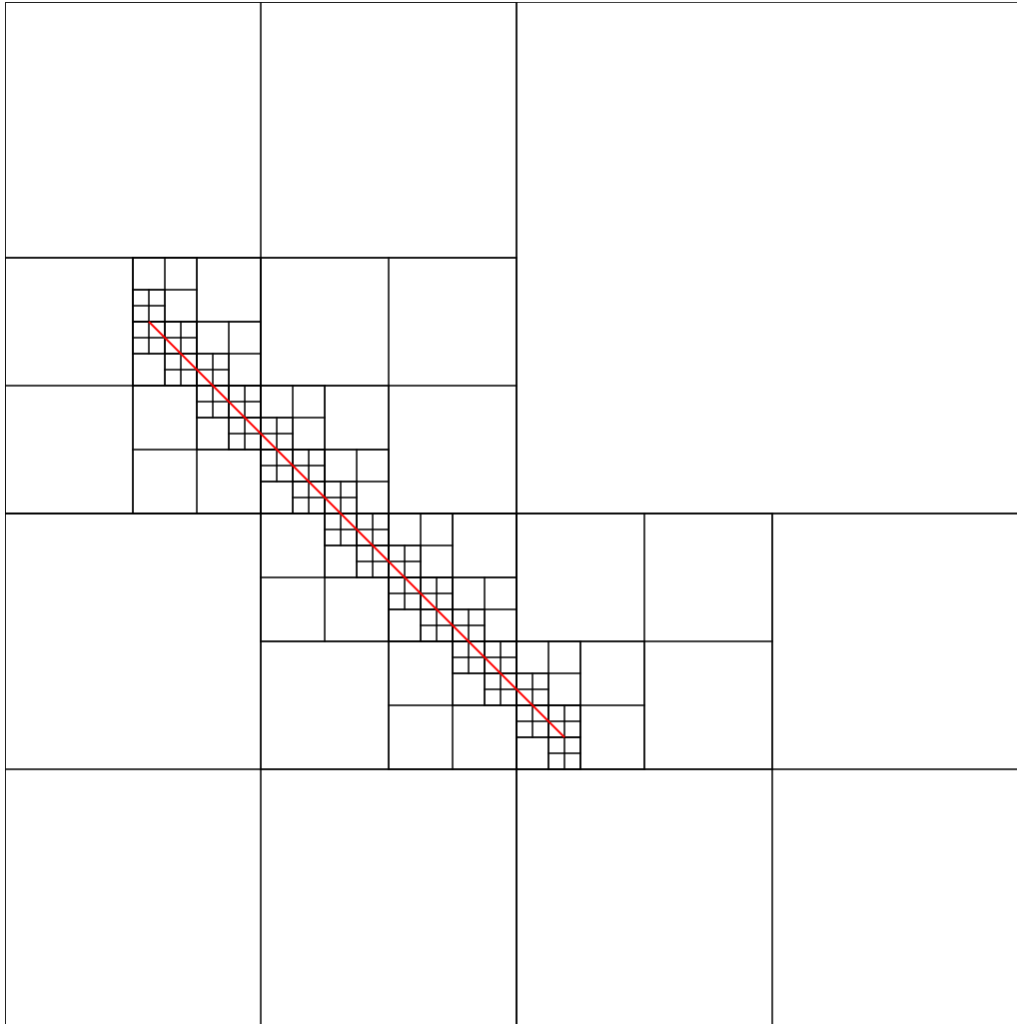
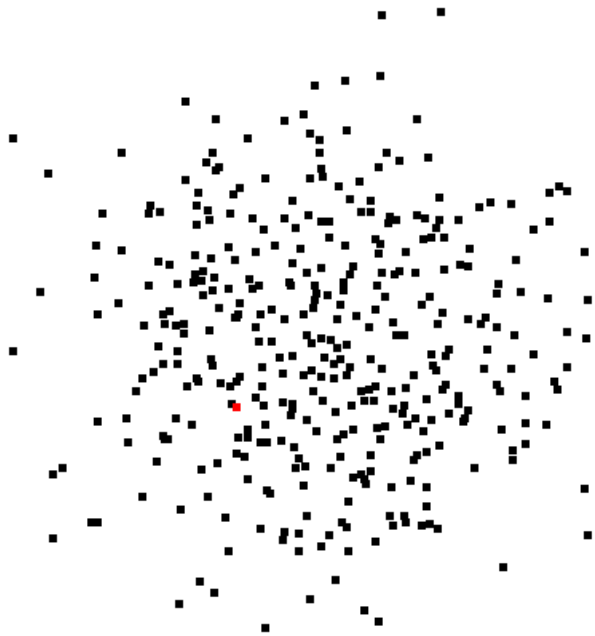


