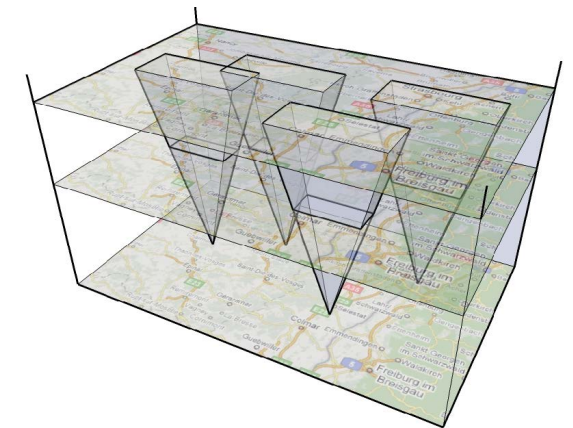
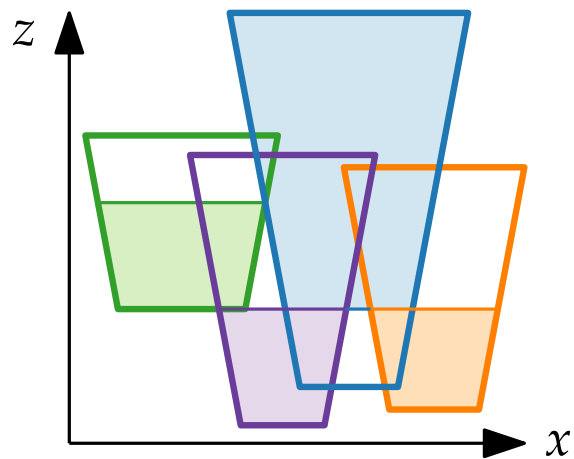


Algorithmen für geographische Informationssysteme

7. Vorlesung Dynamische Kartenbeschriftung: Zoomen

Teil I: Dynamische Karten



Die Ära der dynamischen Karten

Die meisten Karten sind heute nicht mehr statisch und allgemein, sondern dynamisch und individuell.

Welche Eigenschaften haben dynamische Karten und wie wirkt sich das auf die Beschriftung aus?



Kartenansicht bewegt sich kontinuierlich wenn der Nutzer

- zoomt (heute)
- verschiebt (einfach)
- rotiert (nächste Woche)
- neigt

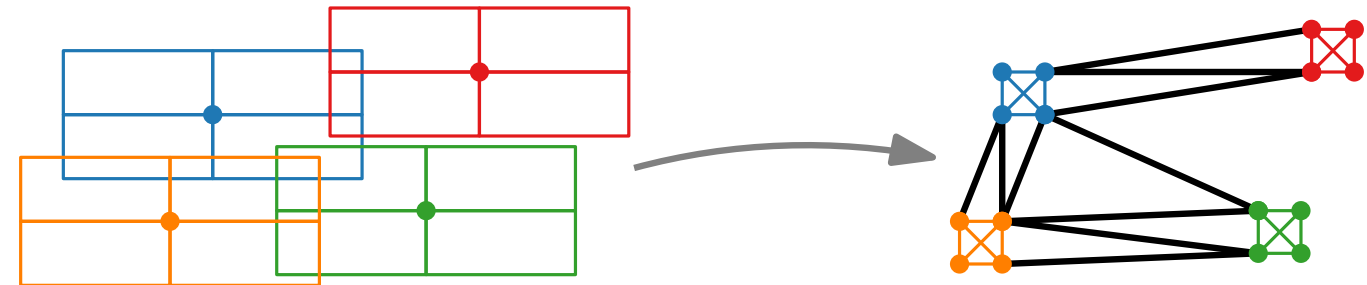
Layout und Beschriftung müssen sich an die dynamische Kartenbewegung anpassen

- ➔ kontinuierliche Generalisierung
- ➔ kontinuierliche Kartenbeschriftung



Lassen sich statische Verfahren nutzen?

