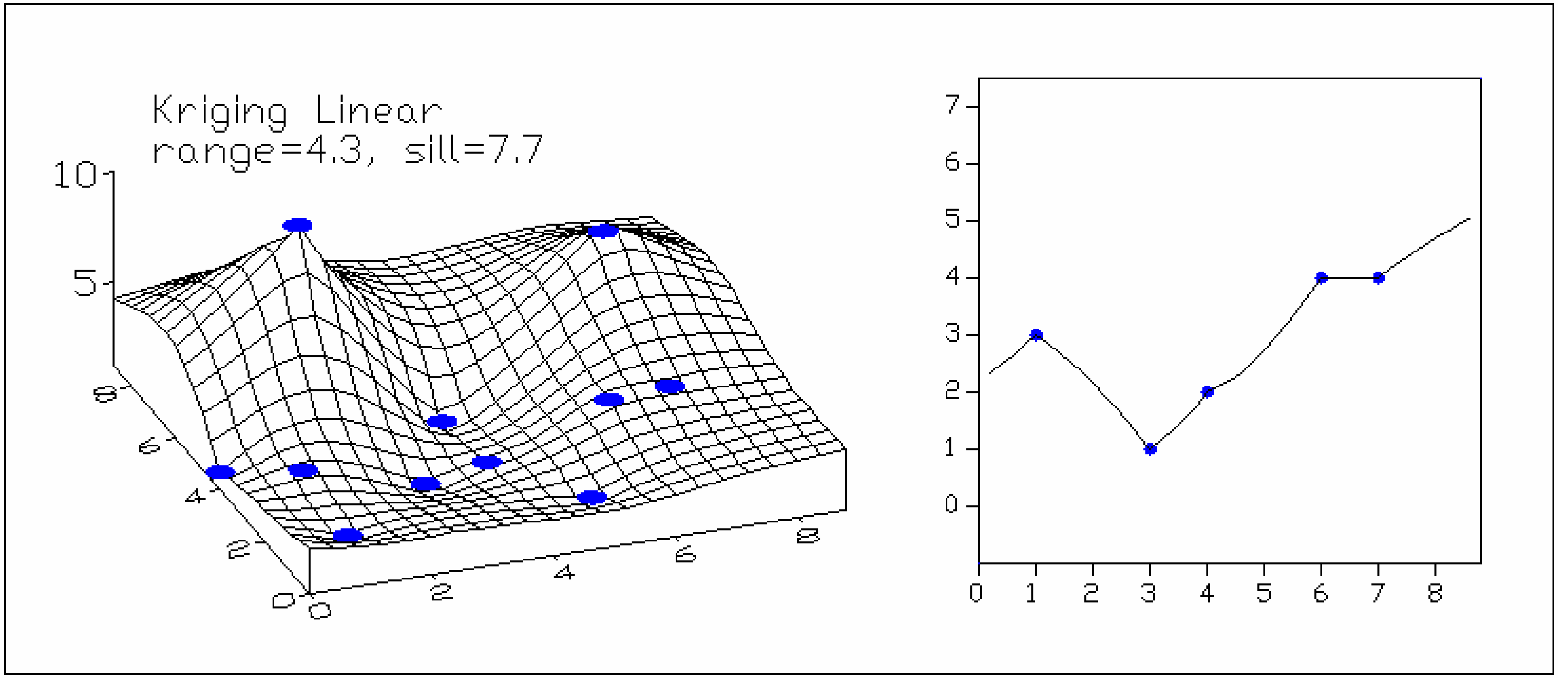
	1	2	3	4	5					
1	2.500	7.656	9.996	7.656	5.977	1.000		7.039		0.0189
2	...	2.500	8.650	6.375	7.131	1.000		5.671		0.1762
3	...	...	2.500	7.656	9.200	1.000	**b** =	8.064	$\begin{bmatrix} \lambda \\ h \end{bmatrix}$ =	-0.0109
4	...	...	...	2.500	5.401	1.000		3.621		0.6212
5	...	**A**	...	...	2.500	1.000		4.720		0.1945
	...	...	...	...	...	0.000		1.000		-0.1676

- Interpolation des gesuchten Punktes 0 und der Varianz nach

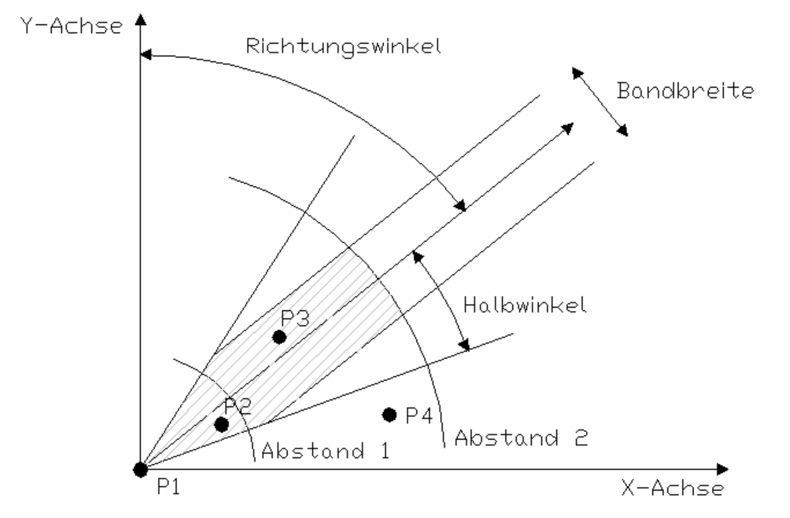
$z(x0) = \Sigma\, \lambda i\, z(xi) = 0.0189*3+0.1762*4-0.0109*2+0.6212*4+0.1945*6 = 4.392$