Quadtrees

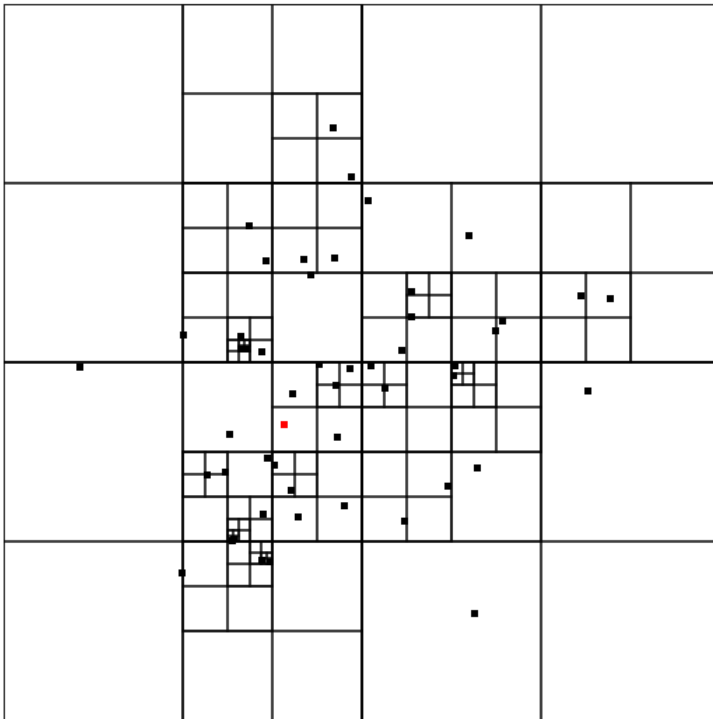


Motivation

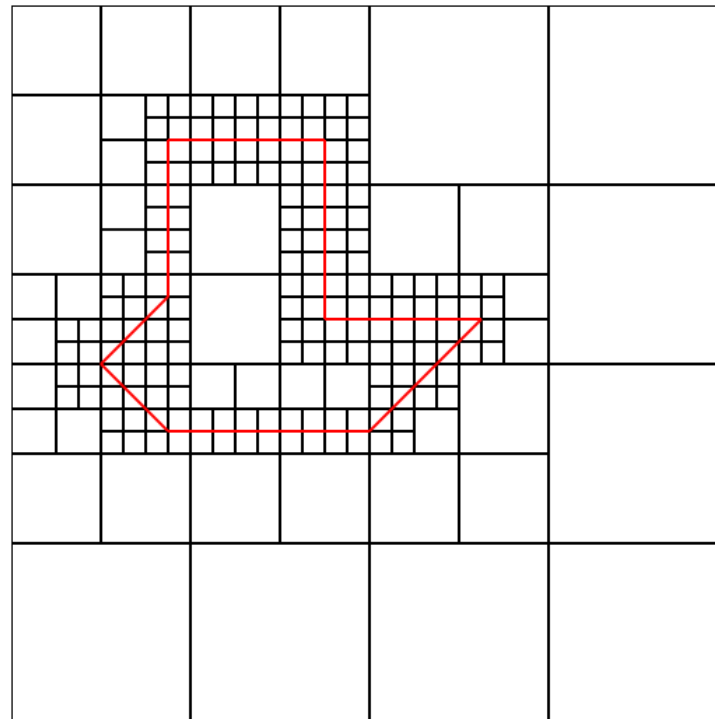


Wie findet man *schnell* die Nachbarn zum roten Punkt

Übersicht

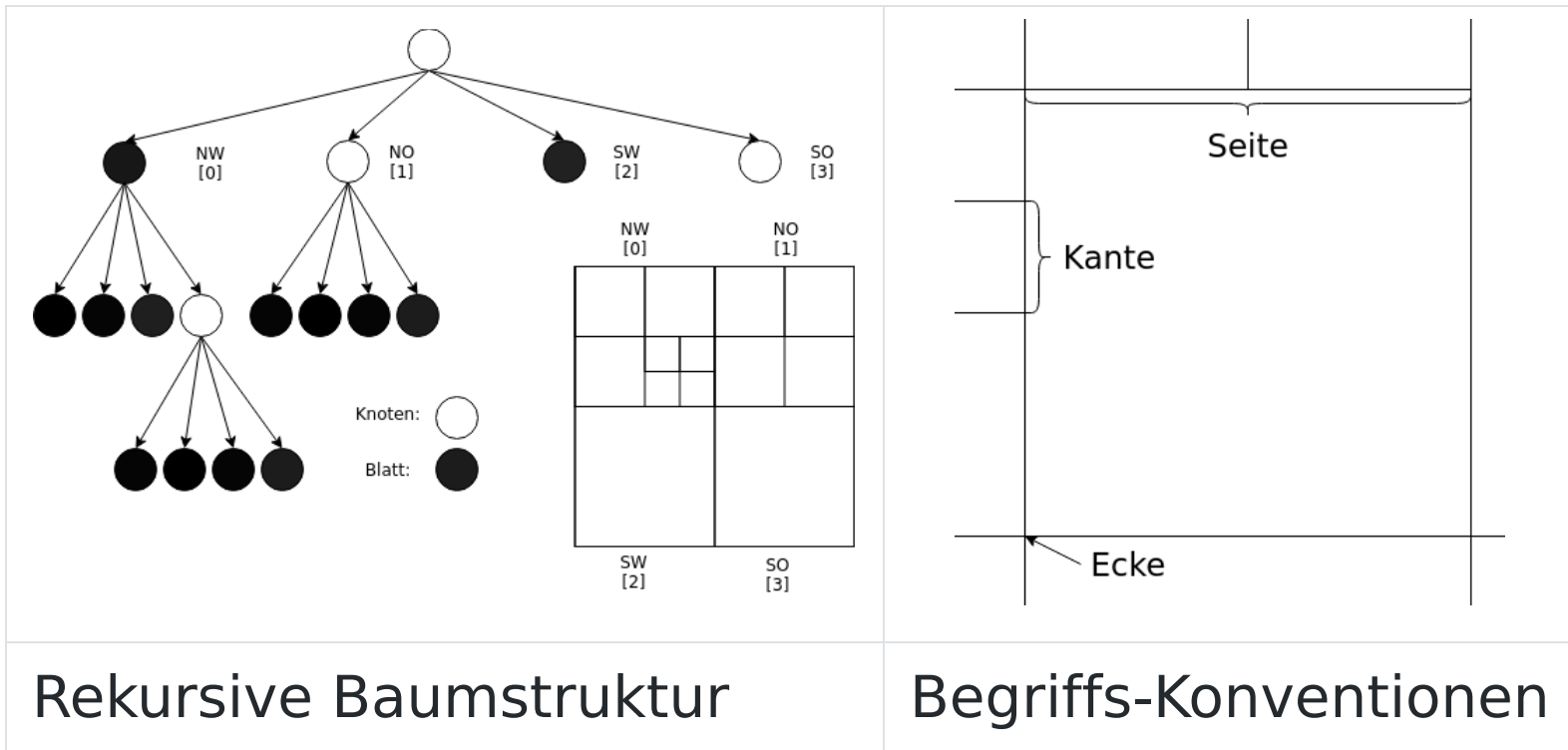


Punktverwaltung



Geometrie

Aufbau eines Quadtree



Punkte einfügen

Wurzelknoten σ_{root} , allgemein: $\sigma := [x_\sigma : x'_\sigma] \times [y_\sigma : y'_\sigma]$

$\sigma_{NW}, \sigma_{NO}, \sigma_{SW}, \sigma_{SO}$ sind Kinder von σ

Punkte $p \in P$ werden in den Kindern von σ gespeichert:

$$x_{mid} := \frac{x_\sigma + x'_\sigma}{2} \quad y_{mid} := \frac{y_\sigma + y'_\sigma}{2}$$

$$P_{NW} := \{p \mid p_x \leq x_{mid} \ \& \ p_y \leq y_{mid} \ \& \ p \in P\}$$

$$P_{NO} := \{p \mid p_x > x_{mid} \ \& \ p_y \leq y_{mid} \ \& \ p \in P\}$$

$$P_{SW} := \{p \mid p_x \leq x_{mid} \ \& \ p_y > y_{mid} \ \& \ p \in P\}$$

$$P_{SO} := \{p \mid p_x > x_{mid} \ \& \ p_y > y_{mid} \ \& \ p \in P\}$$

Punkte einfügen

Algorithmus

```
function insertPoint (Tree t, Point p) {  