Die meisten heuristischen **statischen** Ansätze nutzen Konfliktgraph als Modell für Überlappungen und suchen große unabhängige Labelmenge.



Übertragung auf **dynamische** Karten:
schnelle Algorithmen um jeden Frame einer Animation in Echtzeit zu beschriften.

Ansatz 1: Vorberechnung & Abfragen

[Petzold, Gröger & Plümer '03]

- konstruiere reaktiven Konfliktgraph, Abfrage während Interaktion, verwende greedy Verfahren für statische Labelauswahl

Ansatz 2: Schnelle on-the-fly Berechnung

Ist das Problem damit gelöst?

- berechne lokalen Konfliktgraph, schätze Positionskosten, suche greedy günstigste Position
- partikelbasierte Konflikterkennung, sequentielle Platzierung nach absteigender Positionspräferenz

[Mote '07]

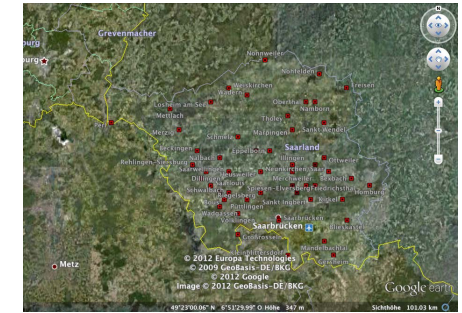
[Luboschik, Schumann & Cords '08]

Neue Verfahren



Die bisherigen Ansätze sind zwar schnell genug, aber die resultierenden Kartenanimationen sind oft unbefriedigend.

- jeder Frame wird unabhängig von Nachbarframes beschriftet
- Label neigen zu Flackern und Sprüngen
- **zeitliche Kohärenz** oder **Konsistenz** wird nicht betrachtet
- aktuelle reale Beispiele zeigen noch immer negative Effekte!



Konsistenzkriterien:

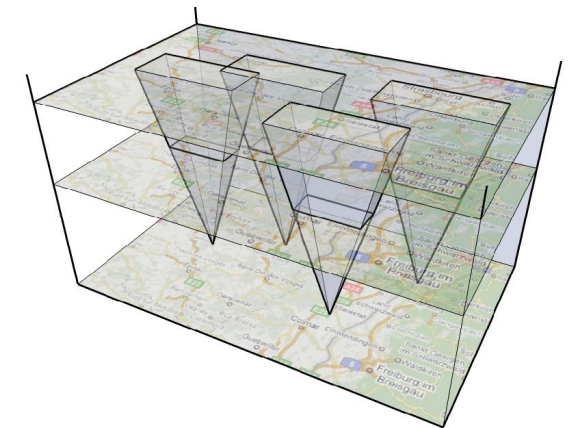
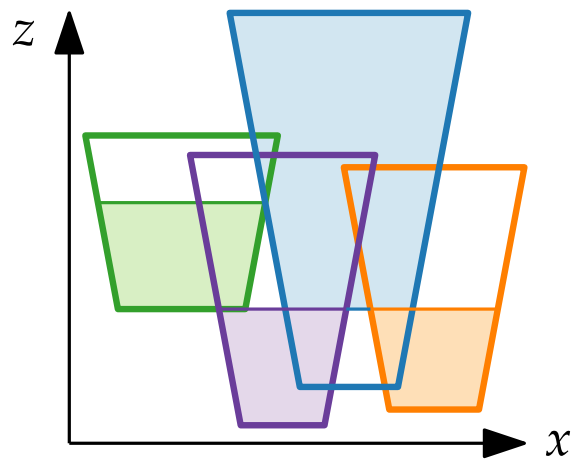
[Been, Daiches & Yap '06]

- **Monotonität:** Label sollen beim Vergrößern nicht verschwinden und beim Verkleinern nicht auftauchen
- **Kontinuität:** sichtbare Label sollen Position und Größe kontinuierlich ändern
- **Konsistenz:** Platzierung und Auswahl der Label soll eine Funktion des Kartenzustands sein und nicht von der Historie abhängen
- **feste Labelgröße** (auf dem Bildschirm)