$\sigma^2 = \Sigma\, \lambda i\, bi + h = 0.0189*7.039+0.1762*5.671-0.0109*8.064+0.6212*3.621$
$+0.1945*4.720-0.1676 = 4.044$

Kriging mit linearem Variogrammverlauf

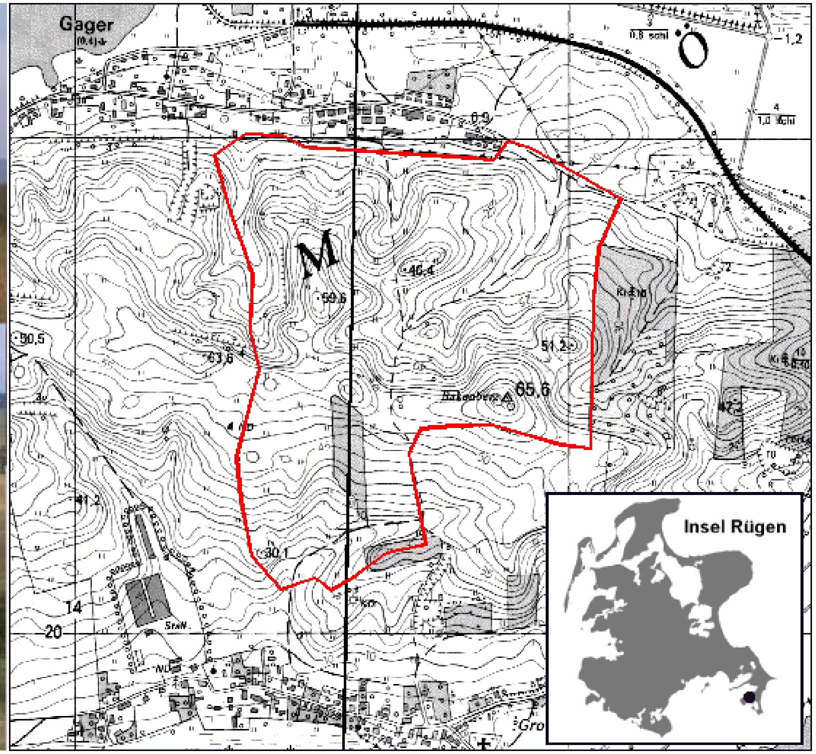


Kriging - Anisotropie



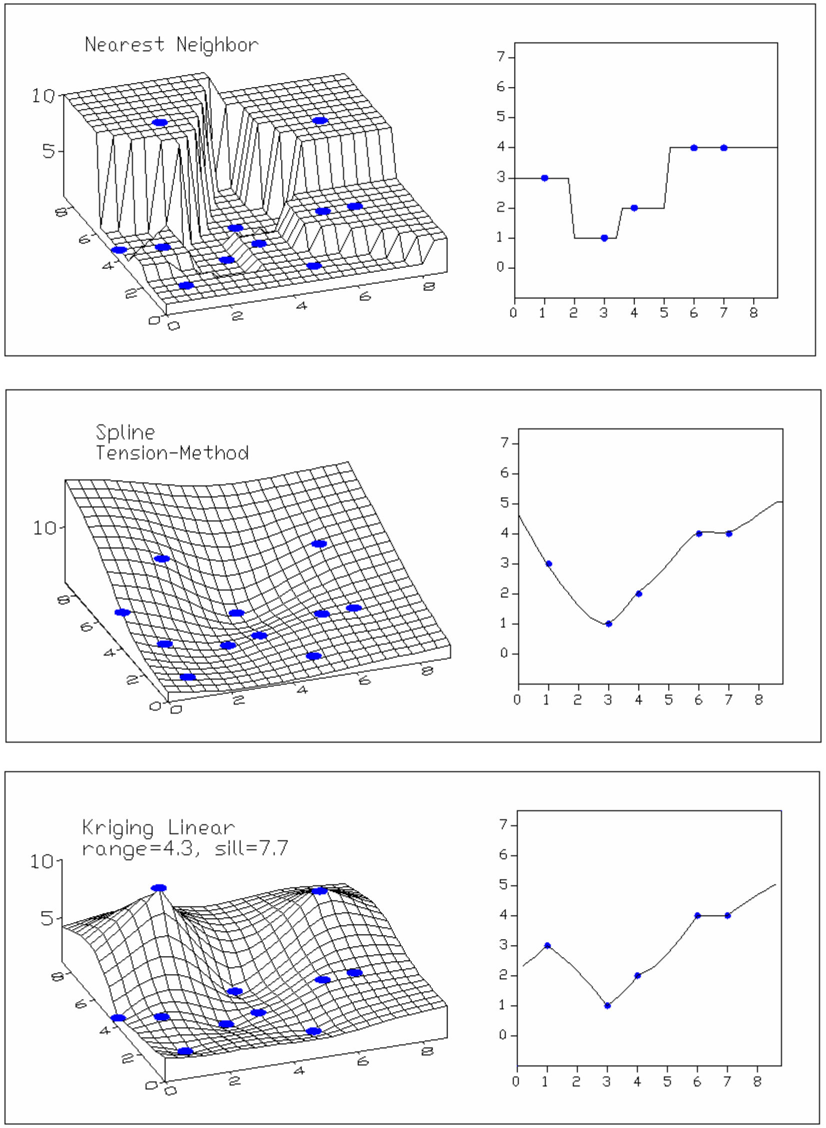
(nach Englund and Sparks, 1988)

Qualität der Interpolationsmethoden im Vergleich



Fläche:	ca. 63ha
Höhendifferenz:	60m
Erfasst mittels:	DGPS – 850 Punkte
Messzeit:	ca. 14 Stunden