    if(t.size <= UNITSIZE && t.point != null) return false  
  
    if(t.childs == null && t.point == null) {  
        t.point = p  
    } else if(t.childs == null && t.point != null) {  
        t.createChilds()  
        t.insertPointToChilds(p)  
        t.insertPointToChilds(t.point)  
    } else {  
        t.insertPointToChilds(p)  
    }  
    return true  
}
```

Punkte einfügen

Laufzeit

Satz

Ein Quadtree der Tiefe d , welcher n Punkte speichert, kann in der Zeit $O((d + 1)n)$ erzeugt werden und hat $O((d + 1)n)$ Knoten.

Nachbarn finden

	SW [2]	SO [3]	
NO [1]	NW [0]	NO [1]	NW [0]
SO [3]	SW [2]	SO [3]	SW [2]
	NW [0]	NO [1]	

Nachbarn finden

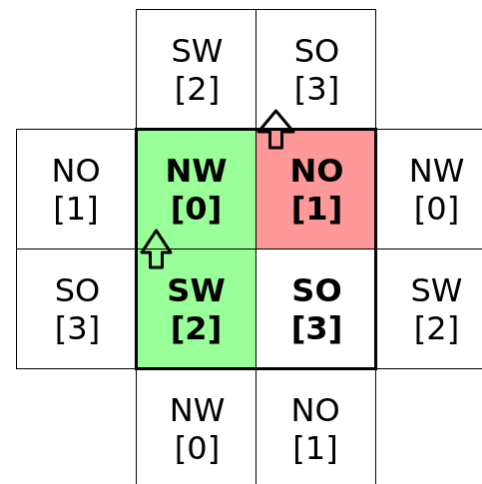
Richtung und Position zu Enum übersetzen:

```
Enum Pos = {NW=0, NO=1, SW=2, SO=3}  
Enum Direction = {NORTH=0, EAST/OST=1, SOUTH=2, WEST=3}
```

```
//getInsideNeighbour  
function gINeighbour (Direction d, Position t) {  
    return <correctDirection>  
}
```

gINeighbour(NORTH, Pos.SW)
return Pos.NW

gINeighbour(NORTH, Pos.NO)
return -1 (no Neighbour found)