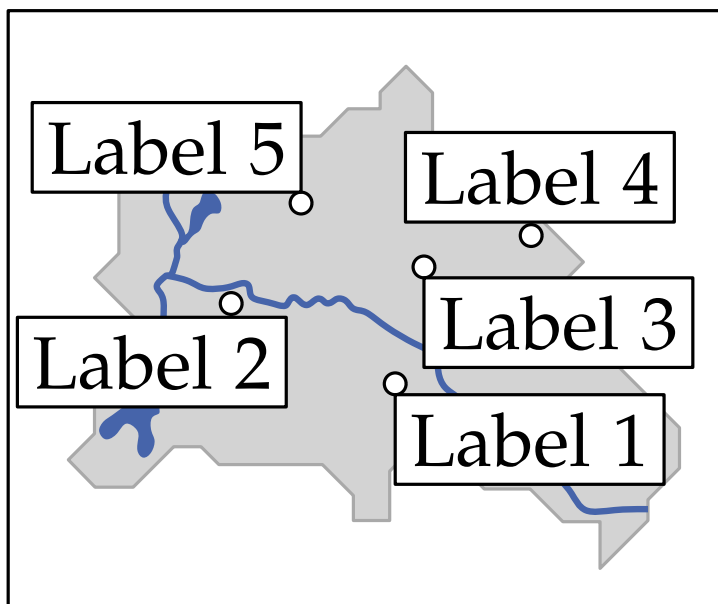
Algorithmen für geographische Informationssysteme

7. Vorlesung Dynamische Kartenbeschriftung: Zoomen

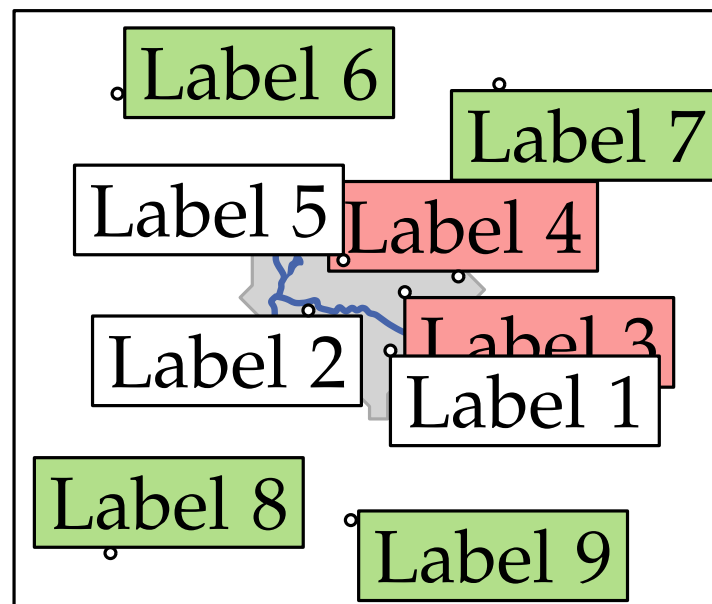
Teil II: Modell für Beschriften mit Zoom