Qualitätsvergleich: Rechenzeit



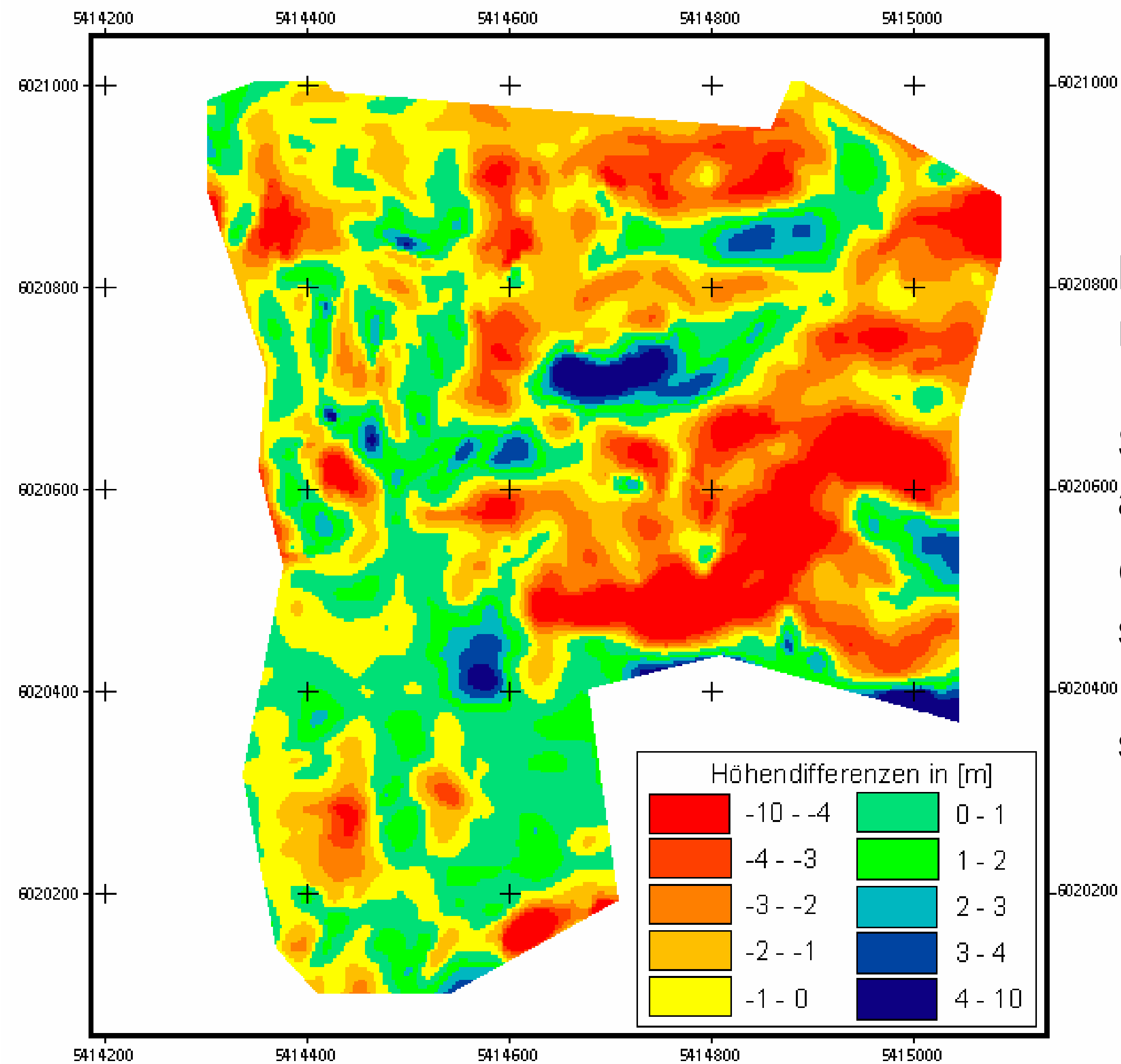
1 : 5 : 20

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

Qualitätsvergleich: Höhenliniendigitalisierung versus DGPS

Analyse



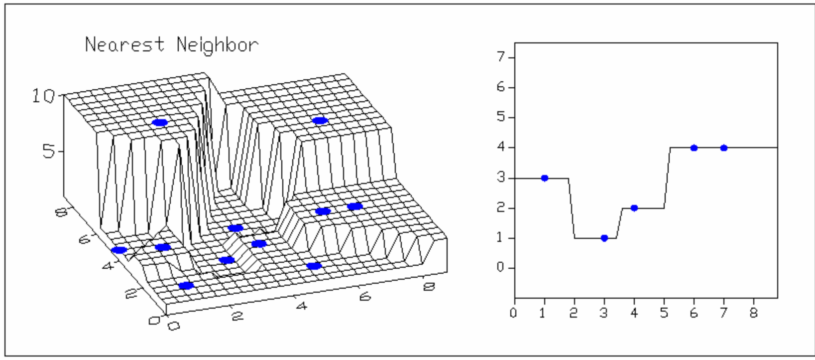
Mittlere Gelände-neigung: 7.2°

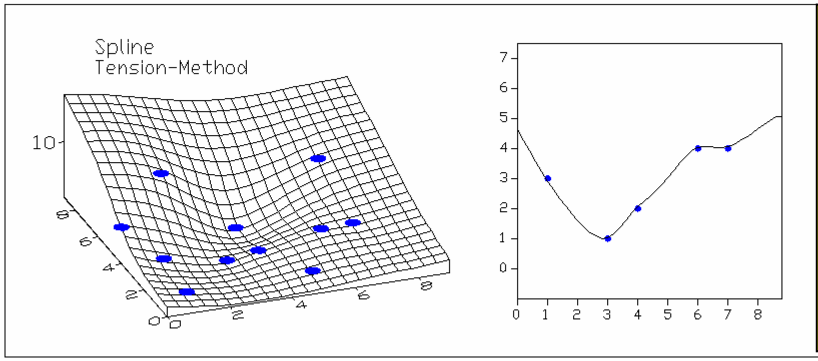
Standard abweichung

