Algorithmen für geographische Informationssysteme

Sommersemester 2023

1. Vorlesung, Teil I

Alexander Wolff

Folien von Jan-Henrik Haunert (u.a.)

Geoinformatik

Geo- **-informatik**

Geoinformatik

Geo-	-informatik
Geobotanik	Wirtschaftsinformatik
Geodäsie	Luft- und Raumfahrtinformatik
Geographie	Bioinformatik
Geologie	Technische Informatik
Geomatik	Medieninformatik
Geowissenschaften	Sozialinformatik
...	...

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)

***E**rfassung*

***V**erwaltung*

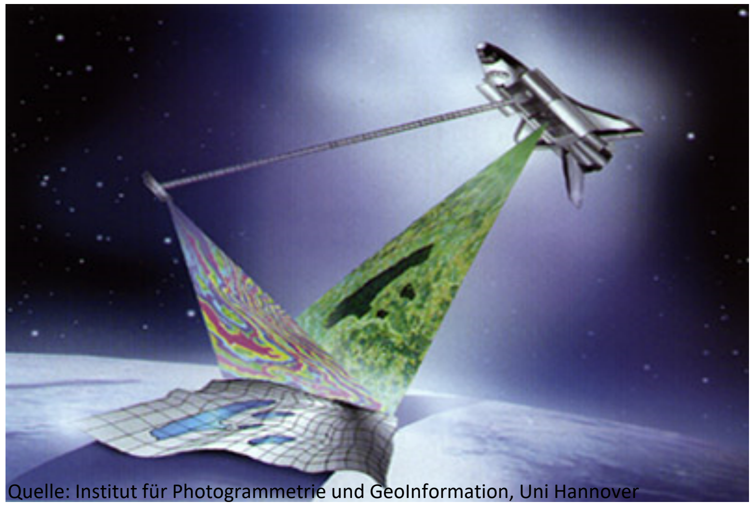
***A**nalyse und*

***P**räsentation*

raumbezogener Information

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)



Quelle: Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Uni Hannover

Erfassung

Verwaltung

Analyse und

Präsentation

raumbezogener Information

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)

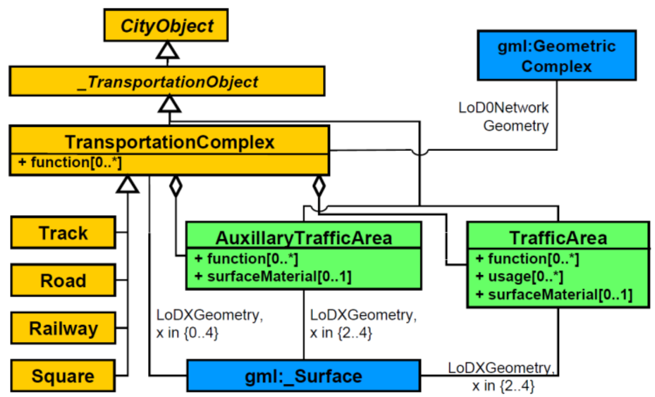
Erfassung

Verwaltung

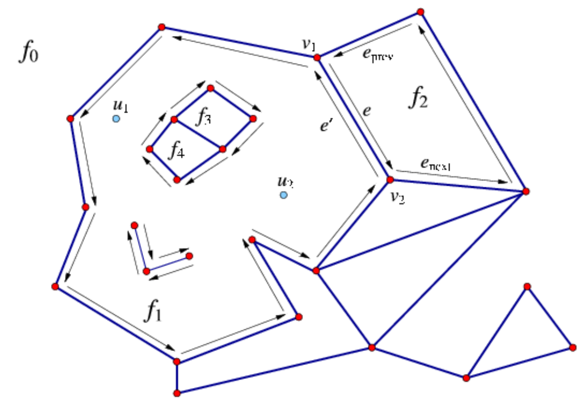
Analyse und

Präsentation

raumbezogener Information



Quelle: Institut für Geodäsie und Geoinformation, Uni Bonn



Quelle: www.cgal.org

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)

Erfassung

Verwaltung

***Analyse** und*

Präsentation

raumbezogener Information

„Ein Bundesland sollte zwischen **5 Mio** und **18 Mio** Einwohner haben, um effektiv wirtschaften zu können."

www.tagesschau.de (18.7.2006)

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)

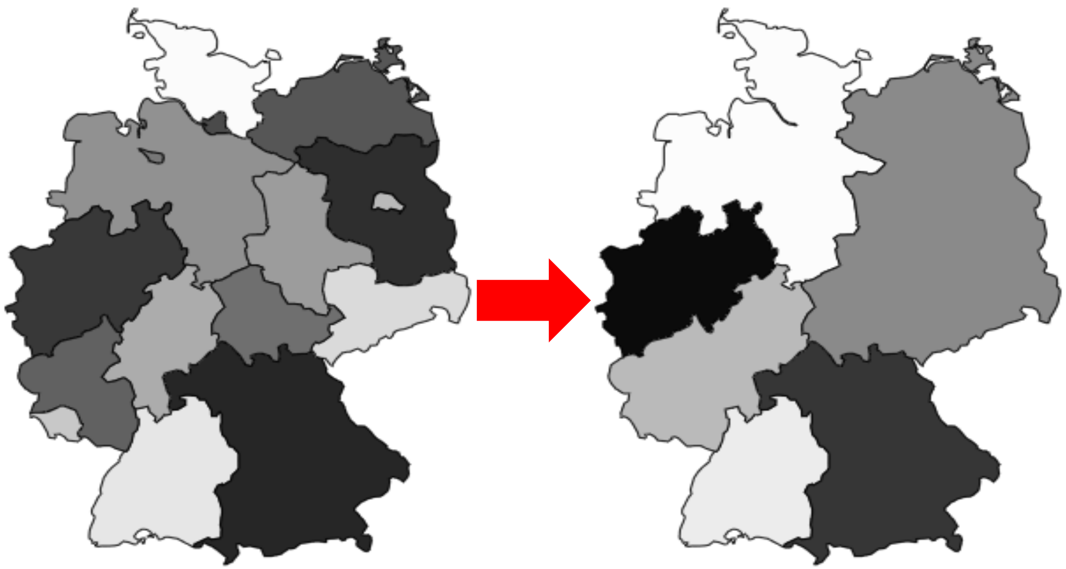
Erfassung

Verwaltung

***A**nalyse und*

Präsentation

raumbezogener Information



minimale Grenzlänge

Geoinformatik

wissenschaftliche Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS)