Label in Karten mit Zoomfunktion



großer Maßstab



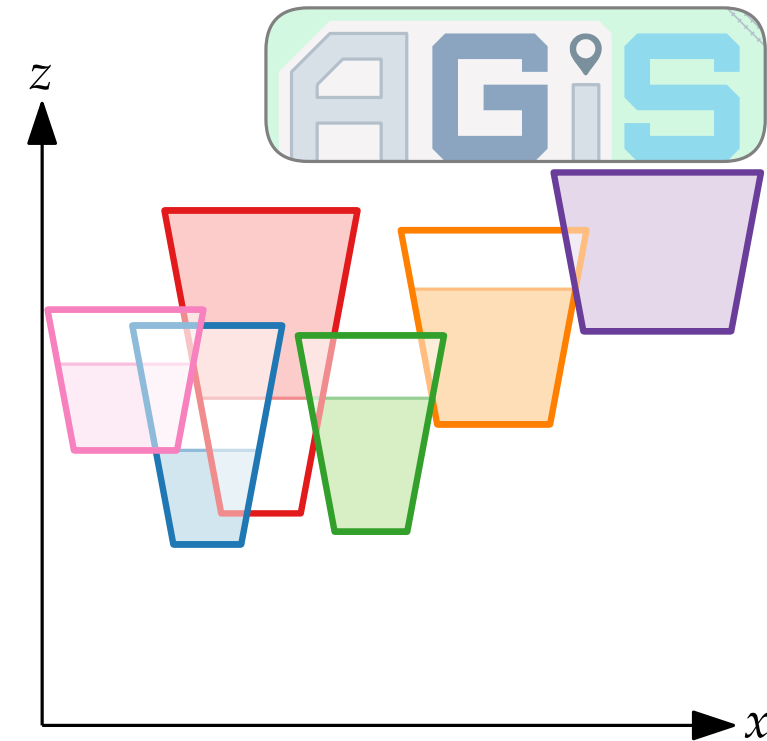
kleiner Maßstab

- feste Labelgröße → neue Konflikte
- neue Punkte kommen in Kartenausschnitt hinzu

3D Modell für dynamisches Beschriften

[Been, Daiches & Yap '06]

- (inverser) Maßstab auf z -Achse
- horizontaler Schnitt bei $z = z_0$ liefert Karte in Maßstab $1/z_0$
- jedes Label an festem Punkt verankert
➔ **kein Springen**



Betrachte erstmal 1D-Variante.

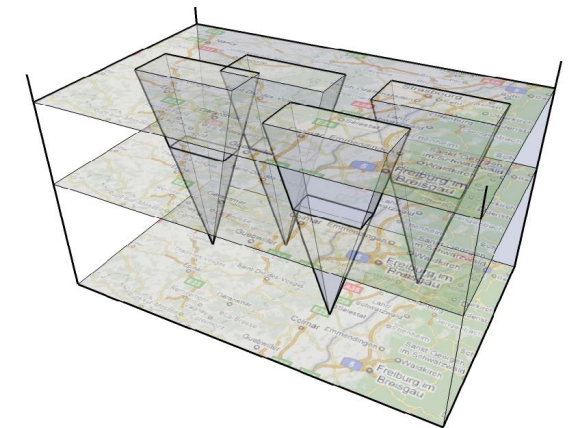
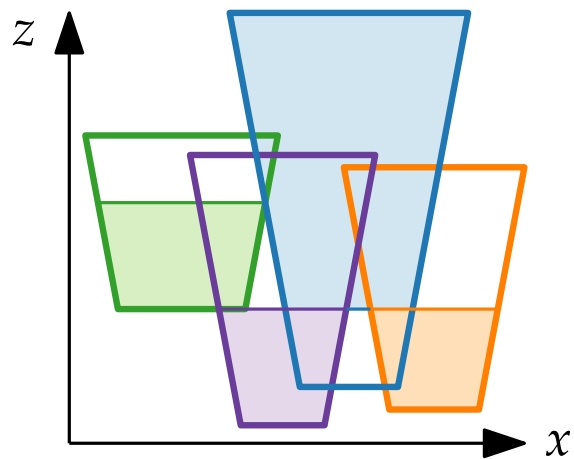
- Jedes Label L hat ein verfügbares Intervall S_L (z.B. nach Wichtigkeit)
- berechne ein **aktives Intervall** $A_L \subseteq S_L$
➔ **kein Flackern**
- aktive Intervalle müssen disjunkte Pyramidenstümpfe (Labelkörper) induzieren
➔ **keine Überlappungen**

Ziel: maximiere **aktive Gesamthöhe** $\sum_L |A_L|$

Algorithmen für geographische Informationssysteme

7. Vorlesung Dynamische Kartenbeschriftung: Zoomen

Teil III: Greedy Top-Down Algorithmus





Greedy Top-Down Sweep Algorithmus

Gegeben: ■ Menge $\mathcal{L}$ von (offenen) Labelpyramiden
 ■ Verfügbare Intervalle (s_L, S_L) für alle $L \in \mathcal{L}$

