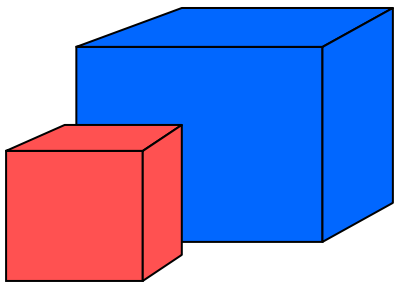
Kapitel 17:
Culling

Definition

to cull something = etwas loswerden



Objektraum:

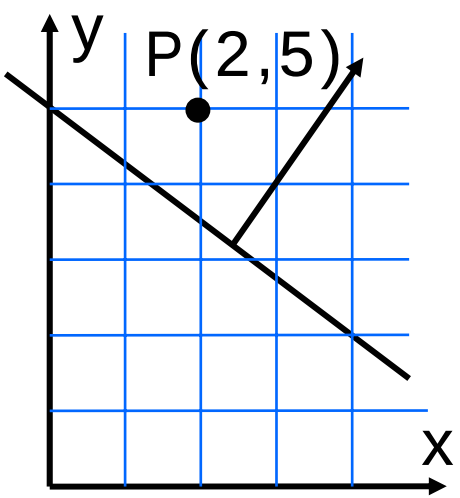
- back face culling
- Vergleich von Flächen

Bildraum:

- hidden surface removal
- Vergleich von Pixeln

Geradengleichung

- Q(0,∞)



$$y = -\frac{3}{4}x + 5$$

$$\frac{3}{4}x + y - 5 = 0$$

$$3x + 4y - 20 = 0$$

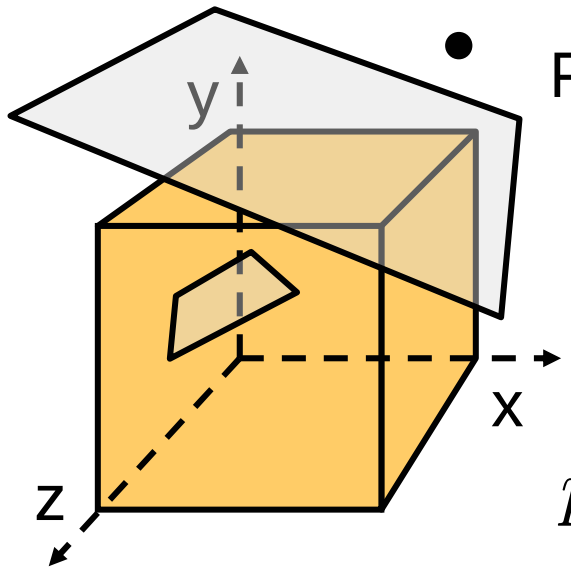
$$Ax + By + C = 0$$

$$\vec{p} = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \vec{n} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix}$$

sichtbar von P, falls $\vec{p} \cdot \vec{n} + C \geq 0$

sichtbar von Q, falls $B \geq 0$

Ebenengleichung



P(x,y,z)

Q(0,0,∞)

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

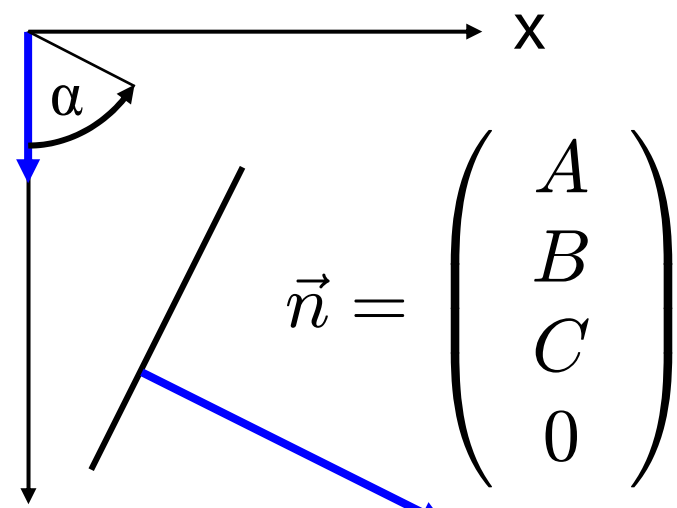
$$\vec{p} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad \vec{n} = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ 0 \end{pmatrix}$$