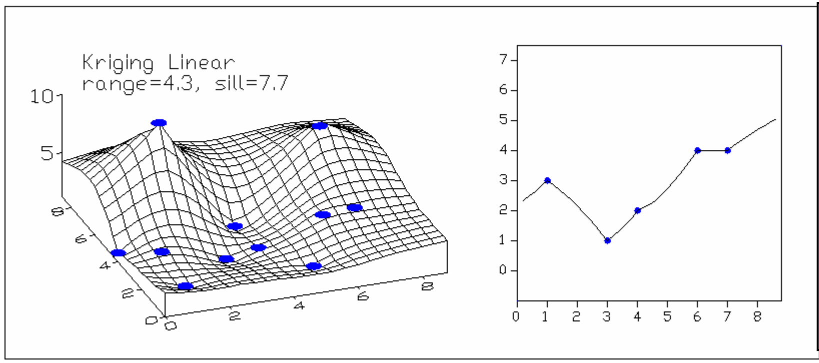
Gemessen:
s_G = 1.88m

Erlaubt ZIR10:
s_G = 2.10m

Qualitätsvergleich: Standardabweichung (m)
basiert auf 80% der Punkte, 20% true error points





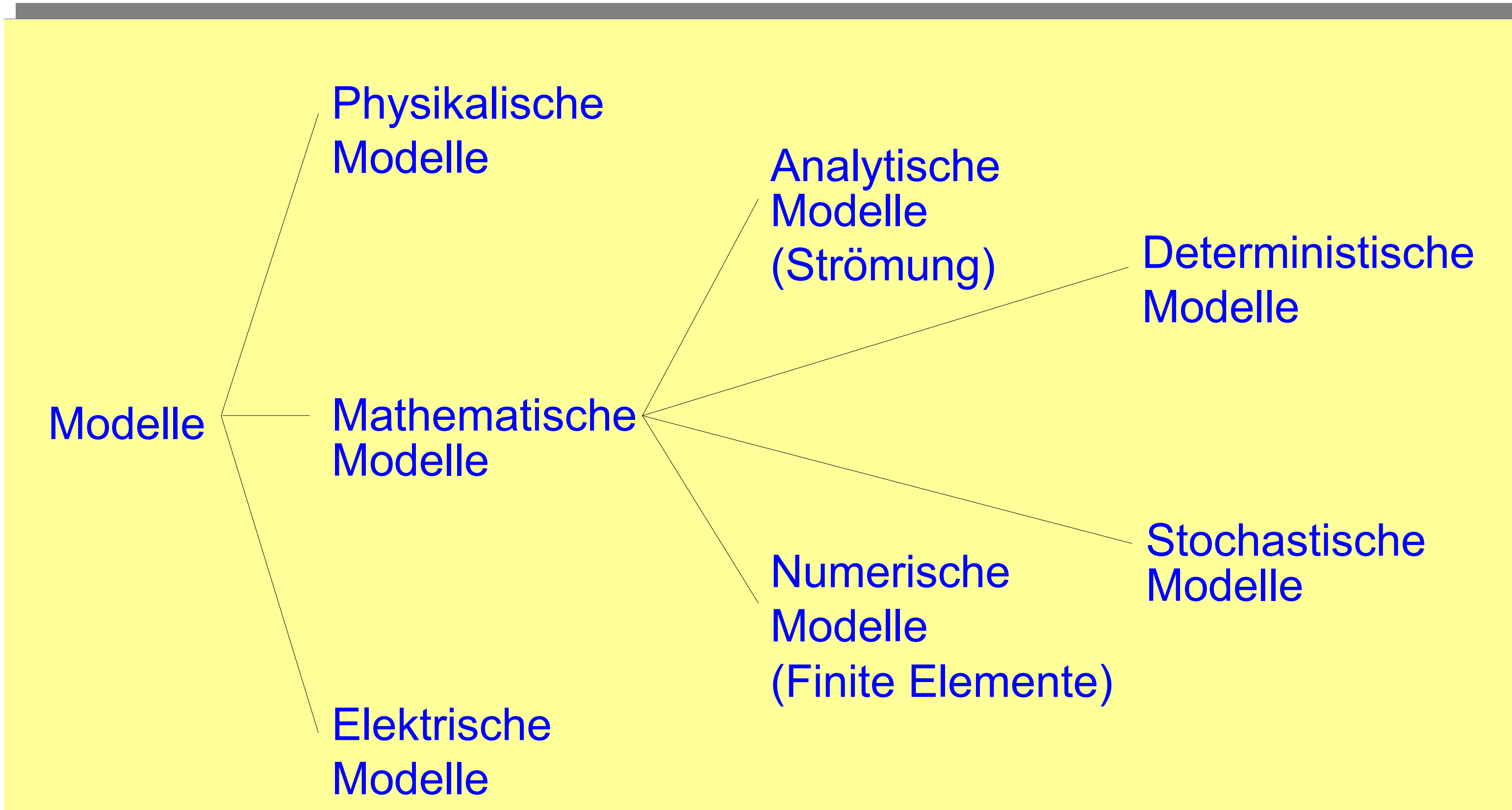


Nearest Neighbor	0.33	1.49	3.17
Spline Tension-Method	0.22	0.69	1.81
Kriging Linear	0.29	0.77	1.87