Gegeben: Aktive Intervalle (a_L, A_L) für alle $L \in \mathcal{L}$

GREEDYTOPDOWN($\mathcal{L}$)

foreach $L \in \mathcal{L}$ **do**

└ $(a_L, A_L) = (s_L, S_L)$ absteigend sortiert nach (A_L, S_L)

$Q = \text{PRIORITYQUEUE}(\mathcal{L})$

while $!Q.\text{isEmpty}()$ **do**

└ $L = Q.\text{EXTRACTMAX}()$

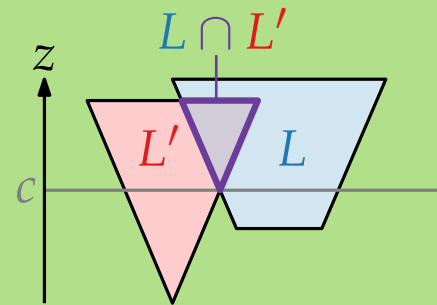
└ **foreach** $L' \in Q$ **do**

└└ **if** $L \cap L' \neq \emptyset$ **then**

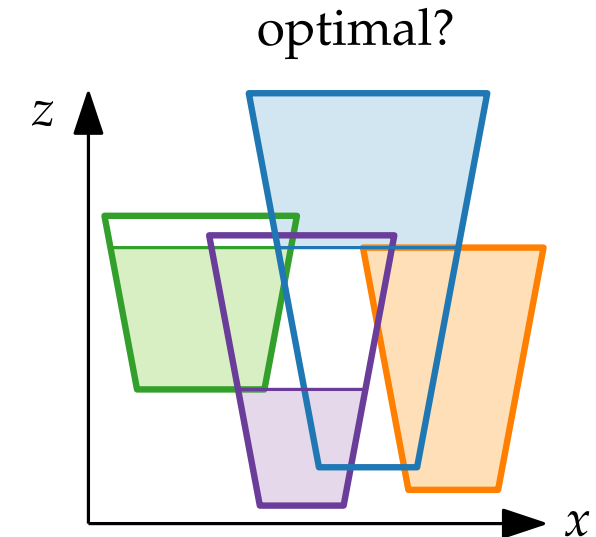
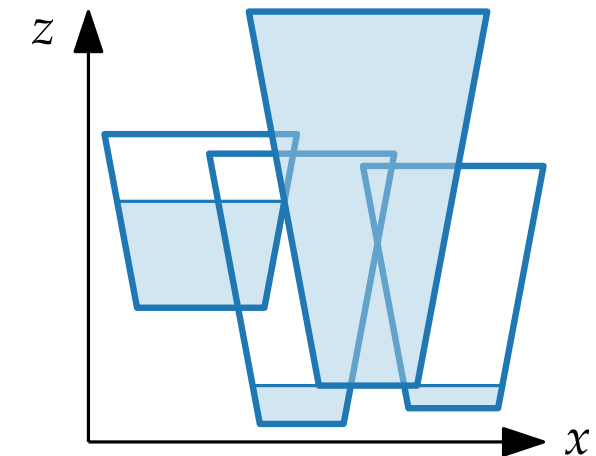
└└└ $c = \text{kleinste } z\text{-Koordinate von } L \cap L'$