Erfassung

Verwaltung

Analyse und

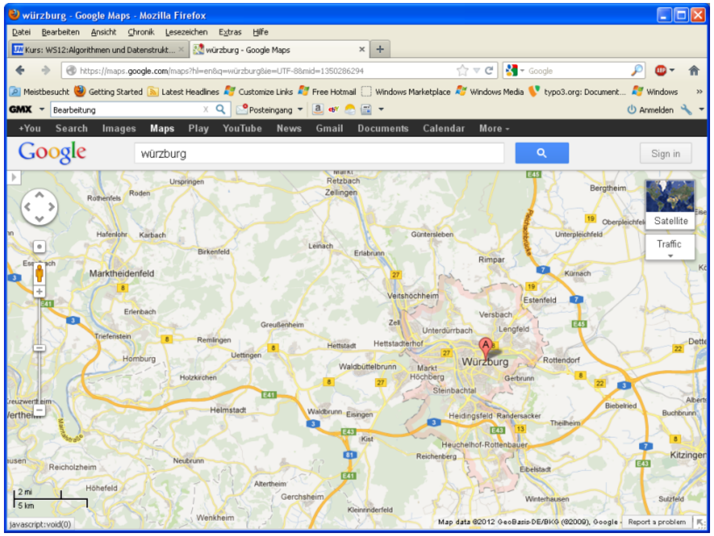
Präsentation

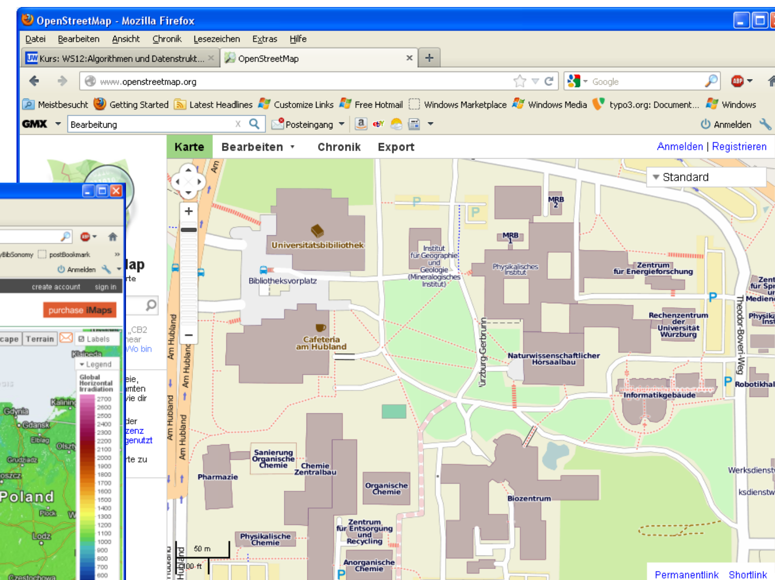
raumbezogener Information

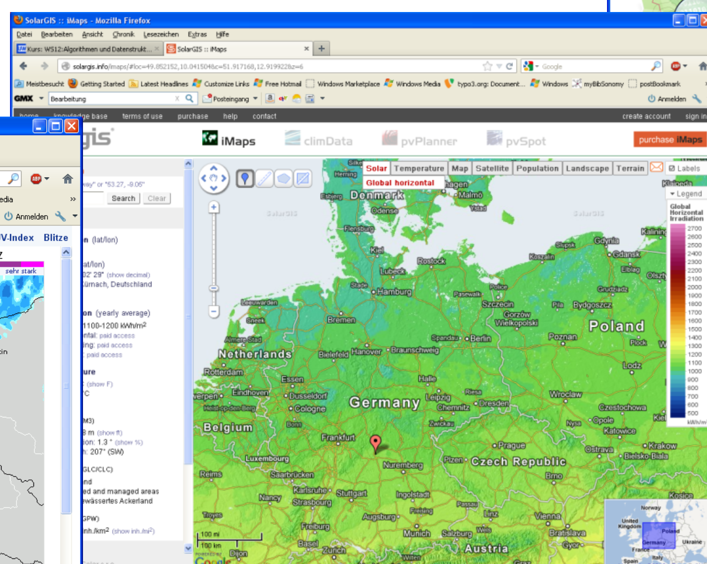
Geoinformationssysteme

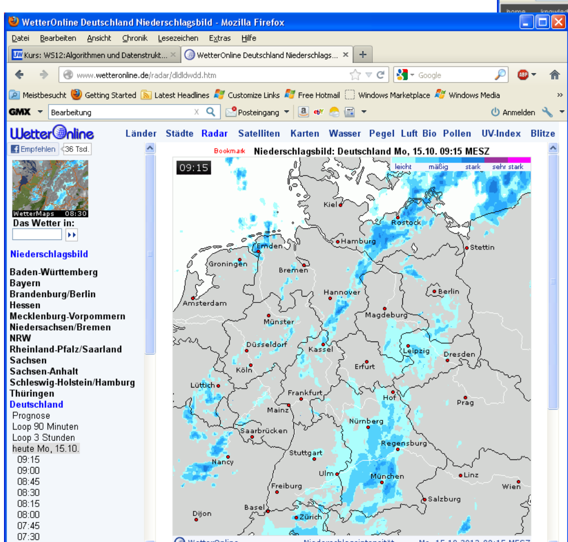
	Platzhirsche	freie Software
Desktop-GIS	esri	Quantum Gis (Vektor) Grass (Raster)
räumliche Datenbank	ORACLE SPATIAL	PostGIS Spatial PostgreSQL
Programmierbibliothek		JTS Topology Suite