sichtbar von P, falls $\vec{p} \cdot \vec{n} + D \geq 0$

sichtbar von Q, falls $C \geq 0$

Alternative über Winkel

$$\vec{p} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$



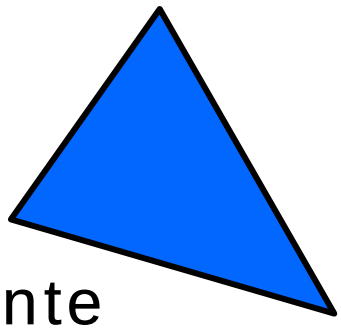
$$\vec{n} = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{\vec{p} \cdot \vec{n}}{|\vec{p}| \cdot |\vec{n}|}$$

Fläche sichtbar von Q, falls Winkel $\alpha \leq 90°$

Winkel $\alpha \leq 90°$, falls $\vec{p} \cdot \vec{n} \geq 0$

Back Face Culling

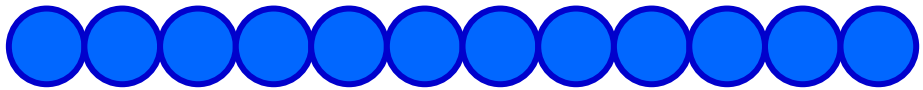


für jede Polygonfläche:

- transformiere z-Komponente der Flächennormale ins NPC

- falls Ergebnis < 0
  $\Rightarrow$ Face nicht sichtbar
  $\Rightarrow$ vergiss es !

Hidden Surface Removal

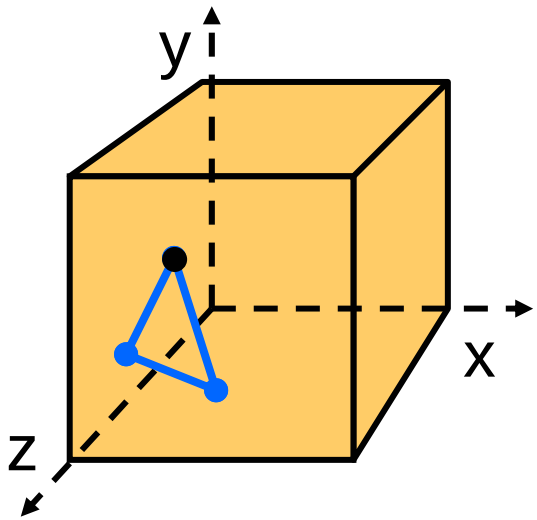


Berechne sichtbare Pixel einer Rasterzeile

- z-Buffer
- Painter's Algorithm
- Span-Buffer
- Binary Space Partition

z-Buffer

Ergebnis von Device Mapping: P(x,y,z)



große z-Werte vorne

```
double[][] tiefe;   // z-Buffer
Color[][]  bild;    // frame buffer
```

z-Buffer-Algorithmus

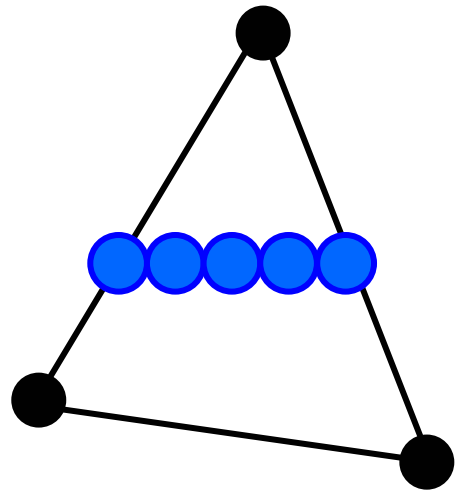
```
initialisiere bild mit Hintergrundfarbe
initialisiere tiefe mit 0.0

für jede Fläche F tue {
  für jedes Pixel (x,y) auf F tue {
    berechne Farbe c und Tiefe z
    if (z > tiefe[x][y]) {
      tiefe[x][y] = z;
      bild [x][y] = c;
    }
  }
}
```