└└└ $A_{L'} = \min\{A_{L'}, c\}$

└└└ **if** $A_{L'} = a_{L'}$ **then** $Q.\text{REMOVE}(L')$



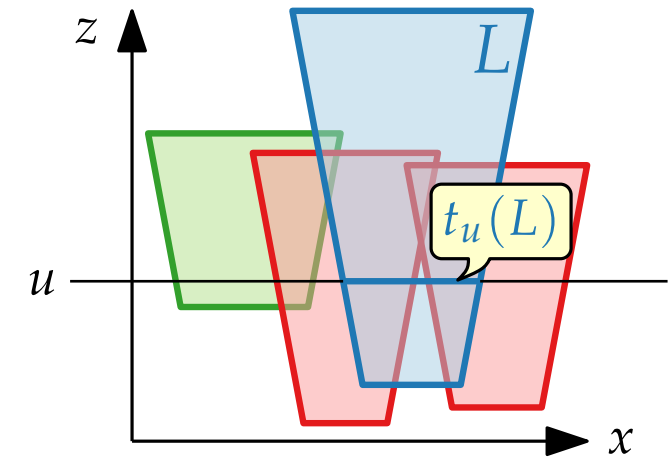
Laufzeit?
 $\mathcal{O}(n^2)$





Blockade-Lemma

- die **Spur** $t_u(L)$ eines Labelkörpers L zum Wert u ist der Schnitt von L mit der Ebene $\pi(u) : z = u$
- L **blockiert** L' an Wert u in Lösung $\mathcal{A}$, wenn $a_L \leq u \leq A_L$ und $t_u(L) \cap t_u(L') \neq \emptyset$
- L und L' sind **unabhängig** am Wert u , falls $t_u(L) \cap t_u(L') = \emptyset$



Blockade-Lemma.

Sei $\mathcal{L}$ eine Menge von Labelkörpern. Falls jedes $L \in \mathcal{L}$ für jeden z -Wert u nicht mehr als c paarweise unabhängige Labelkörper blockiert, dann liefert GREEDYTOPDOWN eine $(1/c)$ -Approximation.

Beweis. Sei L ein beliebiges Label mit $a_L \leq u \leq A_L$.

Betrachte eine optimale Lösung.

Wenn sie L für z -Wert u nicht wählt, dann maximal c andere Labels. □



Approximation für Einheitslabel

Blockade-Lemma.

Sei $\mathcal{L}$ eine Menge von Labelkörpern. Falls jedes $L \in \mathcal{L}$ für jeden z -Wert u nicht mehr als c paarweise unabhängige Labelkörper blockiert, dann liefert GREEDYTOPDOWN eine $(1/c)$ -Approximation.

Satz.

Für n achsenparallele Labels gleicher Größe berechnet GREEDYTOPDOWN eine $(1/4)$ -Approximation.

Lemma.

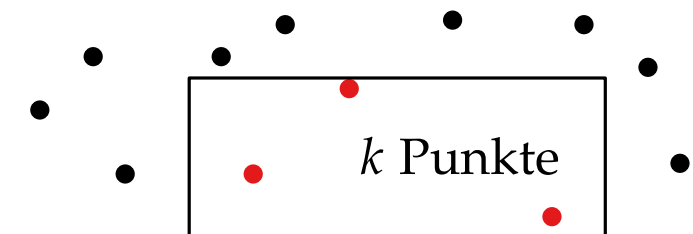
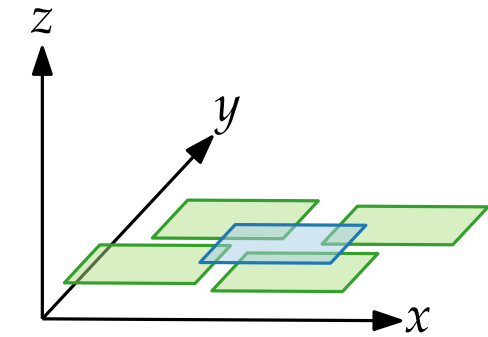
GREEDYTOPDOWN lässt sich in $\mathcal{O}((n + k) \log^2 n)$ Zeit implementieren.

Anzahl von Seiten-Schnitten der Labelpyramiden

Range Tree:

Geometrische Datenstruktur zur Beantwortung rechteckiger Bereichsanfragen für eine Menge P von n Punkten.