Geoinformationssysteme

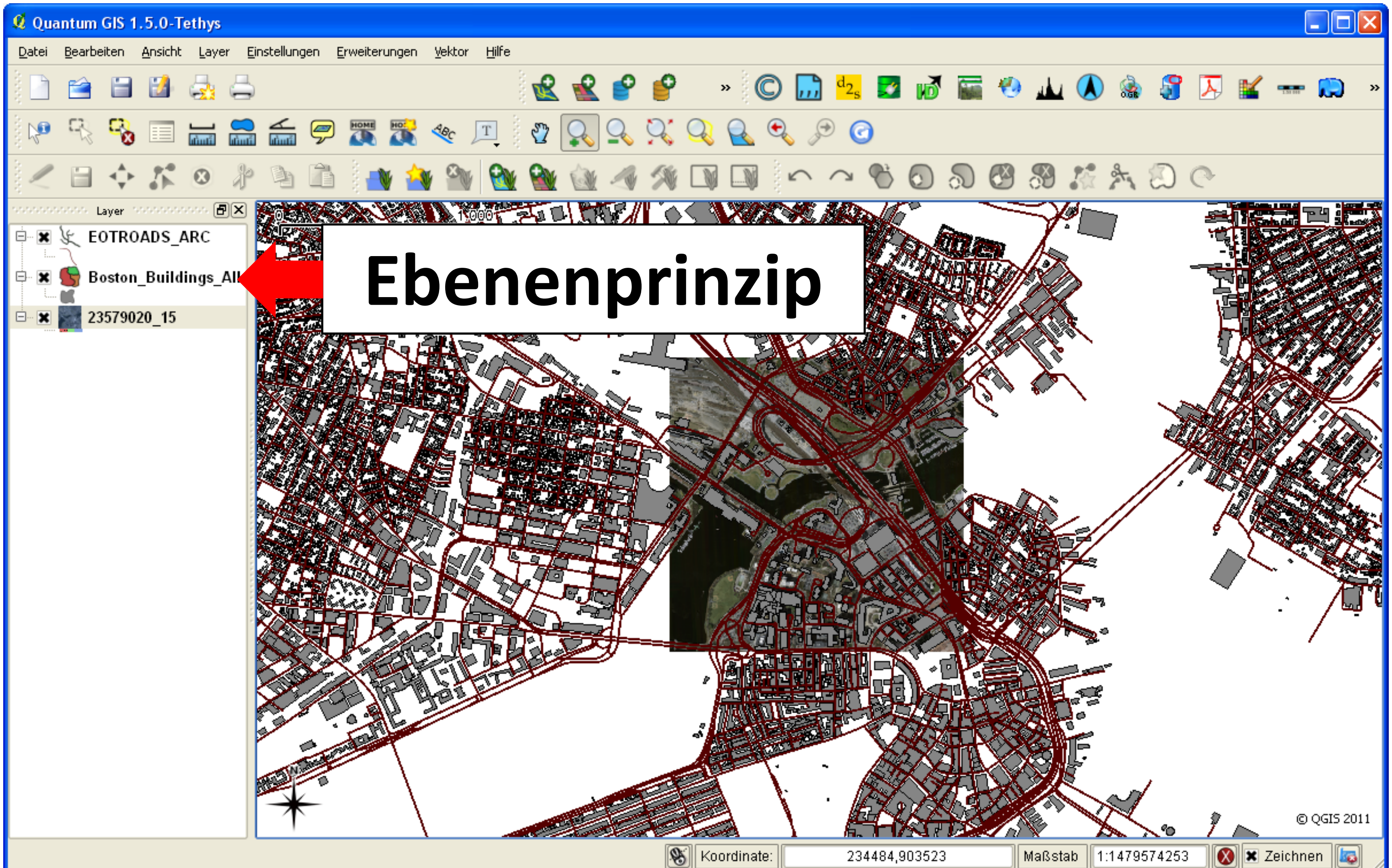




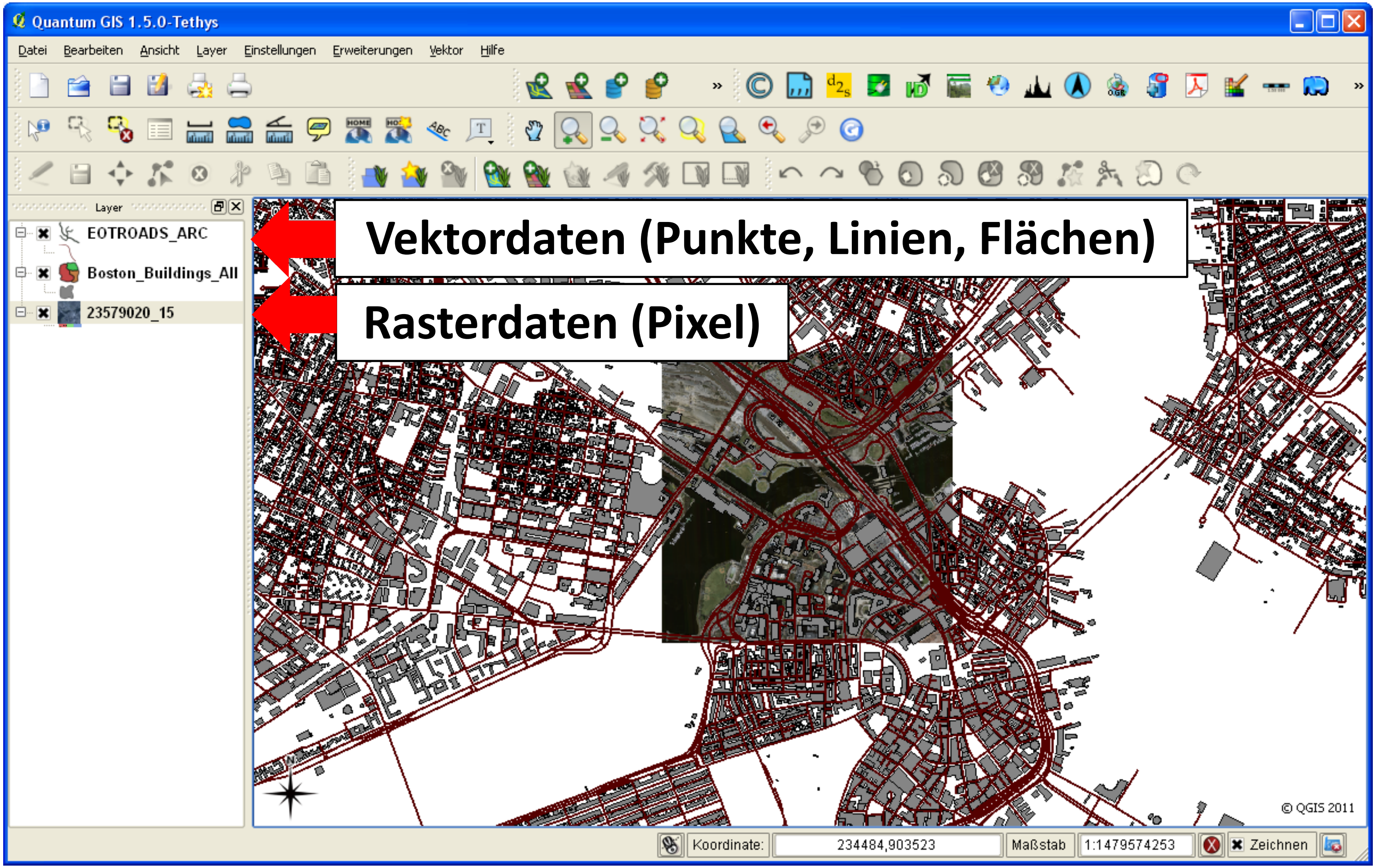




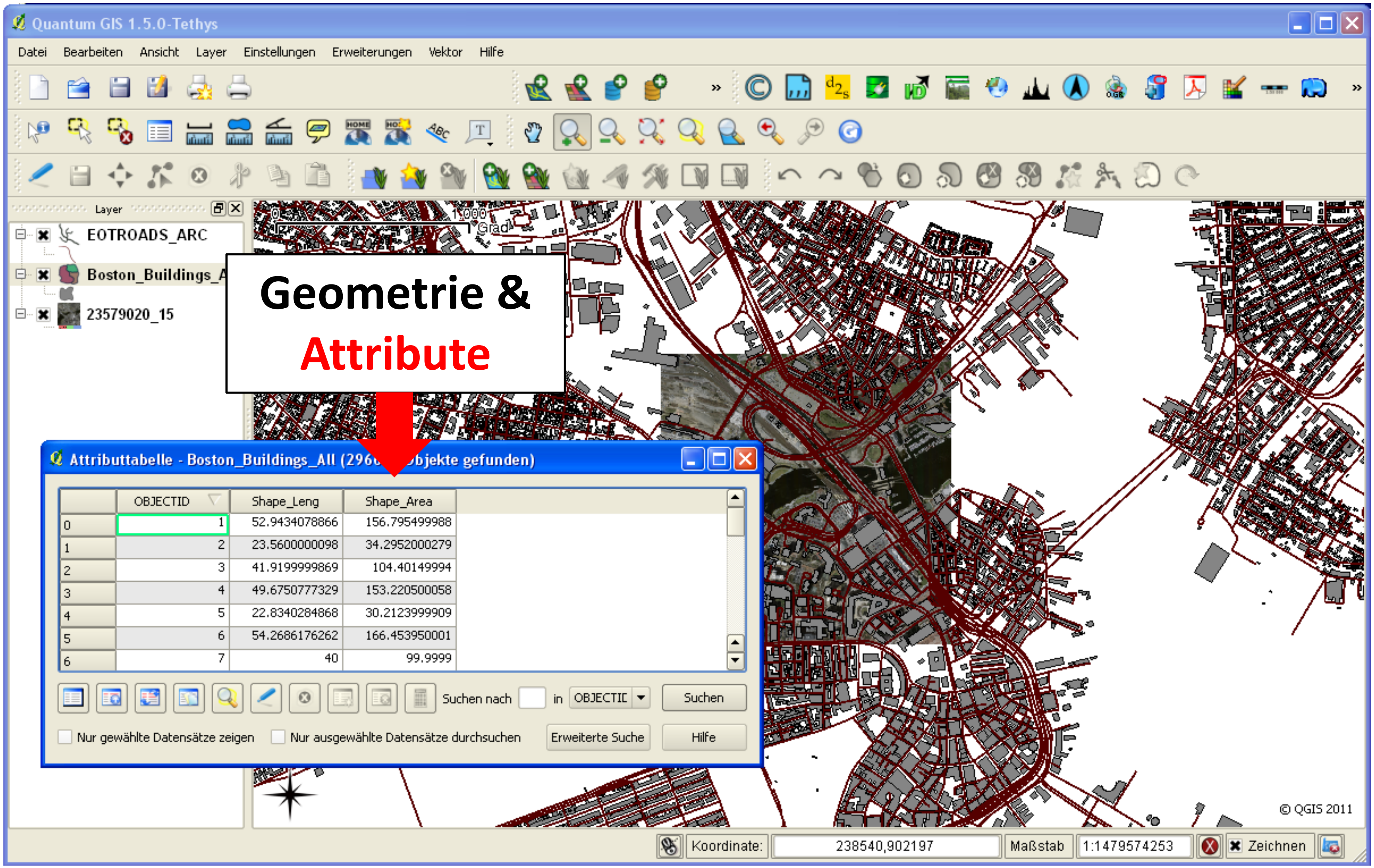
Geoinformationssysteme



Geoinformationssysteme



Geoinformationssysteme



Organisatorisches

Eckdaten

Zielgruppe:

- Studierende im **Master-Studiengang Informatik** oder in einem **verwandten Studiengang**
- am Thema **interessierte Studierende** mit algorithmischen Grundlagenkenntnissen

Anrechenbar für Schwerpunkte:

- Algorithmik und Theorie
- Intelligente Systeme

Prüfung:

- Voraussichtlich mündlich in der Woche nach S-Ende
- Bei Bestehen: Bonus in Höhe von 0,3 Notenpunkten für 50% der Punkte bei den Übungsaufgaben

Ablauf Vorlesung

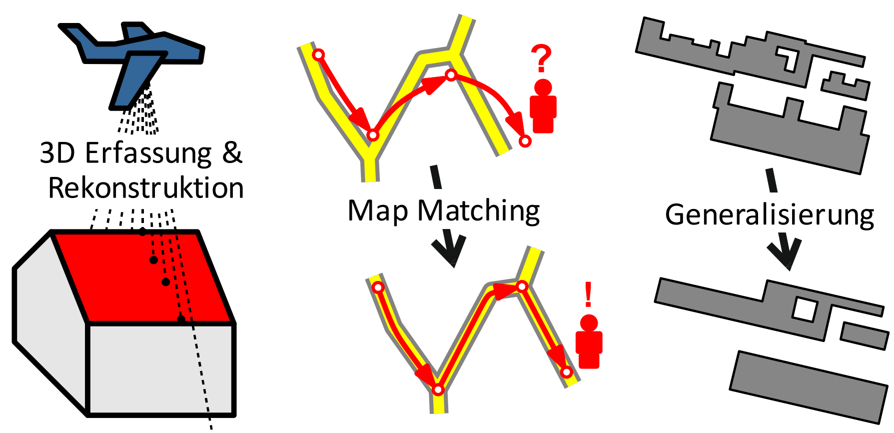
„Freischwimmer“ Geodäsie


www.schwimmabzeichen.de

- Bezugssysteme und Kartenabbildungen
- Sensoren zur Erfassung von Geodaten

Algorithmen

- Kleinste-Quadrate-Verfahren
- Erstellung von Geländemodellen aus Bildern
- RanSaC
- Map Matching
- Gebietseinteilung
- Linienvereinfachung,
  Generalisierung
- Textplatzierung



Ablauf Übung

Wöchentliche Übungsblätter zu Verfahren/Algorithmen

- Formalisierung eines Problems
- Berechnung („zu Fuß“, kleinere Programme)
- Fragen zur Theorie

Ausgabe des Übungsblatts:

- Donnerstags, idealerweise 10:15 Uhr (via WueCampus)

Abgabe:

- Donnerstags, 10:00 Uhr (via WueCampus)

Besprechung:

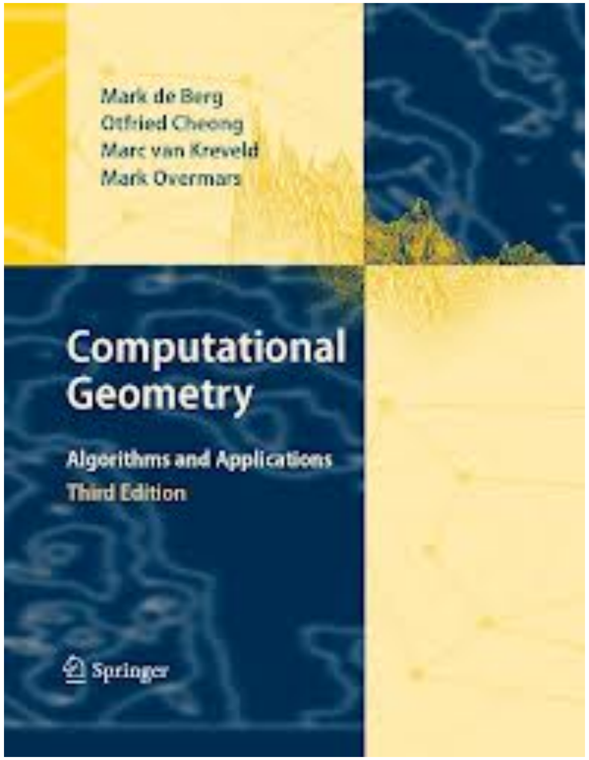
- Montags in der Übung (10:15–11:45 Uhr) – Diana Sieper

Bearbeitung in 2er Gruppen möglich & erwünscht!

Grundbegriffe der algorithmischen Geometrie

Vorlesung *Algorithmische Geometrie*

Umfang:	Wintersemester, 5 ECTS, 2 SWS
Zielgruppe:	Master Informatik
Dozent:	Boris Klemz oder Alexander Wolff
Prüfung:	mündliche Prüfung nach Abschluss der Vorlesung



M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld & M. Overmars: *Computational Geometry*. Dritte Ausgabe, Springer, 2008.

Algorithmische Geometrie

- räumliche Indexstrukturen
- Schnittpunkte von Liniensegmenten
- Minkowski-Summe
- Voronoi-Diagramm
- Delaunay-Triangulierung

Algorithmische Geometrie

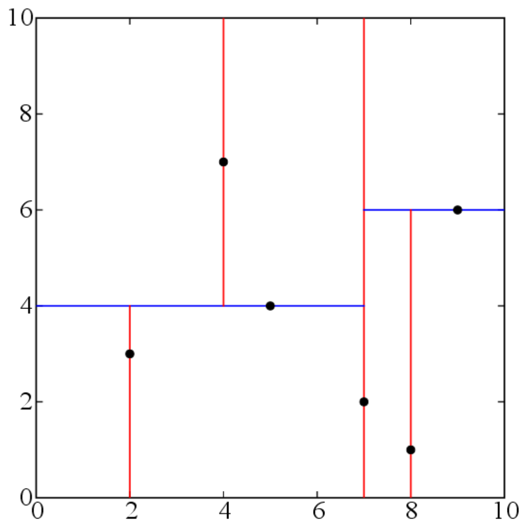
räumliche Indexstrukturen

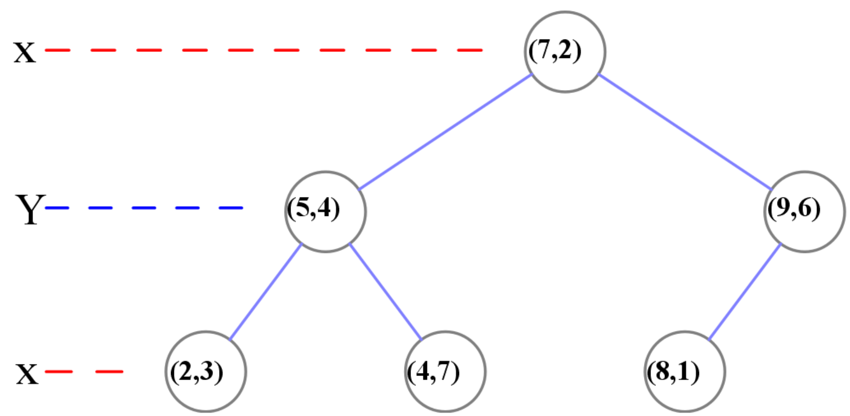
- KD-Bäume
- Bereichsbäume
- Quadtrees
- R-Trees