Modelle

- Punkthafte Modelle (Interpolation ..)
- Linienhafte Modelle (Netzflußberechnung ..)
- Flächenhafte Modelle (Ausbreitung ..)
- Simulationen
- Andere

Klassifizierung der Modelle (G. Teutsch, 1992)



Geographische Modelle I: Stochastische Ansätze

- Das Verhalten geographischer Systeme wird eher vom Zufall bestimmt. Für solche Systeme werden die Anfangshypothesen mittels Wahrscheinlichkeitstheorie definiert

Räumliche Wahrscheinlich-keitsmodelle	- Verteilungsmuster von Fabrikstandorten - Korrelation zwischen Umsätzen und Beschäftigtenzahl, Analphabetentum und sozialem Status - Autokorrelation bei Wählern bestimmter Parteien
Geographische Entscheidungs-modelle	- Entscheidung über Anbauorte für Getreide

Geographische Modelle II: Deterministische Ansätze

- Das Verhalten geographischer Systeme wird von physikalischen Gesetzen bestimmt und kann deshalb exakt vorhergesagt werden.

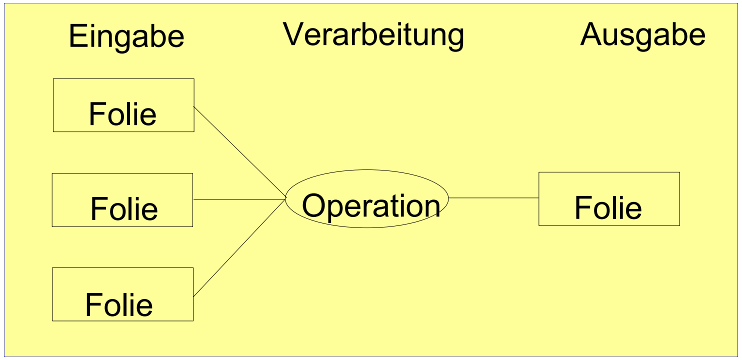
Modelle für Kaskadensysteme	- Modelle von Bevölkerungswanderungen - Modelle zur Unters. von Ökosystemstabilitäten
Raum-Zeit-Modelle	- Temperaturverteilung in Bodenprofilen - Wasserdurchfluß im Boden - Stadterwärmungsbereiche
Modelle für räuml. Interaktion	(auch Gravitationsmodelle genannt) - Bewegung von Konsumentenkapital zw. Regionen - Bew. von Arbeitern zwischen Wohn- u. Arbeitsort
Modelle für räuml. Zuordnung	(auch Transportmodelle genannt) - Konsumenten zu Anbietern - Schüler zu Schulen

Kartographisches Modellieren

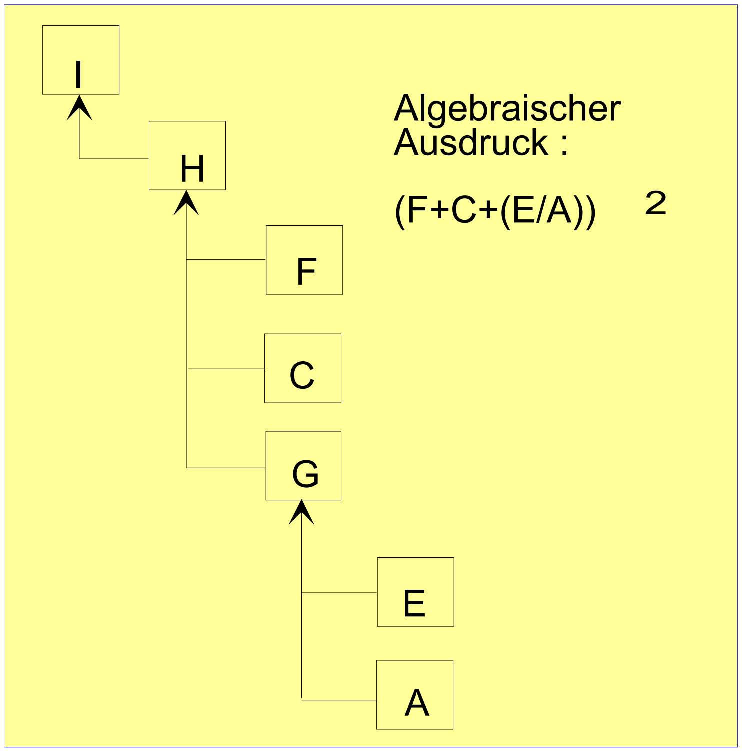
- C.D. Tomlin (1983), (1990), MAP(Map Analysis Package)
- Ziel : Zerlegung der Verarbeitung in beliebig kombinierbare Bausteine und Definition einer Kartenalgebra
- Begriffe:

Verarbeitung in der kartographischen Modelliersprache

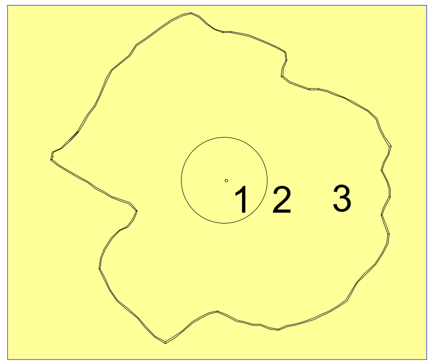
- Datenin-
  terpretation :



- Prozedur :



- Dateninterpretations-
  operationen :



1 = f(Position)
2 = f(Nachbarschaft)
3 = f(Zone)