Nachbarn finden

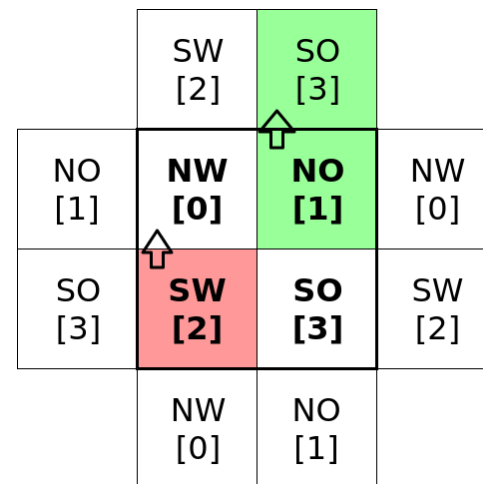
Richtung und Position zu Enum übersetzen:

```
Enum Pos = {NW=0, NO=1, SW=2, SO=3}  
Enum Direction = {NORTH=0, EAST/OST=1, SOUTH=2, WEST=3}
```

```
//getOutsideNeighbour  
function gONeighbour (Direction d, Position t) {  
    return <correctDirection>  
}
```

```
gONeighbour(NORTH, Pos.SW)  
return -1 //no Neighbour found
```

```
gONeighbour(NORTH, Pos.NO)  
return Pos.SO
```



Nachbarn finden

Algorithmus

```
Enum Direction = {N = 0, O = 1, S = 2, W = 3}
Enum Pos = {NW = 0, NO = 1, SW = 2, SO = 3}

function findNeighbour(Tree t, Direction d) {
    if(t.parent == null) return null

    else if(gINeighbour(d, t.position) != -1) {
        return t.parent.chilts[gINeighbour(d, t.position)
    } else {
        out = t.parent.getNeighbour(d)
        if(out == null || out.chilts == null) {
            return out
        } else {
            return out.chilts[gONeighbour(d, t.position)
        }
    }
}
```