Algorithmische Geometrie

räumliche Indexstrukturen

- KD-Bäume





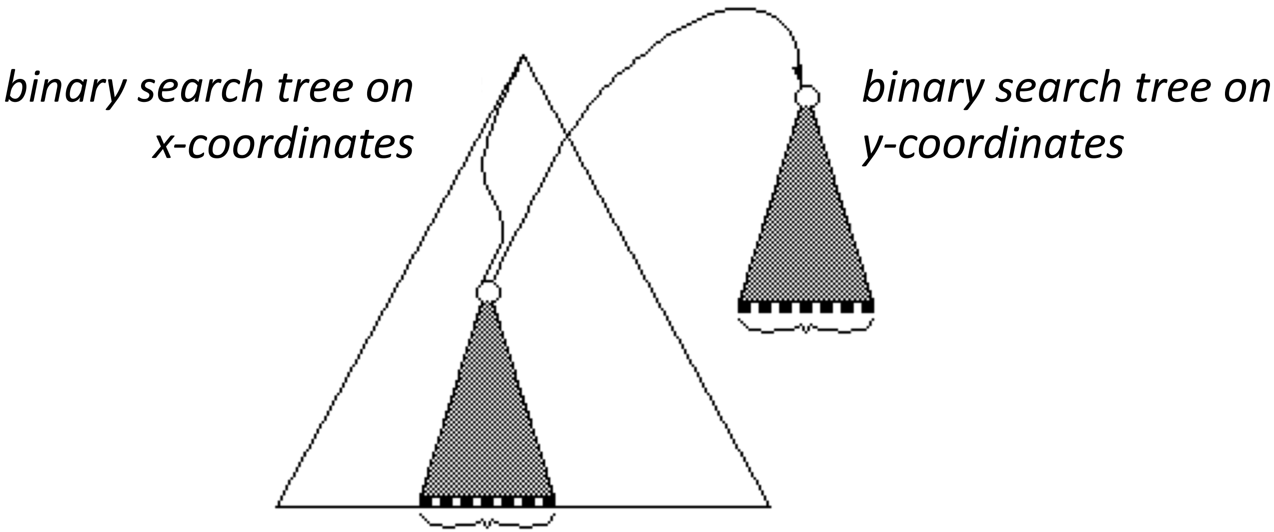
Bildquelle: wikipedia

- Verwaltung von n Punkten
- $O(n)$ Speicher
- $O(n \log n)$ Zeit für Konstruktion
- $O(\sqrt{n} + k)$ Zeit für Bereichsanfrage, k $=$ Größe der Ausgabe

Algorithmische Geometrie

räumliche Indexstrukturen

- Bereichsbäume

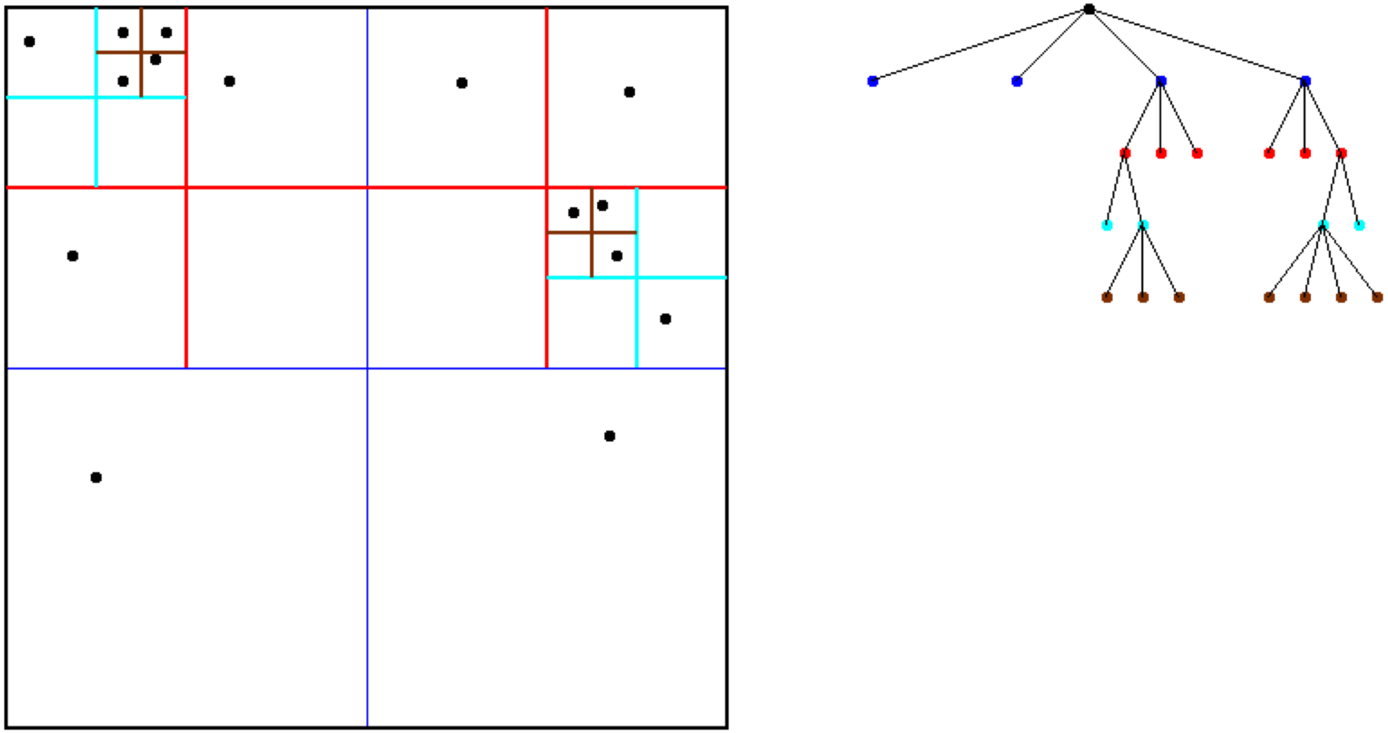


- Verwaltung von n Punkten
- $O(n \log n)$ Speicher
- $O(n \log n)$ Zeit für Konstruktion
- $O(\log^2 n + k)$ Zeit für Bereichsanfrage, k $=$ Größe der Ausgabe

