

# Räumliche Indexstrukturen

Gero Kraus

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

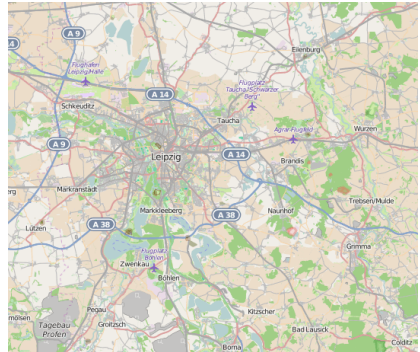
03. Juli 2015

# Geoinformationssystem

## Gespeichert: Geometrische Objekte

- Punkte
- Linien
- Linienzüge
- Polygone

⇒ Annäherung durch minimale umgebende Rechtecke



# Anforderungen an Indexierung

## Effiziente Beantwortung räumlicher Anfragen

- Punktanfragen
- Fensteranfragen
- Abstandsanfragen

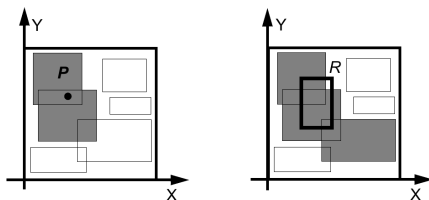


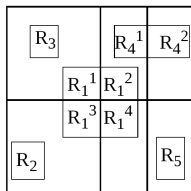
Abbildung: Punktanfragen, Fensteranfragen

Weiterhin:

- Möglichkeit des dynamischen Einfügen, Löschen, Verändern
- gute Speicherplatzausnutzung
- Robustheit gegenüber Ungleichverteilung der Geoobjekte

# Clipping

- Zerlegung in Blockregionen
- Zuweisung der Geoobjekte zu jeder Region, die sie schneiden



## Nachteil

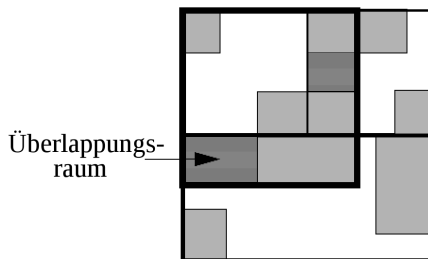
- Duplikate

## Vorteil

- Erhaltung der räumlichen Ordnung

# Überlappende Blockregionen

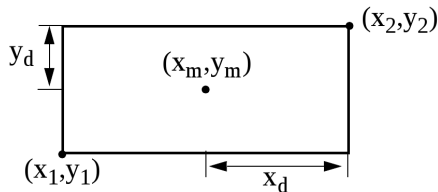
- Überlappung von Blockregionen möglich
- Verhindert willkürliches Zerschneiden von Geoobjekten
- Vertreter: R-Baum



# Punkttransformation

Überführung n-dimensionaler Rechtecke in 2n-dimensionale Punkte

- Eckentransformation
- Mittentransformation



## Nachteil

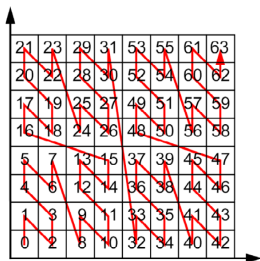
- Verlust räumlicher Ordnung

## Vorteil

- Indexstrukturen für Punkte können verwendet werden

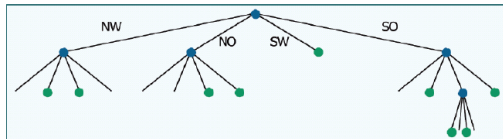
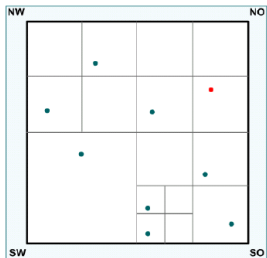
# Z-Ordnung

- Teilung des Raumes in Zellen
- Fraktale Kurve bestimmt lineare Ordnung
- Durchnummerierung der Zellen anhand der Kurve



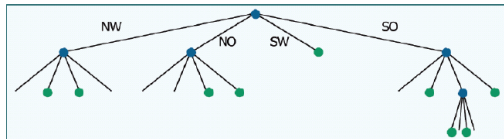
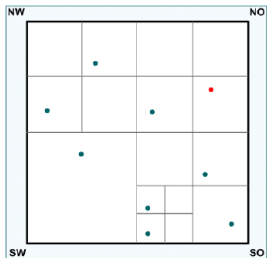
# PR-Quadrees

- Zellen werden so lange in 4 Teilzellen geteilt, bis in jeder Zelle nur noch ein Punkt



# PR-Quadrees

- Zellen werden so lange in 4 Teilzellen geteilt, bis in jeder Zelle nur noch ein Punkt

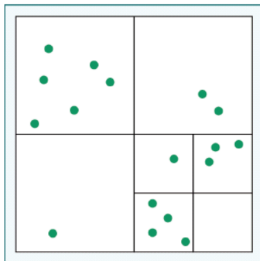


Problem:

- Speichert nur einen Punkt pro Zelle, nicht geeignet für Indexstruktur
- Innere Knoten halten nur 4 Verweise

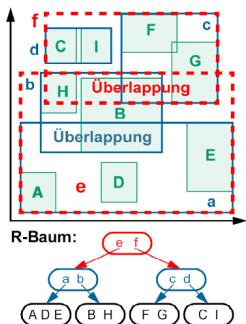
# Lösung: Linearer Quadtree

- Erhöhung der maximalen Kapazität pro Zelle
- Verwaltung der Datenknoten des Quadrees über  $B^+$ -Baum



# R-Baum

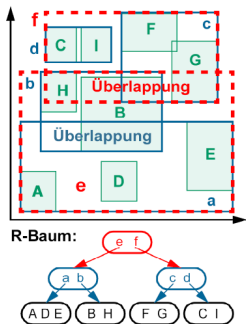
- Überlappende Blockregionen
- Balancierter Baum
- Duplikatfrei
- Blattknoten besitzen gleichen Abstand zur Wurzel
- Verzeichnis- und Datenknoten



# Suche

## R-Baum

- Rekursives durchgehen der Knoten, die Anfrageobjekt schneiden



# Einfügen

## R-Baum

- Bestimmung des Eintrags, in dessen Datenknoten/Teilbaum neues Geoobjekt eingefügt werden soll. 3 Varianten:
  - ① Geoobjekt liegt innerhalb einer Blockregion
  - ② Geoobjekt liegt innerhalb mehrerer Blockregionen  $\implies$  Wahl der Region mit geringster Fläche
  - ③ Geoobjekt in keiner der Blockregionen komplett enthalten  $\implies$  Wahl der Region mit geringstem Flächenzuwachs
- Falls Überlauf: Split  
Welcher der Einträge soll welchem der beiden Knoten zugeordnet werden? (Heuristik)
  - ① Linearer Split
  - ② Quadratischer Split

# Varianten

## $R^*$ - Verbesserung des R-Baums

- Minimierung der Überlappung zwischen Blockregionen
- Minimierung der Fläche der Blockregionen
- Blockregionen annähernd quadratisch
- Minimierung der Speicherplatzausnutzung

## $R^+$ -Baum

- Statt überlappender Indexstruktur Clipping

## Hilbert-R-Baum

- Mischung aus R- und  $B^+$ -Baum