Nachbarschaften

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

$$z = -\frac{Ax + By + D}{C}$$



selbe Zeile, nächster x-Wert:

$$x_{i+1} = x_i + 1 \qquad z_{i+1} = z_i - \frac{A}{C}$$

Speicherbedarf

- z-Werte nahe Backplane dicht beieinander
- Auflösung für Tiefe: 32 Bit Double
- Auflösung für Farbe: 24 Bit Integer
- Auflösung für Transparenz: 8 Bit Integer
- pro Pixel $\Rightarrow$ 8 Byte
- bei 1024×768 Pixeln $\Rightarrow$ 6 MB

Analyse z-Buffer

pro Pixel (x,y):

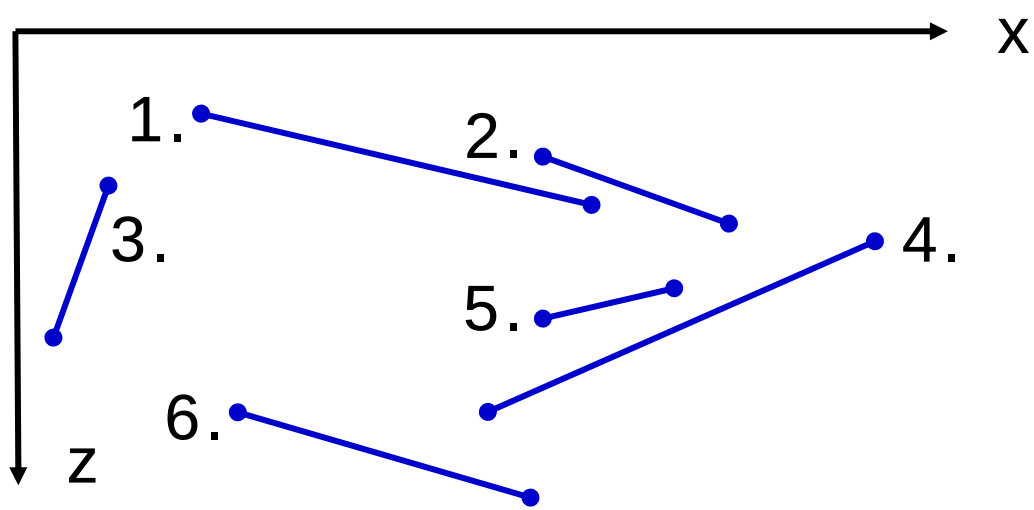
- z-Wert berechnen + testen,
  ob z-Wert größer als tiefe[x][y]
- Pixel wird ggf. später übermalt

Wunsch:

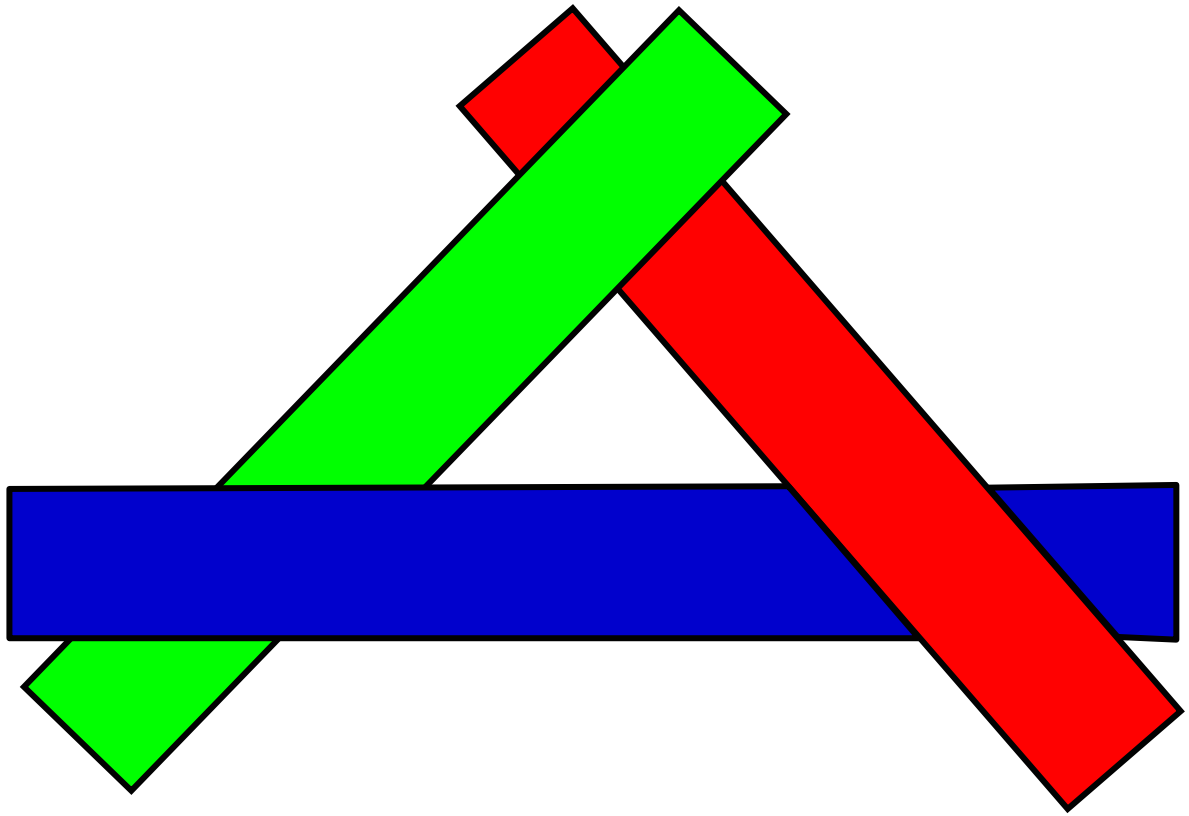
- Tiefentest vermeiden
- doppeltes Rendern vermeiden

Painter's Algorithm

- ordne alle Polygone nach kleinstem z-Wert
- Polygone mit überlappender z-Ausdehnung ggf. umordnen
- Ausgabe von hinten nach vorne