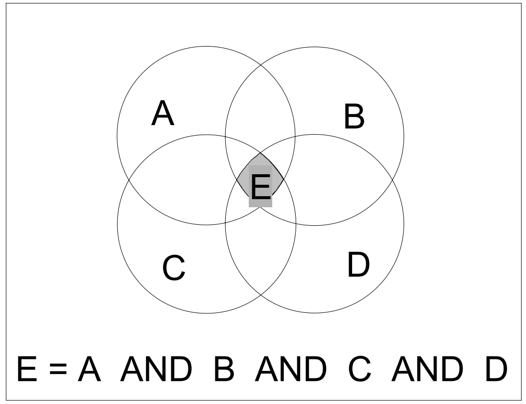
Beispiel: Sportplatzstandort

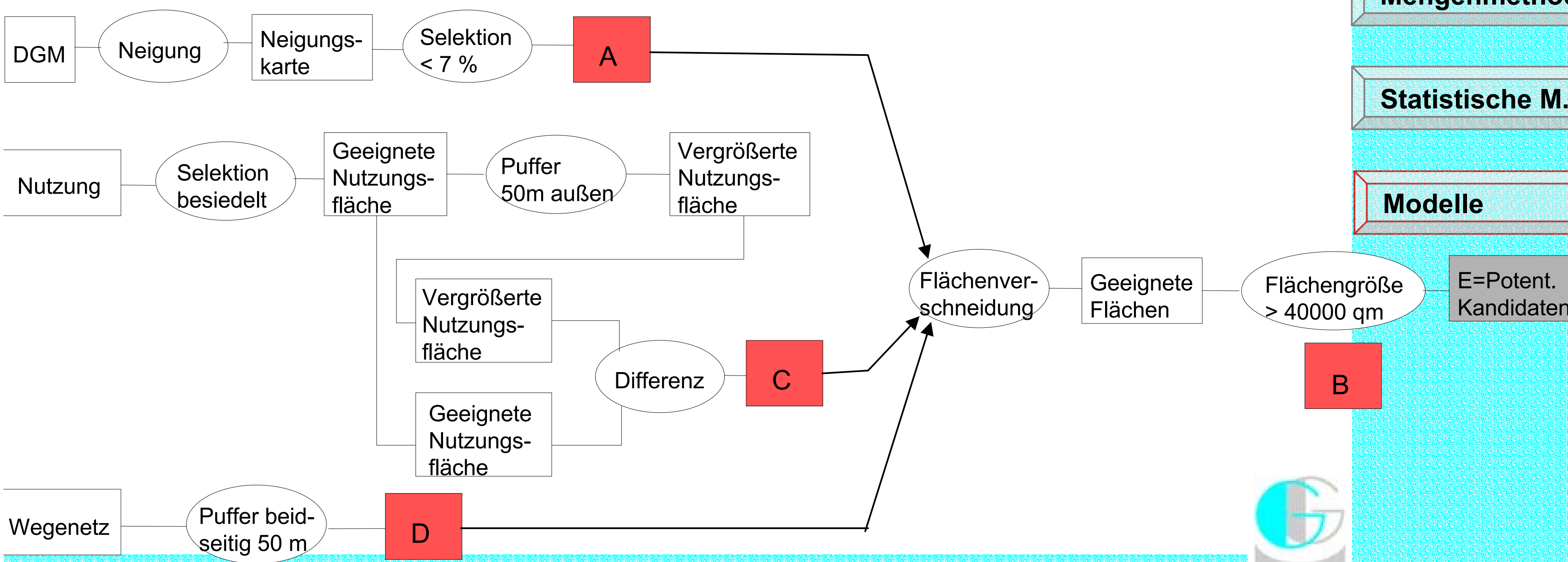
- Standort für Sportanlage mit folgenden Bedingungen:
  - A: Die ausgewählte Fläche soll weniger als 7% geneigt sein
  - B: Die Fläche muß zusammenhängend größer als 40.000qm sein.
  - C: Das Areal muß möglichst außerhalb (> 50m) von bebautem Gebiet sein.
  - D: Das Areal soll verkehrstechnisch angebunden sein, d.h. nicht weiter als 50m vom bestehenden Verkehrsnetz entfernt liegen.