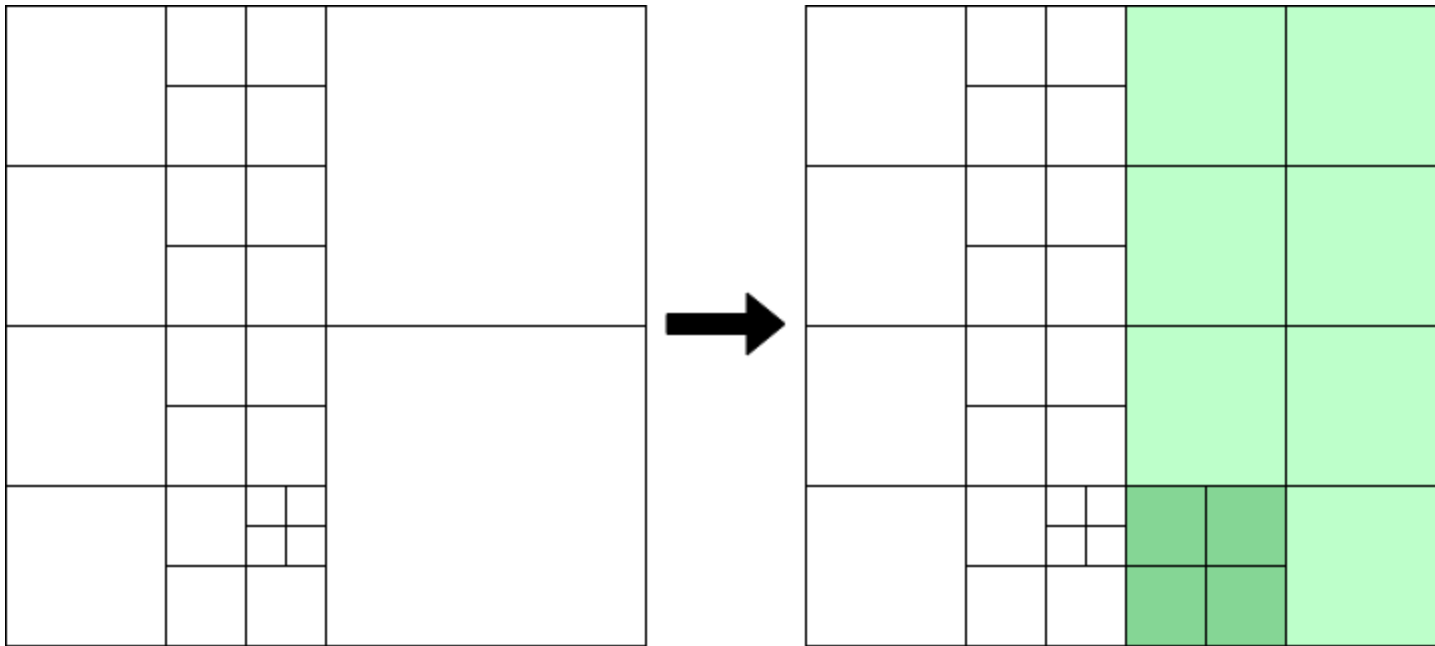
Nachbarn finden

Laufzeit

Satz

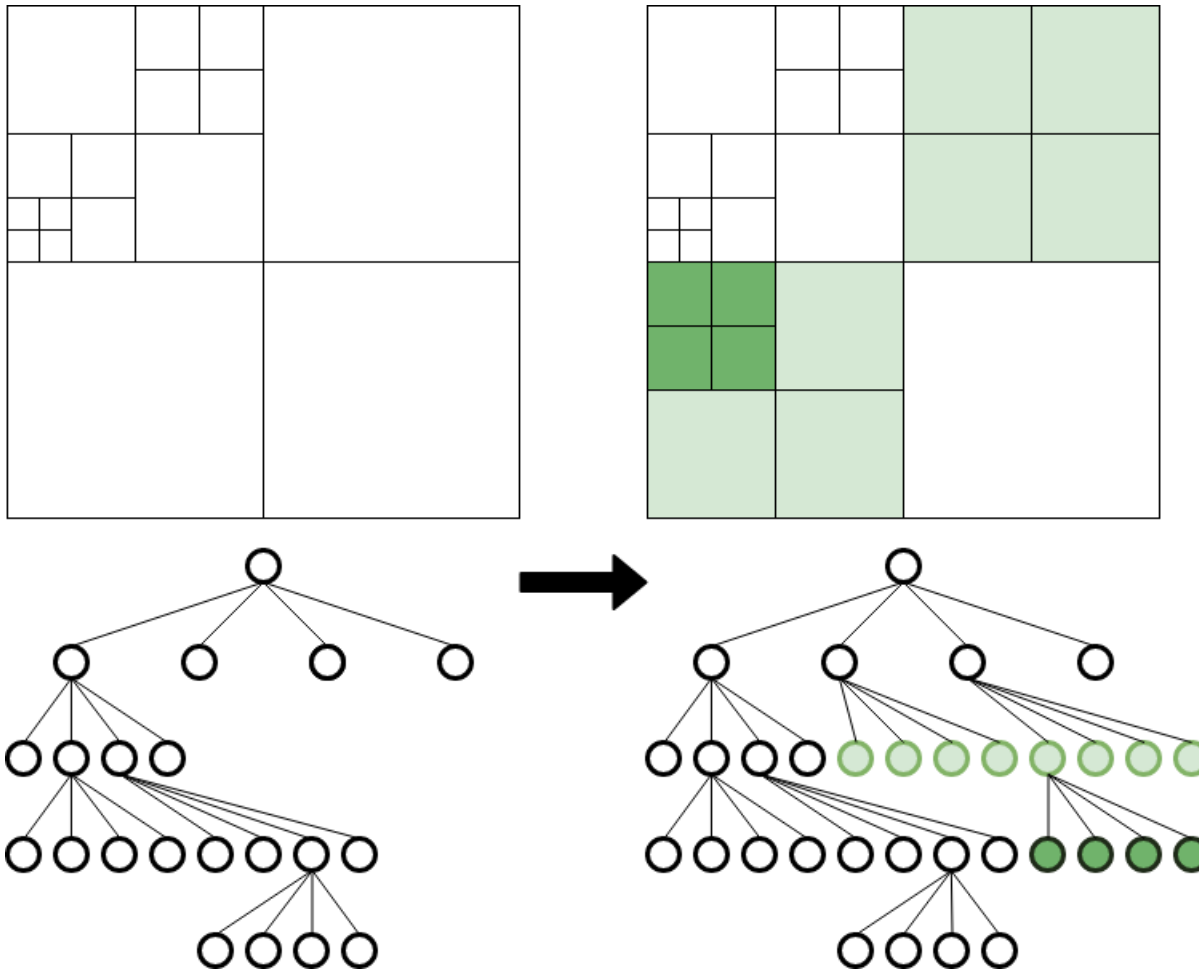
Sei T ein Quadtree der Tiefe d , so kann für einen Knoten v der Nachbar in gegebener Richtung in $O(d + 1)$ gefunden werden.