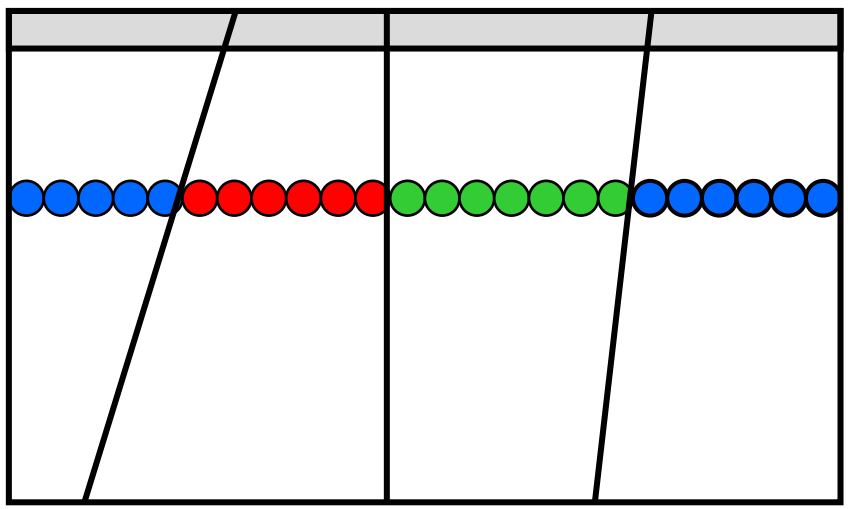


Problem beim Painter

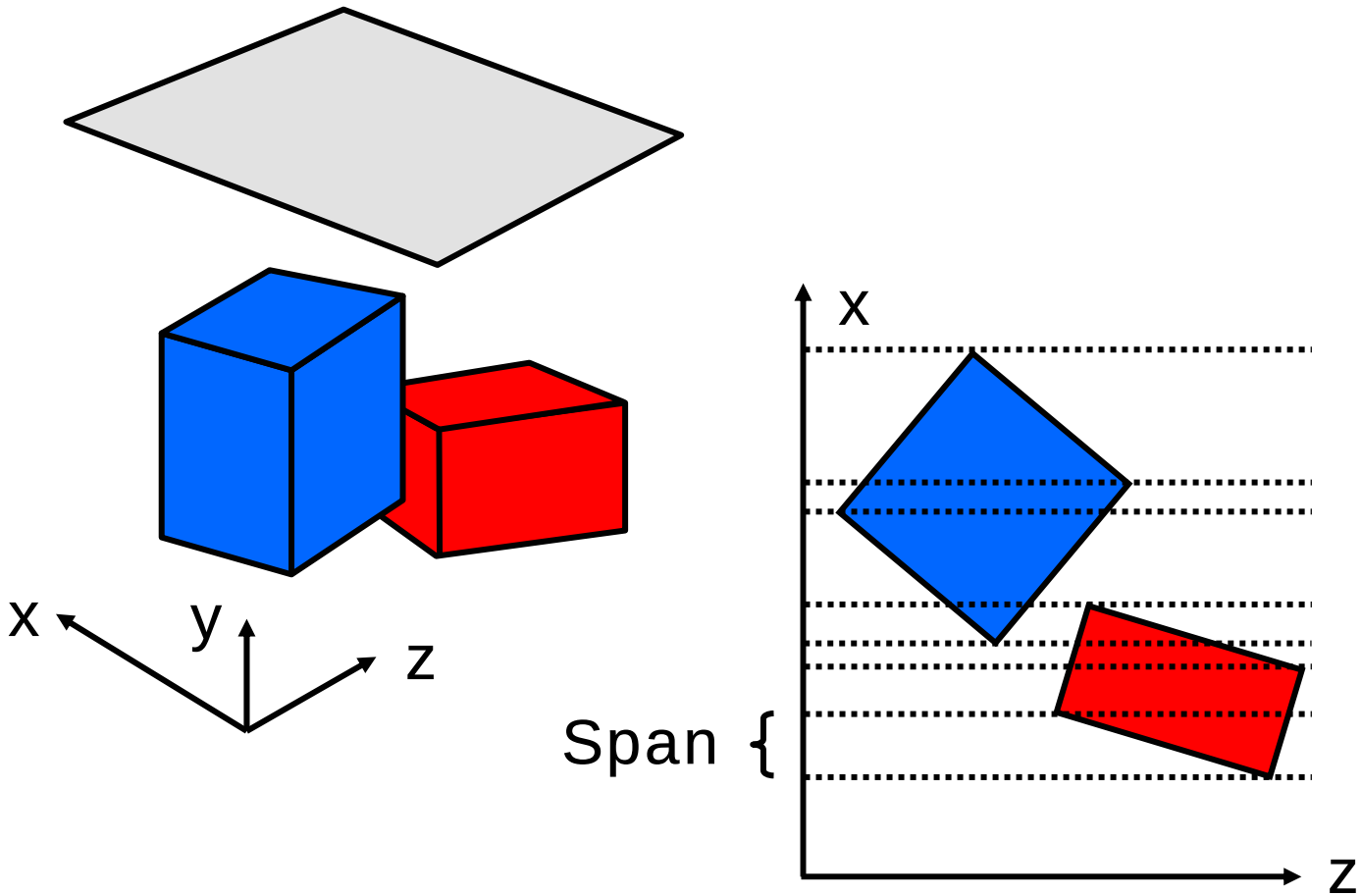


Span-Buffer-Algorithmus

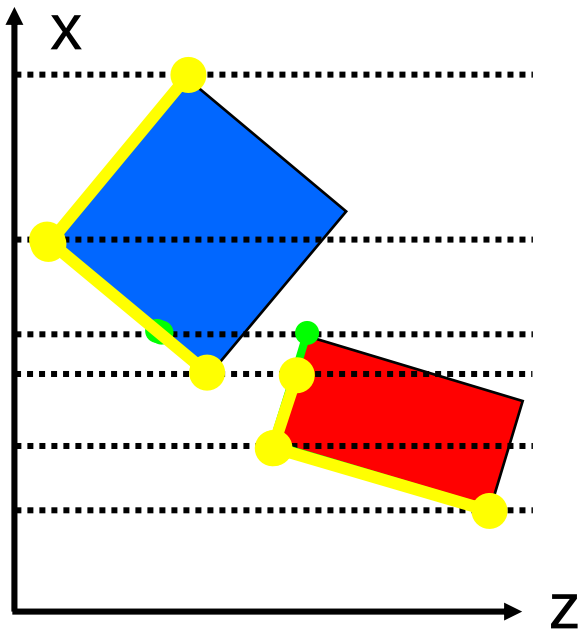
- Scanline durchläuft Bild
- Scanline zerfällt in Abschnitte = Spans
- pro Span ist genau ein Polygon zuständig



Scanline