Aufbau: $\mathcal{O}(n \log n)$, Speicher: $\mathcal{O}(n \log n)$, Query: $\mathcal{O}(k + \log^2 n)$

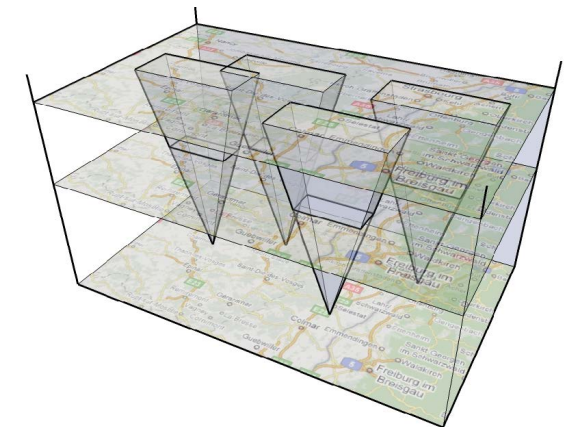
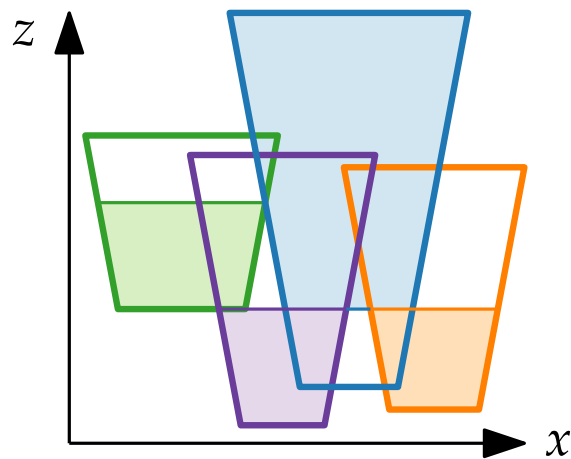


Algorithmen für geographische Informationssysteme

7. Vorlesung Dynamische Kartenbeschriftung: Zoomen

Teil IV: Ebenenbasierter Greedy-Algorithmus

nicht prüfungsrelevant





Ebenenbasierter Greedy-Algorithmus

Gegeben: ■ Menge $\mathcal{L}$ von (offenen) **quadratischen** Labelpyramiden
 ■ Verfügbare Intervalle $(0, S_{\max})$ für alle $L \in \mathcal{L}$

Gegeben: Aktive Intervalle $(0, A_L)$ für alle $L \in \mathcal{L}$

LAYEREDTOPDOWN($\mathcal{L}$)

foreach $L \in \mathcal{L}$ **do**

 | $L.\text{active} = \text{false}; A_L = 0$

for $i = 0$ **to** $\log_2 n$ **do**

// Phase i

$u = S_{\max}/2^i; \pi_i = \pi(u)$

// betrachtete z-Koordinate

$\mathcal{T}$ = Inaktive Labelpyramiden, die keine aktiven Labels in π_i schneiden

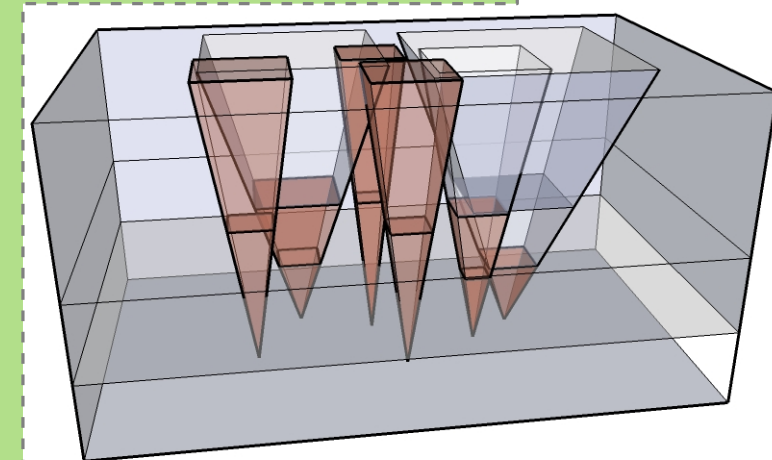
while $\mathcal{T} \neq \emptyset$ **do**