Balancieren eines Quadtree



Grafische Darstellung

Balancieren eines Quadtree



Baumdarstellung

Balancieren eines Quadtreees

Algorithmus

```
function balance(QTree root) {  
    List l = root.getLeavesRecursive();  
    for (Qtree t in l){  
        for(direction = 0; direction < 4, direction++) {  
            neighbour = t.getNeighbour(direction)  
            if(neighbour != null && neighbour.chilids != null){  
                if(smallChilidsAdjacent(neighbour,direction)) {  
                    t.addChilids()  
                    l.append(t.getChilids())  
                    l.append(getNeighboursWithoutChilids(t))  
  
                    if(t.point != null)  
                        t.insertPointToChilids(t.point)  
                    break  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```

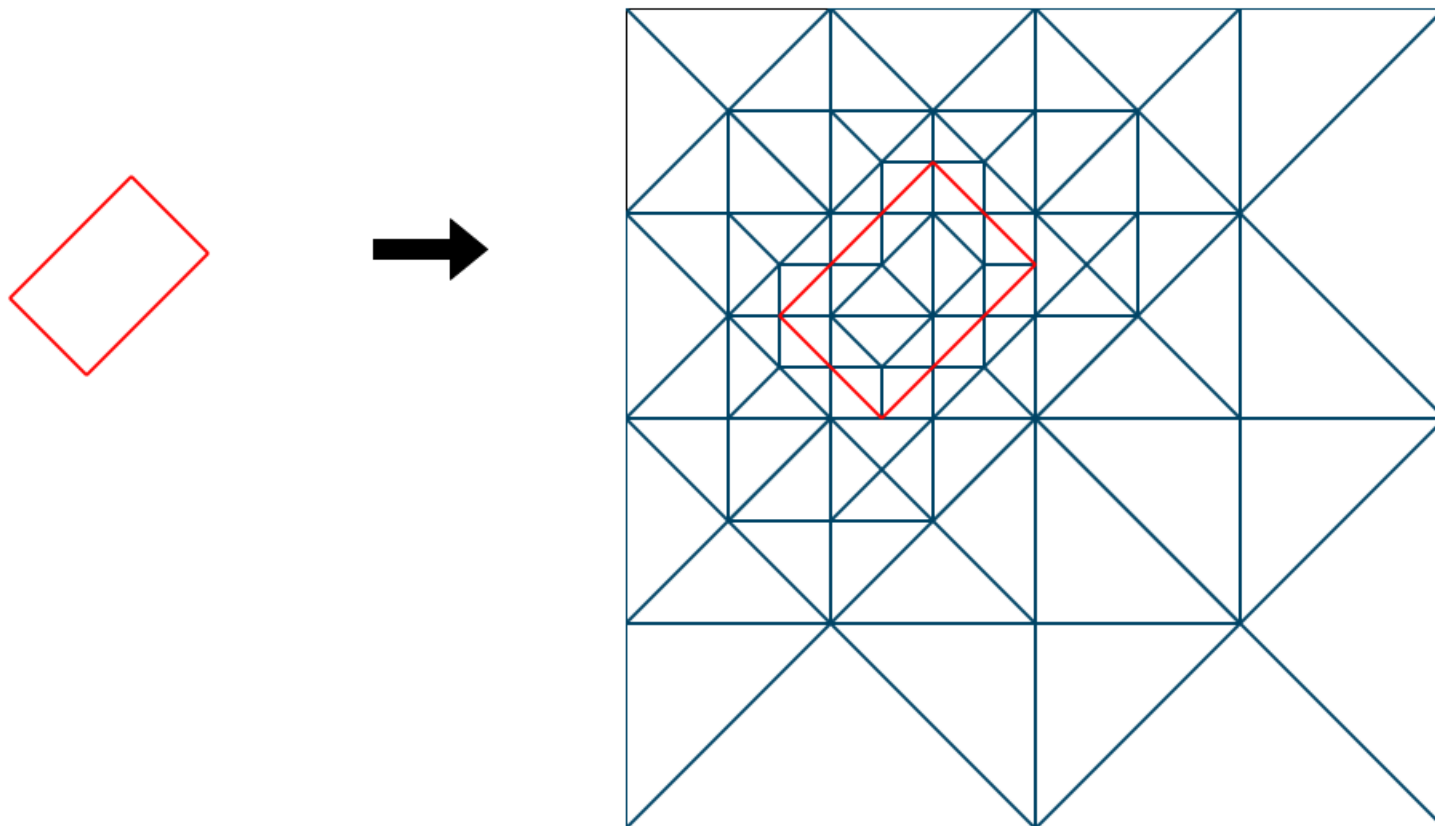
Balancieren eines Quadtreees

Laufzeit

Satz

Sei T ein Quadtree mit m Knoten, dann hat der balancierte Quadtree T' $O(m)$ Knoten und kann in $O((d + 1)m)$ aus T konstruiert werden.

Netzkonstruktion mit Quadrtrees



