

# Aufgabe 1

Um den Median in linearer Zeit zu bestimmen, kann der Median of Medians Algorithmus verwendet werden. Im Folgenden ist der Algorithmus in Form von Pseudocode näher erläutert.

```
function SELECT(L, k)
  if L enthält 10 oder weniger Elemente then
    sort(L)
    return Element an kter Stelle
  end if
```

Teile L in Subsets  $S[i]$  mit jeweils 5 Elementen auf ▷ Es gibt  $n/5$  Subsets

```
  for  $i = 1 \rightarrow n/5$  do
    X add select(S[i], 3) ▷ Median von den Subsets
  end for
```

$M = \text{select}(X, n/10)$

Teile L auf in  $L1 < M$ ,  $L2 = M$ ,  $L3 > M$

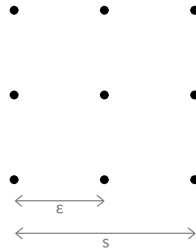
```
  if  $k \leq |L1|$  then
    return  $\text{select}(L1, k)$ 
  else if  $k > |L1| + |L2|$  then
     $\text{select}(L3, k - |L1| - |L2|)$ 
  else
    return M
  end if
end function
```

**Aussage:** Der o.g. Algorithmus liefert den Median in  $O(n)$ .

BEWEIS: Wir werfen entweder  $L3$  (Werte größer als  $M$ ) oder  $L1$  (Werte kleiner als  $M$ ) weg. Angenommen wir werfen  $L3$  weg. Unter den  $n/5$  Werten von  $X$  befinden sich  $n/10$  größere Werte als  $M$ . Wenn ein Wert aus  $X$  größer als  $M$  ist, dann sind genau 2 Werte aus  $S[i]$  ebenfalls größer als der Wert aus  $X$ . Daraus folgt, dass  $L3$  mindestens 3 Elemente in jeder der  $n/10$  Gruppen von  $S[i]$  hat, woraus sich mindestens  $3n/10$  Elemente ergeben. Das gleiche gilt für  $L1$ , wodurch sich höchstens  $7n/10$  Elemente ergeben ( $T(7n/10)$ ).

## Aufgabe 2

Eine Zelle der Kantenlänge  $s$  kann bei einem Punkt-Mindestabstand  $\epsilon$  maximal  $n_{max} = (\frac{s}{\epsilon} + 1)^2$  Punkte enthalten, da am meisten Punkte in die Zelle passen, wenn die Punkte Gitterförmig angeordnet sind:



Ein Octree hat bei einer Tiefe  $t$  maximal  $n = 8^t$  Blätter, bzw. Punkte. Nach  $t$  umgestellt ergibt sich für die maximale Tiefe bei  $n_{max}$  Punkten:

$$t_{max} = \log_8(n_{max}) = 2 \cdot \log_8(\frac{s}{\epsilon} + 1)$$

## Aufgabe 3

Ein weiteres volumetrisches Primitiv wäre ein Prisma mit einem gleichseitigen Dreieck als Grundfläche (Dreiecke können in 2D auf einfache Weise selbstähnlich angeordnet werden). Eine Unterteilungsstrategie könnte das Ausgangsprimitiv folgendermaßen in acht Unterprimitive teilen:

Die Spitze des Ausgangsprismas zeige in negative Y-Richtung. Alle Unterprimitive werden zuerst (d.h. als letzte Transformationsmatrix) um 0.5 skaliert.

Folgende Translationen werden für die ersten vier Primitiven durchgeführt ( $h$  sei die Höhe des Ausgangsprimitivs):

$$\begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{h}{4} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -\frac{h}{4} \\ \frac{h}{4} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \frac{h}{4} \\ \frac{h}{4} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{h}{4} \\ 0 \end{pmatrix}$$

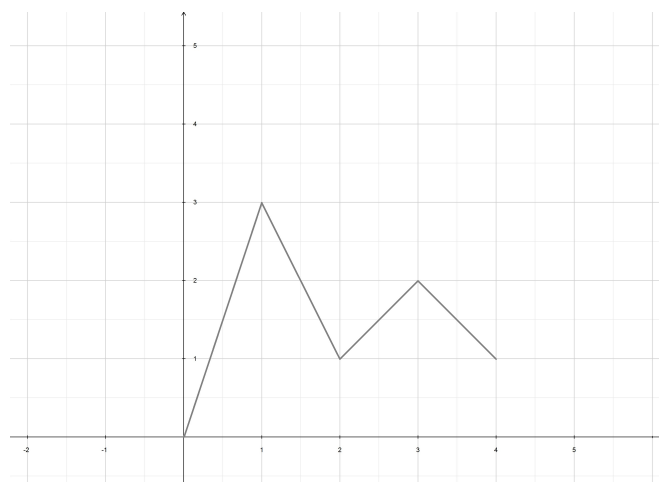
Das Prisma mit der letztgenannten Translation wird vorher um  $180^\circ$  um die Y-Achse gedreht.

Folgende Translationen werden für die letzten vier Primitiven durchgeführt ( $h$  sei die Höhe des Ausgangsprimitivs,  $l$  die Länge in Z-Richtung):

$$\begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{h}{4} \\ \frac{l}{2} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -\frac{h}{4} \\ \frac{h}{4} \\ \frac{l}{2} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \frac{h}{4} \\ \frac{h}{4} \\ \frac{l}{2} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{h}{4} \\ \frac{l}{2} \end{pmatrix}$$

Auch hier wird das Prisma mit der letztgenannten Translation vorher um  $180^\circ$  um die Y-Achse gedreht.

## Aufgabe 4



Die Kontrollpunkte werden linear interpoliert.

Ein B-Spline ist nicht stetig, wenn mehr als  $n$  Knots aufeinander liegen.

## Aufgabe 5

Seien:

$n$  die Anzahl der Kontrollpunkte

$p_i$  mit  $i \in \{0, 1, 2, \dots, n\}$  die Kontrollpunkte

Eine affine Transformation lässt sich in einen multiplikativen Teil (Matrix  $M$ ) und einen additiven Teil (Vektor  $\vec{a}$ ) aufteilen:

$$T(\vec{v}) = M \cdot \vec{v} + \vec{a}$$

Affine Invarianz: Es ist egal, ob zuerst  $T$  auf die Kontrollpunkte angewandt wird mit anschließender Interpolation oder umgekehrt:

$$T\left(\sum_{i=0}^n p_i \cdot L_i^n(u)\right) = \sum_{i=0}^n (T(p_i \cdot L_i^n(u)))$$

Setze gleich:

$$\begin{aligned} T\left(\sum_{i=0}^n p_i \cdot L_i^n(u)\right) &= \sum_{i=0}^n (T(p_i \cdot L_i^n(u))) \\ M\left(\sum_{i=0}^n p_i \cdot L_i^n(u)\right) + \vec{a} &= \sum_{i=0}^n (M(p_i \cdot L_i^n(u)) + \vec{a}) \\ \sum_{i=0}^n M(p_i \cdot L_i^n(u)) + \vec{a} &= \sum_{i=0}^n M(p_i \cdot L_i^n(u)) + \sum_{i=0}^n \vec{a} \cdot L_i^n(u) \\ \vec{a} &= \vec{a} \cdot \sum_{i=0}^n L_i^n(u) \quad \Leftrightarrow \sum_{i=0}^n L_i^n(u) = 1 \quad \square \end{aligned}$$

Demnach sind beide Seiten gleich, genau dann, wenn für die Basisfunktion gilt:

$$L_i^n(u) = 1 \ \forall u \ // \text{Partition der Eins}$$