Lösungsansatz: Sportanlage

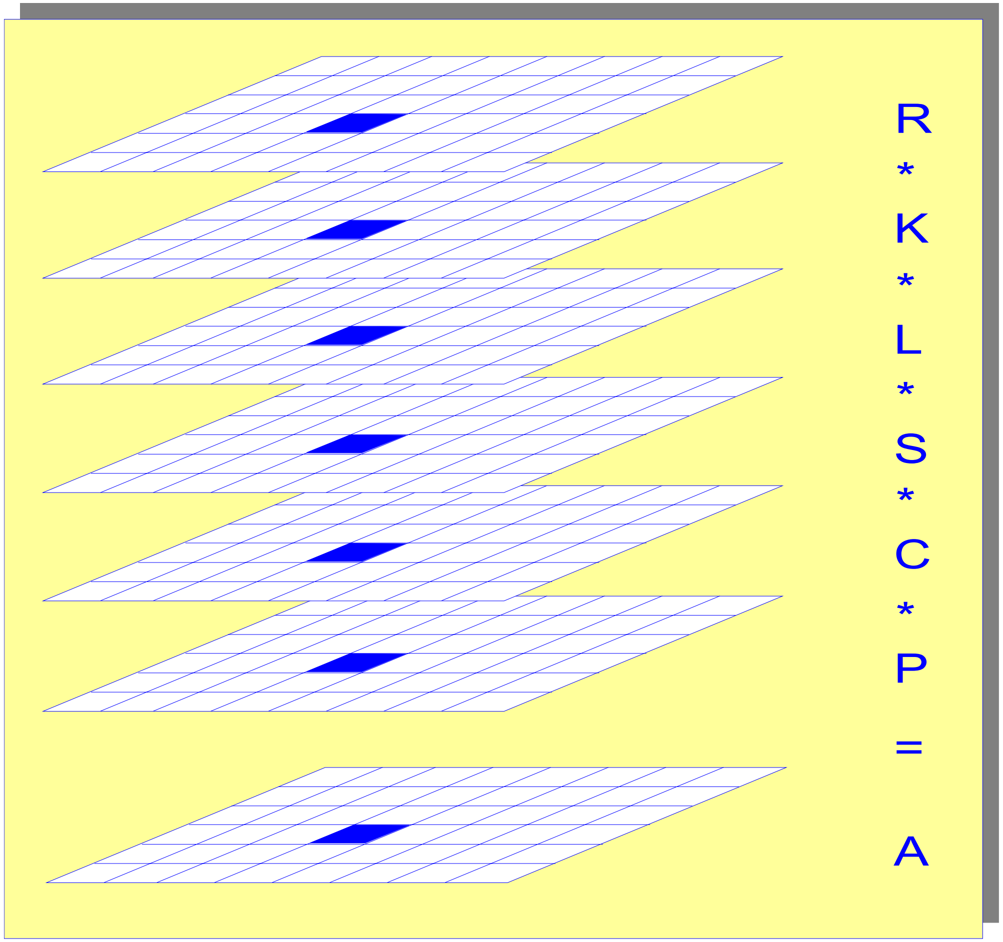
Analyse

Mengentheoretische Betrachtung und kartographisches Modell





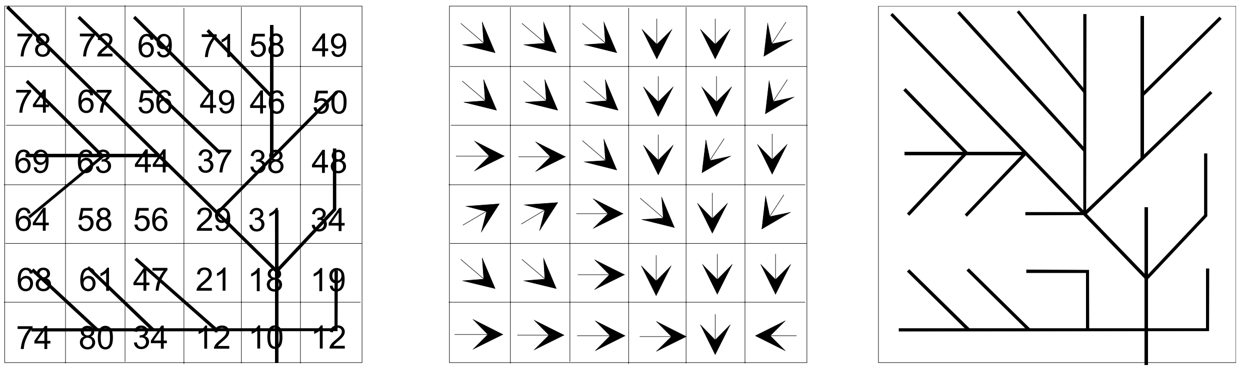
Bodenerosionsmodell



Bodenabtragsgleichung A = R*K*L*S*C*P
aus K. Kraus (1991) nach
Wischmeier/Smith (1978)

A = durchschn. jährlicher Abtrag [t/ha]
R = Regenfaktor = f(Niederschlag)
K = Bodenerodierbarkeitsfaktor
= f(Bodenart) aus Bodenkarte
L = Hanglängenfaktor = f(Ackerlänge)
S = Hangneigungsfaktor
= f(Hangneigung) aus DGM
C = Bewirtschaftungsfaktor
= f(Fruchtfolge)
P = Erosionsschutzfaktor

Erosionsmodelle: Kaskading



Hinterland delimitation

- Minimiere die Summe der Anfahrtswege aller Nutzer einer bestimmten Einrichtung (z.B. Schüler zu Schulen)
  - Lokalisiere die Wohngebäude aller Schüler im Studiengebiet
  - Lege ein Raster mit n Zellen über die Karte der Wohngebiete und bestimme die Anzahl Oi (i=1,n) der Schüler pro Rasterzelle
  - Lokalisiere die m Schulen im Studiengebiet und bestimme ihre Schülerkapazitäten Dj (j=1,m)
  - Bestimme die Transportkostenmatrix cij mit den durchschnittlichen Entfernungen von jeder Rasterzelle n zu jeder Schule m.
  - Berechne die optimale Transportmatrix mittels linearer Optimierung des Systems
  - Konvertiere die Struktur der optimalen Transportmatrix in Einzugsbereiche um Schulen

$$\sum_{i=1,n}\sum_{j=1,m} T_{ij}\, c_{ij} = \min$$

$$\sum_{i=1,n} T_{ij} = D_j$$

$$\sum_{j=1,m} T_{ij} = O_i$$

Analyse

Grundlagen

Geometrische M.

Topologische M.

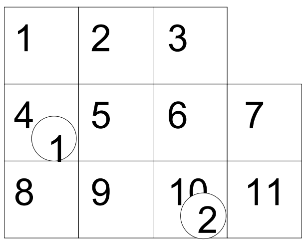
Mengenmethoden

Statistische M.