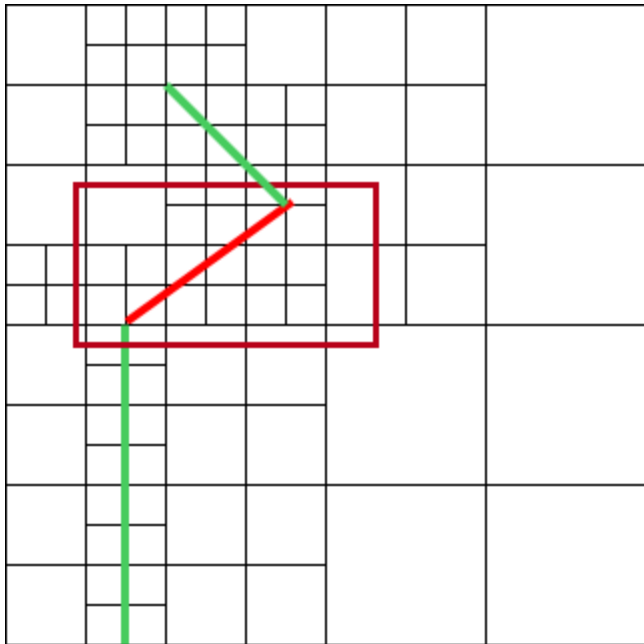
Netzkonstruktion mit Quadrees

Bedingungen und Vorgaben:

- Polygon Ecken haben nur die Winkel 0° , 45° , 90° und 135° .
- Es wird, wenn möglich, ein nicht-uniformes Netz erzeugt.
- Ein Quadtree, der eine Kante eines Polygons enthält, wird aufgeteilt, bis das Kind mit der Polygonkante Minimalgröße hat.
- Das gewünschte Netz muss aus einem balancierten Graphen erzeugt werden.

Netzkonstruktion mit Quadrees

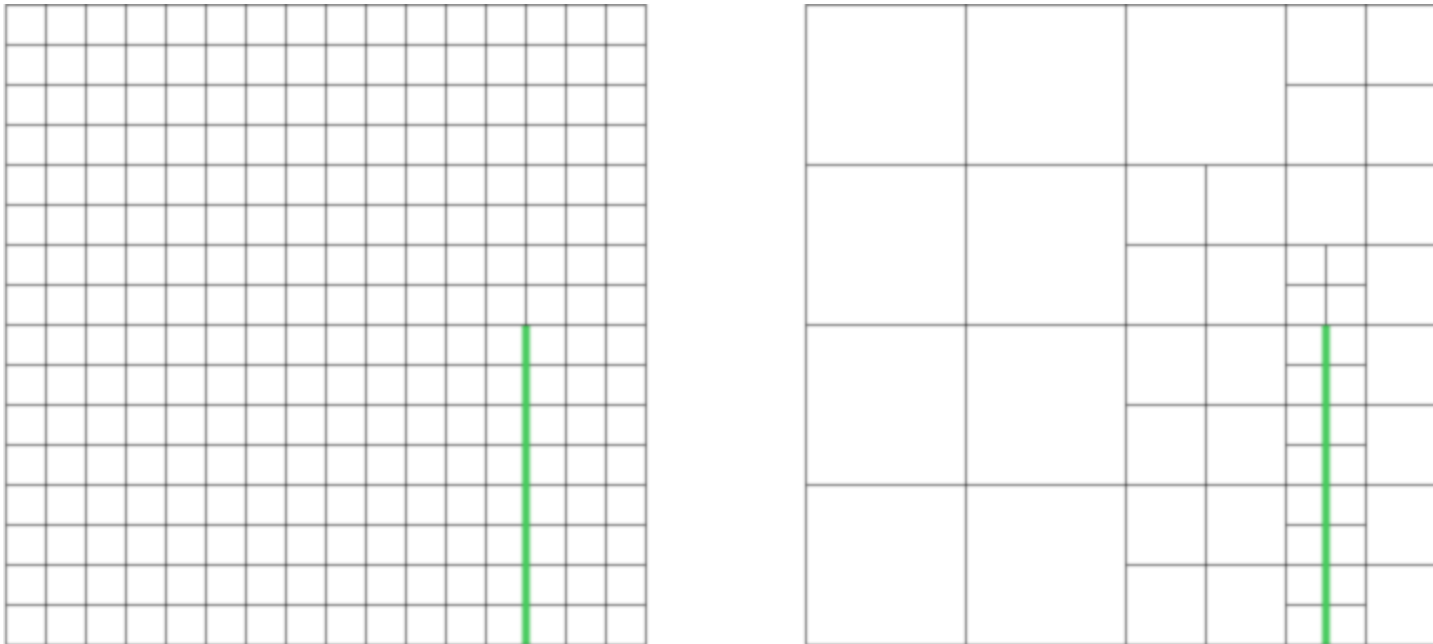
Polygone haben nur bestimmte Winkel



Polygonkante schneidet Quadrate an Seiten

Netzkonstruktion mit Quadrees

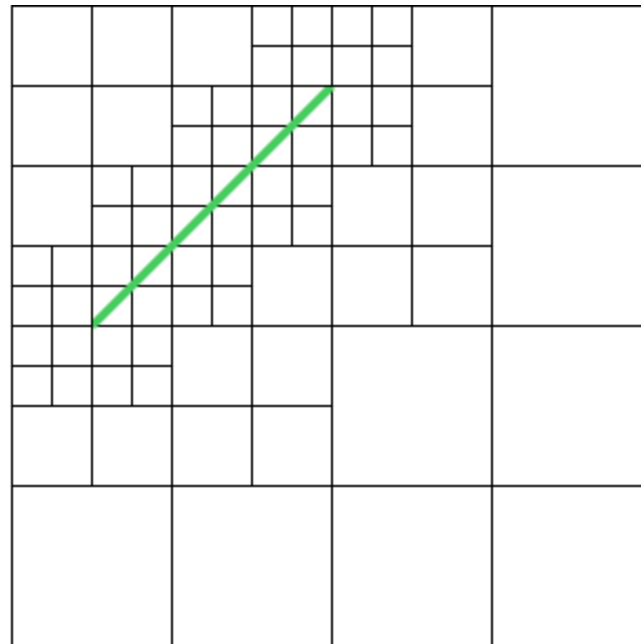
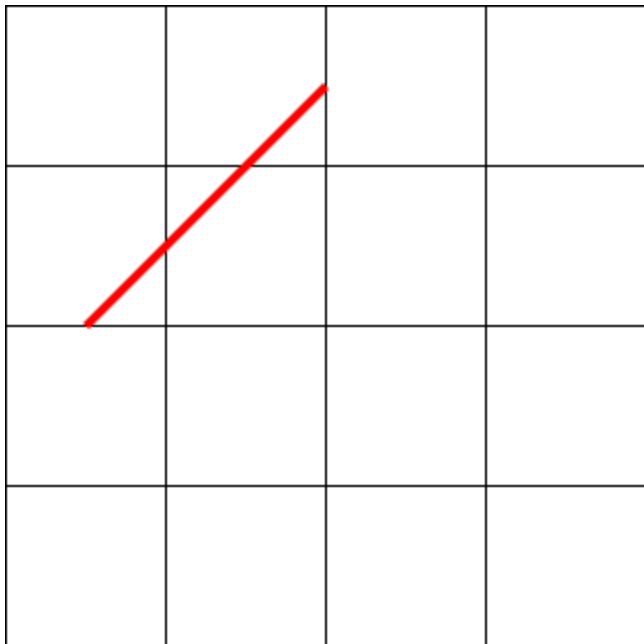
Es wird ein nicht-uniformes Netz erzeugt



Nicht-uniformes Netz unnötig aufwändig

Netzkonstruktion mit Quadrees

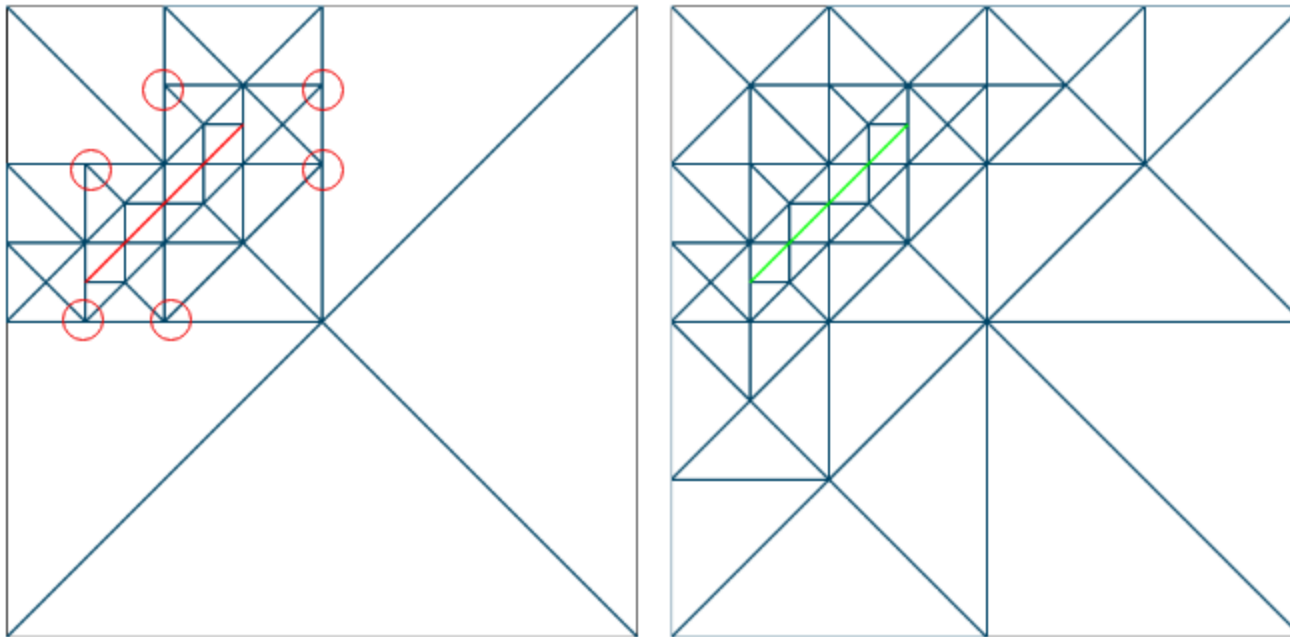
Es wird bis auf Minimalgröße aufgelöst



Polygonkante schneidet Quadrate an Seiten

Netzkonstruktion mit Quadrees

Erzeugung aus balanciertem Graph



Unbalancierte Netzberechnung erzeugt unvollständiges Netz

Netzkonstruktion mit Quadrees

Algorithmus