 | L = Labelpyramide in $\mathcal{T}$ mit kleinster Spur

 | $L.\text{active} = \text{true}$

 | $A_L = S$

 | Entferne L und alle in π_i geschnittenen Labels aus $\mathcal{T}$

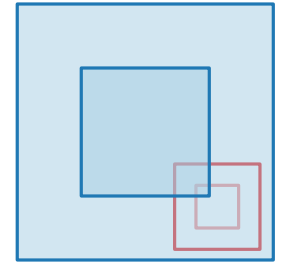




Blocker-Zuordnung

Am Ende von Phase i werden alle inaktiven Labels durch ein aktives Label blockiert. Sei L' ein blockiertes Label. Wir weisen L' einem aktiven Label L zu, da es blockiert.

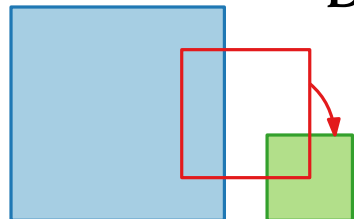
- A) Falls L' anfangs in $\mathcal{T}$ war, wurde L' durch neu aktiviertes Label L blockiert. Weise L' dem Label L zu.
- B) Sonst weise L' einem beliebigen blockierenden Label L zu, das schon zu Beginn der Phase i aktiv war.



Lemma.

Sei L ein aktives Label in Ebene π_i . Sei ℓ die Seitenlänge der Spur von L in π_i . Sei L' ein inaktives Label, das L zugewiesen wurde. Dann hat die Spur von L' Seitenlänge $\ell' \geq \ell/3$ und schneidet den Rand von L .

- Beweis.** A) L wurde vor L' in Phase i ausgewählt $\Rightarrow L'$ hat Seitenlänge $\geq \ell$.
- B) Sei $h < i$ die letzte Phase, in der L' nicht L sondern L'' zugewiesen wurde.



$\Rightarrow L$ war in Phase h schon aktiv (sonst A)

Angenommen $\ell' < \ell/3 \Rightarrow L$ enthält L' komplett in allen Ebenen $\pi_{\leq i-1}$.

$\Rightarrow L$ schneidet L'' in Ebene π_h . ⚡

Abschätzung aktive Gesamthöhe



Lemma.

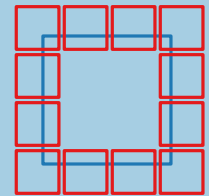
Sei $\mathcal{S}$ optimale Lösung und $\mathcal{A}$ Lösung von LAYEREDGREEDY. Wenn keinem Label in $\mathcal{A}$ mehr als c Labels in $\mathcal{S}$ zugewiesen werden, dann ist $\mathcal{A}$ eine $\frac{1}{2c}$ -Approximation.

Beweisidee.

- Labels aus $\mathcal{A}$ können durch maximal c Labels aus $\mathcal{S}$ ersetzt werden.
- Labels können fast $2\times$ so lang aktiv sein (bis kurz vor nächster Ebene)

Lemma.

Sei L ein aktives Label in Ebene π_i . Sei ℓ die Seitenlänge der Spur von L in π_i . Sei L' ein inaktives Label, das L zugewiesen wurde. Dann hat die Spur von L' Seitenlänge $\ell' \geq \ell/3$ und schneidet den Rand von L .



→ $c \leq 12$

Satz. Ebenen werden mit Faktor $(1 - 4\varepsilon)$ statt 2 kleiner

Für n achsenparallele Quadrate berechnet LAYEREDGREEDY eine $(1/24)$ -Approximation in $\mathcal{O}(n \log^3 n)$ Zeit. Für n achsenparallele Labels gleicher Größe berechnet es eine $(1/8)$ -Approximation / eine $(1/4 - \varepsilon)$ -Approximation in $\mathcal{O}(n \log n \log(n/\varepsilon)/\varepsilon)$ Zeit.