Modelle

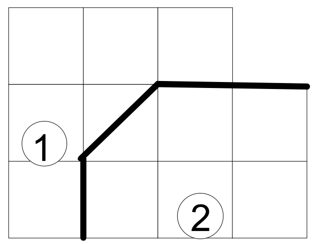
Beispiel Schuleinzugsbereiche

- Minimiere die Summe der Anfahrtswege aller Schüler von n=11 Regionen zu m=2 Schulen (Hinterland delimitation)



$T_{ij} =$

	1	2
1	x	
2	x	
3	x	
4	x	
5	x	x
6		x
7		x
8	x	
9		x
10		x
11		x

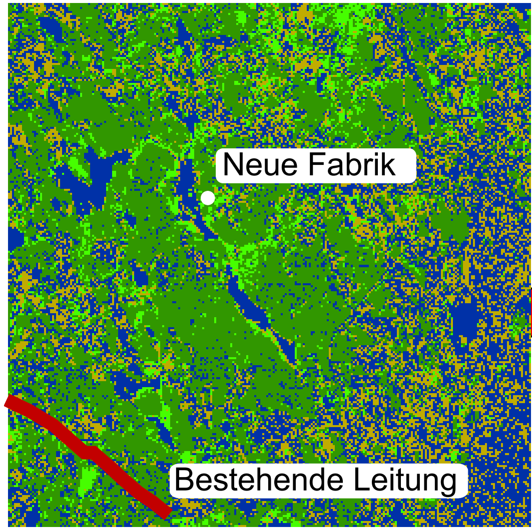


Ausgangslage

Optimierungsergebnis

Ergebnissituation

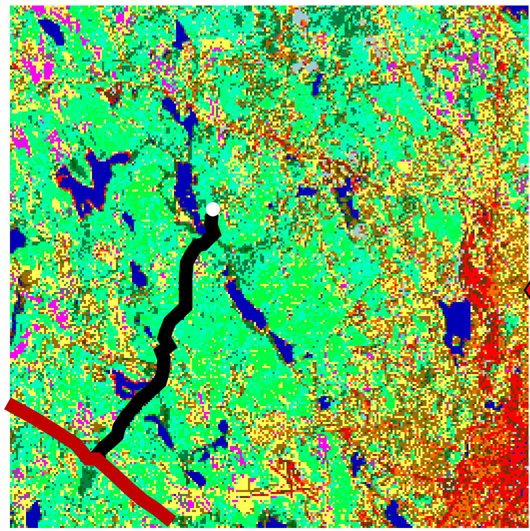
Kostenfunktionen in der Leitungsplanung



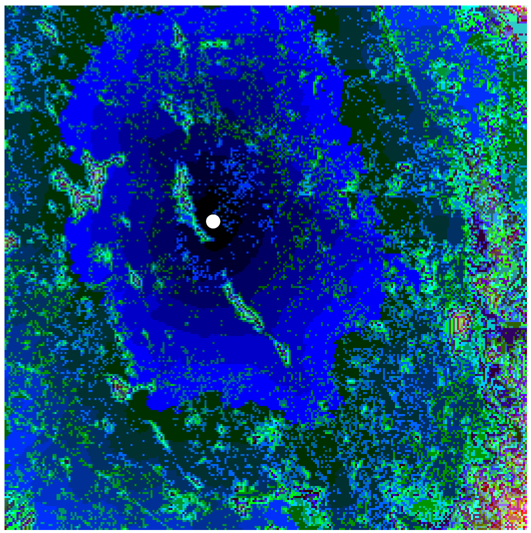
Widerstand

Landwirtschaft	1
Straße	1
Ödland	1
Laubwald	4
Nadelwald	5
Wasser	1000
Siedlung	1000

Preiswertester Verlauf



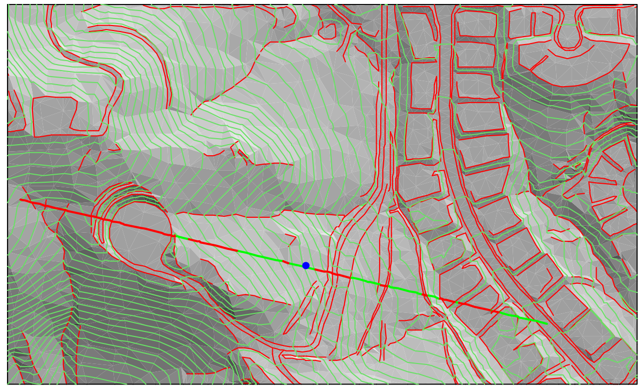
Kostenoberfläche

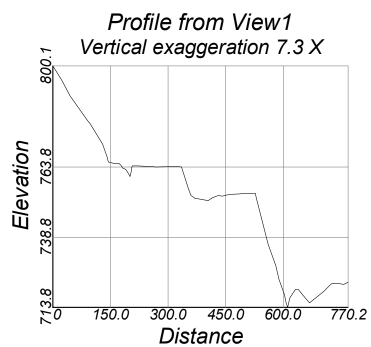


Ansatz:
Raster-
daten
Problem:
Kosten-
funktion

3D-Analysefunktionen

- Volumenberechnung
- 3D und 4D-Interpolation
- Neigungen, Gradienten
- Boolesche Analysen
- Analysen innerhalb der Objekte
- Buffer in 3D
- Oberflächen-, Netzwerk- und Pfadanalysen
- Auf- und Abtragsberechnungen Volumenschnitte, 3D-Schnitte
- Projektionen und Transformationen in 3 D (Kugel, Ellipsoid ..)
- Sichtbarkeitsuntersuchungen
- Körperverschneidung, -durchdringung





Datenanalyse = Unterscheidungsmerkmal zwischen GIS

Analyse

- Grundlagen
- Geometrische M.
- Topologische M.
- Mengenmethoden
- Statistische M.
- Modelle

- Geometrische Operationen meist vorhanden
- Flächenverschneidung als absolutes Minimum
- Topologische Operationen eher eingeschränkt
- Mengenmethoden wie Sortieren, Suchen, Abfragen etc. vorhanden
- Einfache beschreibende Statistik vorhanden, Interpolationen für DGM, Geostatistik eher selten
- Modelle sind eher speziell auf Anwendungsebene zumeist außerhalb von GIS vorhanden