```
function insertLine (Qtree t, Line l) {  
    if(t.size <= UNITSIZE) {  
        if(lineCrossesSquare(t, l) || lineTouchesNorW(t,l))  
            t.insertLineSegment(l)  
        return  
    }  
    if(this.childd != null) {  
        t.insertLineInChildd(l)  
    } else if(lineIntersectsSquare(t,l) {  
        t.addChildd()  
        t.insertLineInChildd(l)  
    }  
}
```

Netzkonstruktion mit Quadrees

Laufzeit

Satz

Sei M eine Menge disjunkter polygonaler Komponenten im Quadrat $[0 : U] \times [0 : U]$, mit den vorher genannten Anforderungen, so lässt sich ein Netz mit $O(p(S) \log U)$ Dreiecken für M erzeugen. Hierbei ist $p(S)$ die Summe der Perimeter der Komponenten von M , und das Netz kann in $O(p(S) \log^2 U)$ erzeugt werden.

Sources

Books

Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, and Mark Overmars (2008). Computational Geometry (3rd revised ed.). Springer-Verlag. ISBN 3-540-77973-6. 1st edition (1997): ISBN 3-540-61270-X

Algorithms

<https://stackoverflow.com/questions/9043805/test-if-two-lines-intersect-javascript-function> Line Intersection von Dan Fox

Images

created with <https://www.draw.io/> (licence free)