Algorithmische Geometrie

räumliche Indexstrukturen

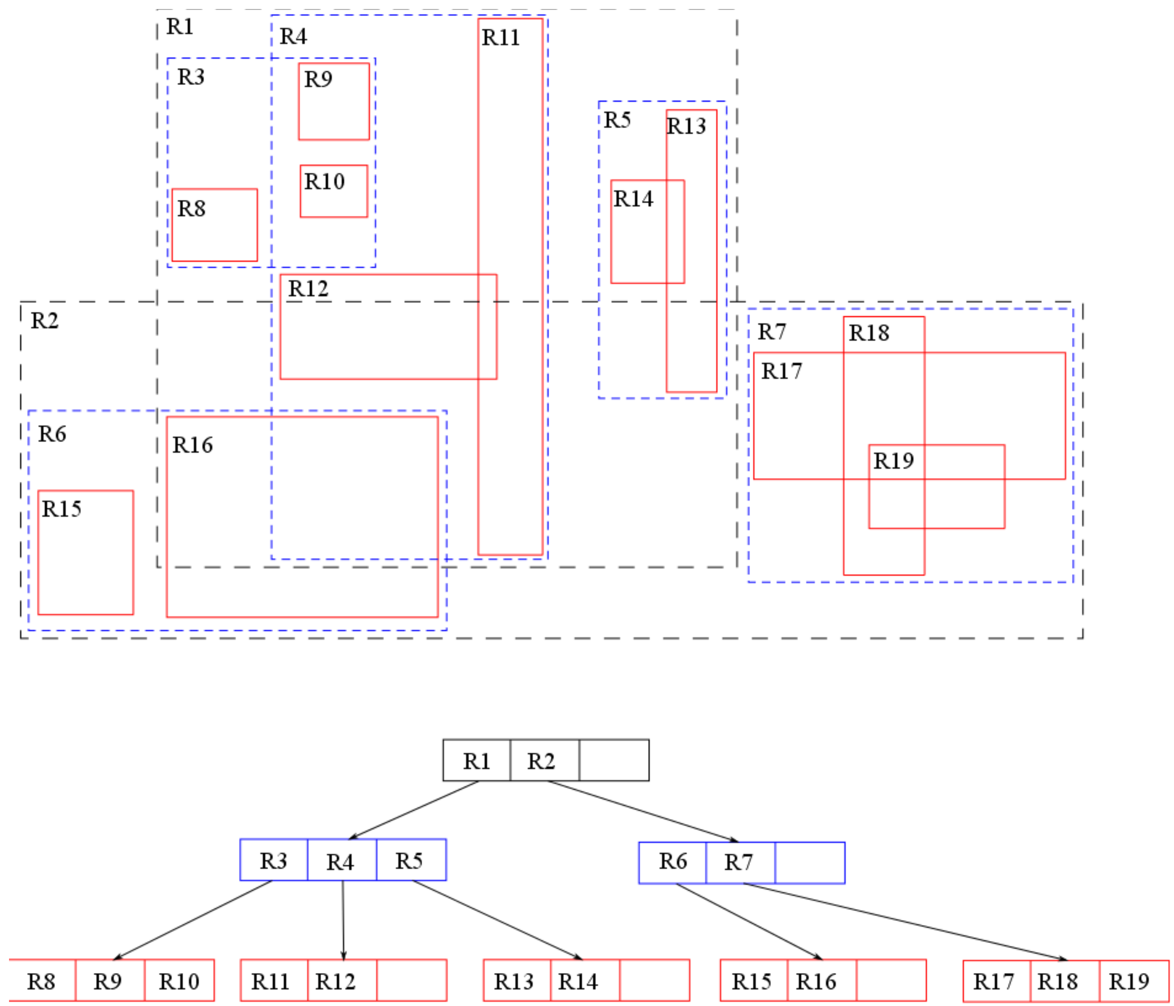
- Quadtrees



Algorithmische Geometrie

räumliche Indexstrukturen

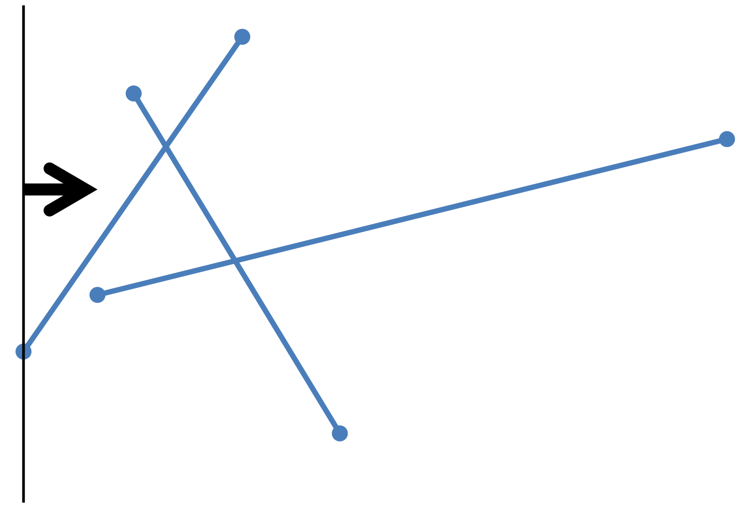
- R-Bäume



Bildquelle: wikipedia

Algorithmische Geometrie

Schnittpunkte von n Liniensegmenten



Bentley-Ottmann-Algorithmus:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n + k \log n)$ $\qquad k =$ Anzahl Schnittpunkte

Anwendung:

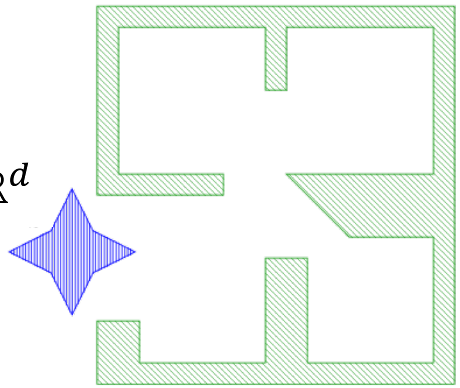
- Schnittmengen, Vereinigungen
- Map-Overlay

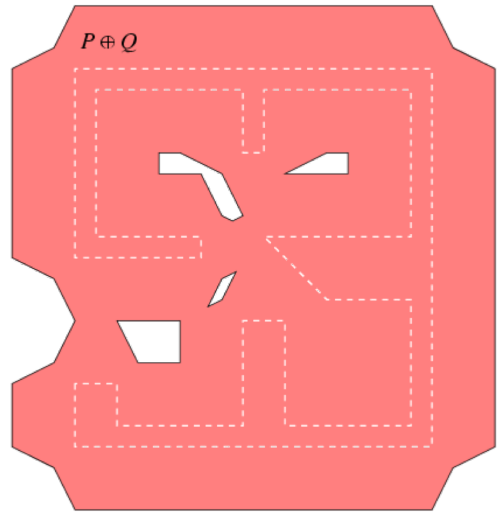
Algorithmische Geometrie

Minkowski-Summe

$P \in \mathbb{R}^d$

$Q \in \mathbb{R}^d$





$$P \oplus Q = \{p + q \mid p \in P, q \in Q\}$$

Algorithmus:

- Zerlege P und Q in konvexe Polygone (→Mengen A und B)
- Berechne $a \oplus b$ für alle $a \in A, b \in B$.
- Vereinige alle Ergebnispolygone

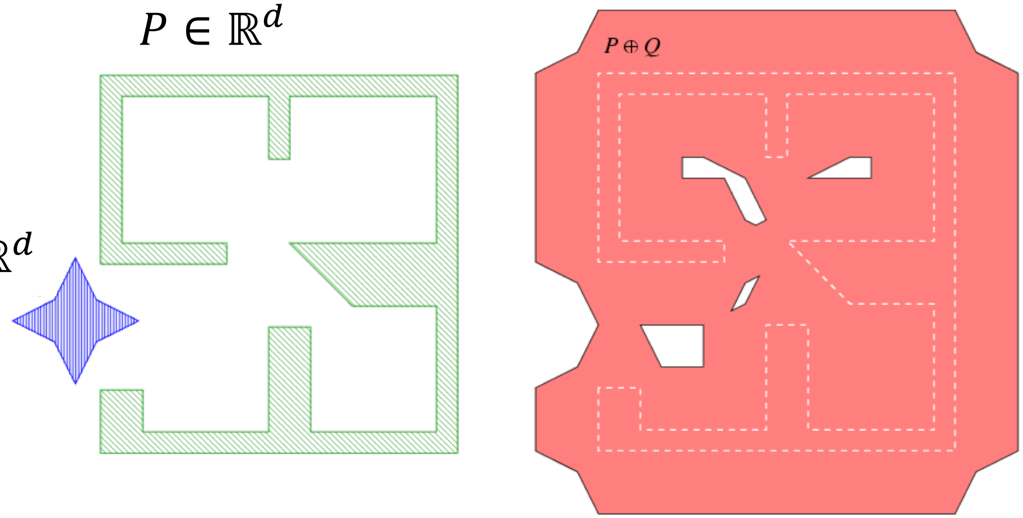
Bildquelle: http://www.cgal.org/

Algorithmische Geometrie

Minkowski-Summe

$P \in \mathbb{R}^d$

$Q \in \mathbb{R}^d$



$P \oplus Q = \{p + q \mid p \in P, q \in Q\}$

Komplexität $P \oplus Q$:

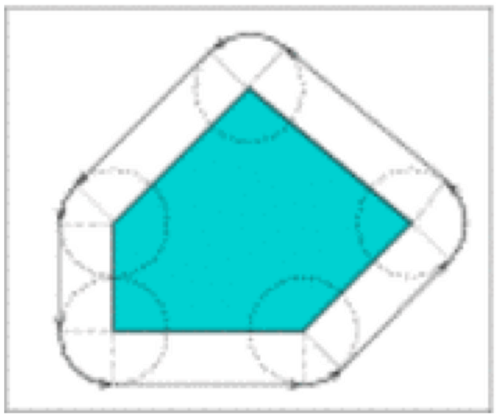
P, Q nicht konvex	$O(m^2 n^2)$	
entweder P oder Q konvex	$O(mn)$	$m =$ Anzahl Ecken P
P und Q konvex	$O(m+n)$	$n =$ Anzahl Ecken Q

Bildquelle: http://www.cgal.org/

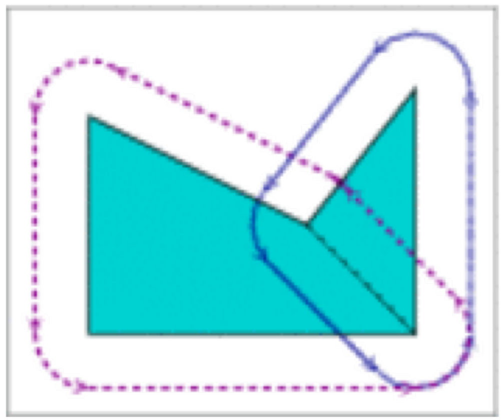
Algorithmische Geometrie

Minkowski-Summe

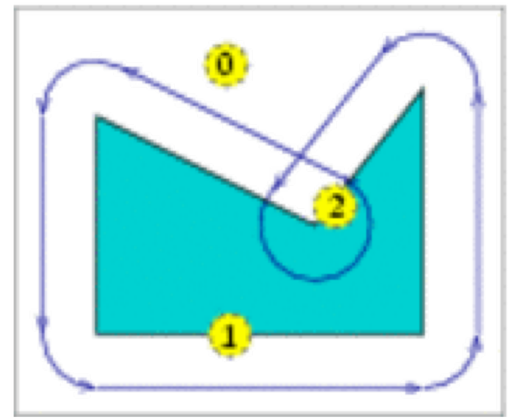
- Polygon-Pufferung



Pufferung eines konvexen Polygons



Pufferung durch Zerlegung in konvexe Polygone



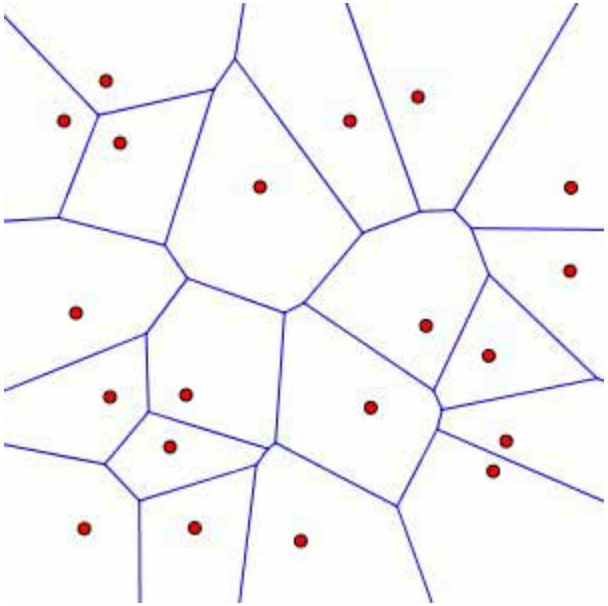
Pufferung durch Umlauf

Bildquelle: http://www.cgal.org/

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Sei $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ eine Menge von n Punkten.



Das Voronoi-Diagramm von P ist eine Zerlegung der Ebene in Regionen $F_1 \dots F_n$, so dass für jeden Punkt $p \in F_i$ und $i, j \in \{1, \dots, n\}$ gilt

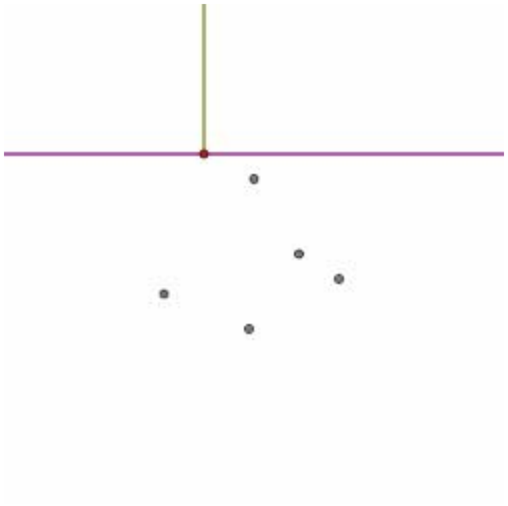
$$d(p, P_i) \leq d\left(p, P_j\right).$$

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



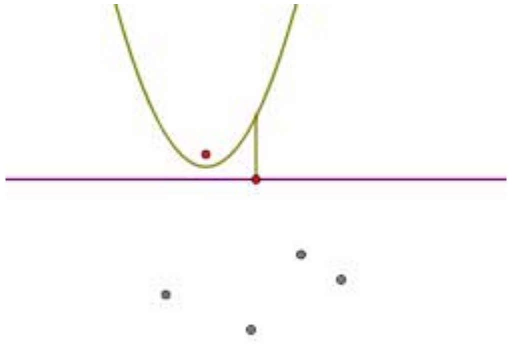
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



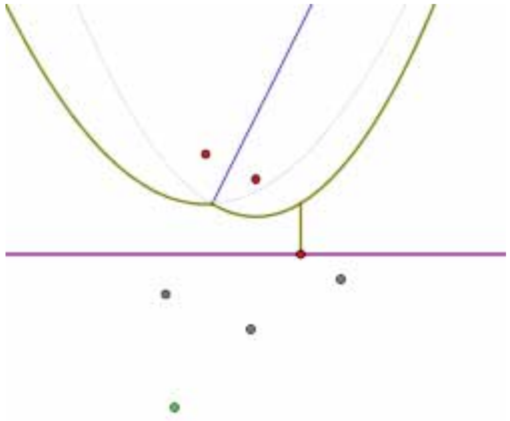
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



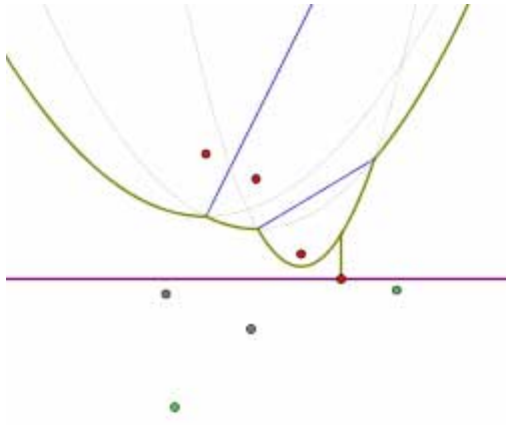
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



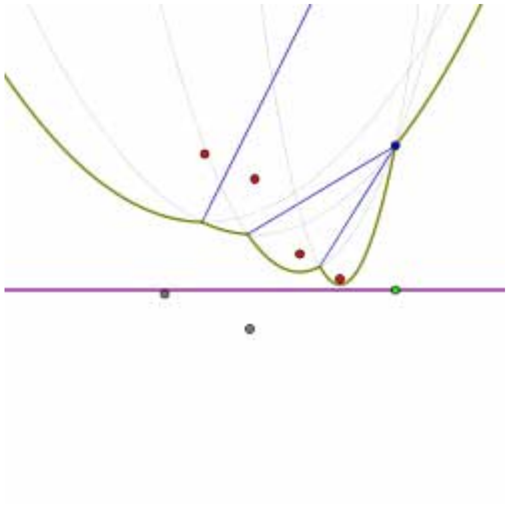
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



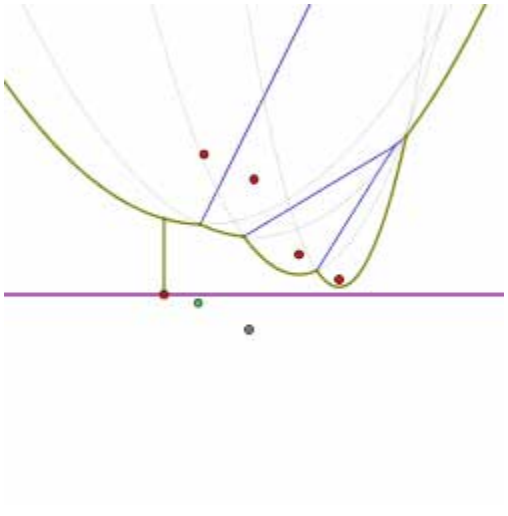
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$



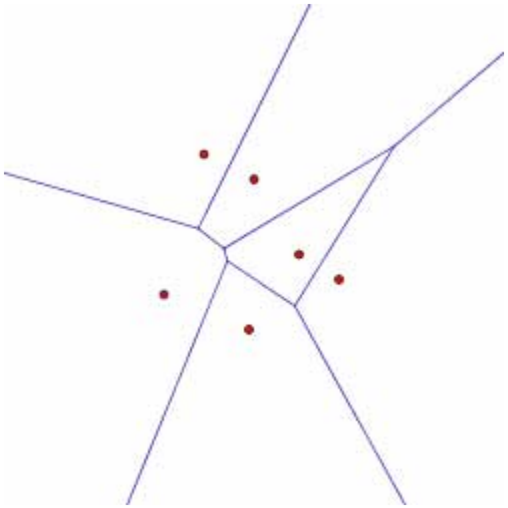
Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Algorithmus von Fortune:

- Sweep-Line-Algorithmus
- Laufzeit $O(n \log n)$

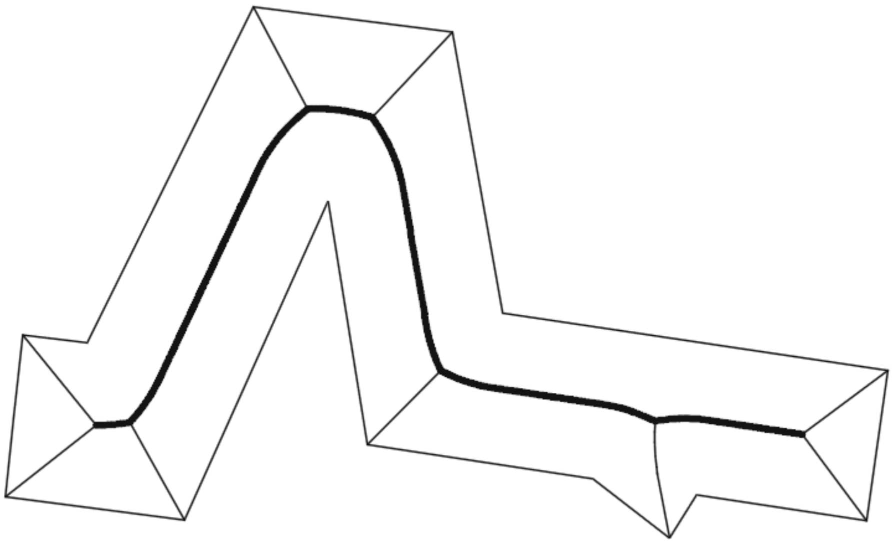


Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Voronoi-Diagramm

Mediale Achse: Voronoi-Diagramm von n Polygon*kanten*.



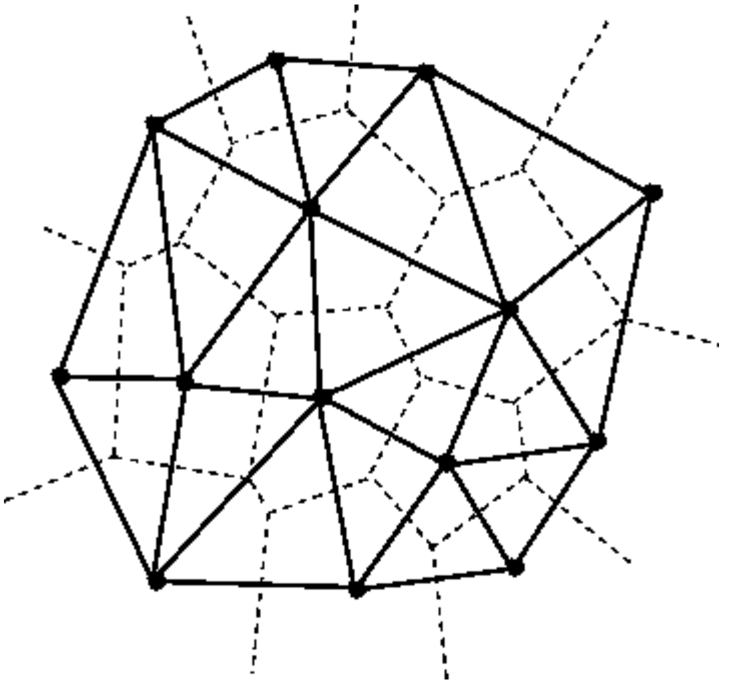
Algorithmus von Chin et al. 1995: Laufzeit $O(n)$

Bildquelle: http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-voronoi

Algorithmische Geometrie

Delaunay-Triangulierung

- Der Umkreis eines Dreiecks enthält in seinem Inneren keinen Eingabepunkt.
- Der kleinste Winkel ist maximal.
- Dual-Graph des Voronoi-Diagramms



inkrementeller Algorithmus:

- erwartete Laufzeit $O(n \log n)$

Teile-und-herrsche:

- Worst-Case-Laufzeit $O(n \log n)$

Anwendung:

- Interpolation (z.B. Höhenmodelle)

Algorithmische Geometrie

- räumliche Indexstrukturen
- Schnittpunkte von Liniensegmenten
- Minkowski-Summe
- Voronoi-Diagramm
- Delaunay-Triangulierung

Links

GIS-Bibliothek JTS (Java):

- http://sourceforge.net/projects/jts-topo-suite/

Quantum GIS:

- www.qgis.org/

Openstreetmap-Daten als shp-Datei:

- http://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html