Spans



nur Vorderflächen

nach x sortieren

ggf. zerschneiden

vordersten finden

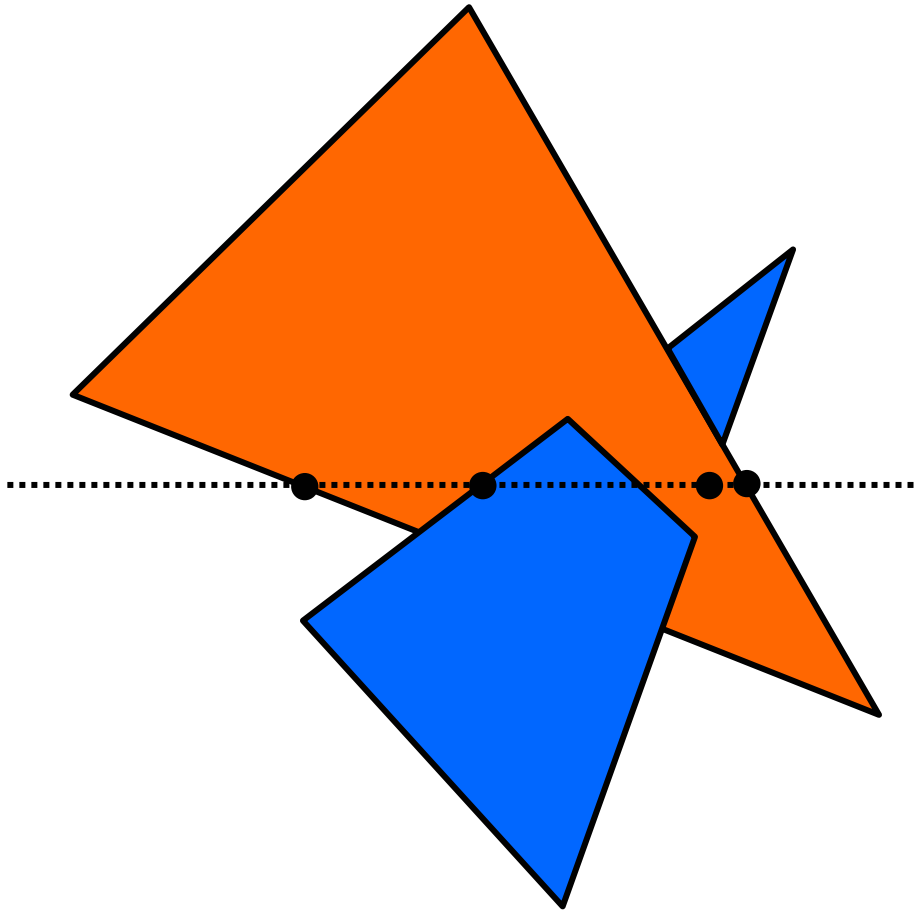
Spans vereinigen

\+ Rendern eines Spans ohne Test auf Tiefe

\+ Rendern eines Pixels ohne Überschreiben

\- hoher Aufwand für Ermittelung der Spans

Probleme mit Spans



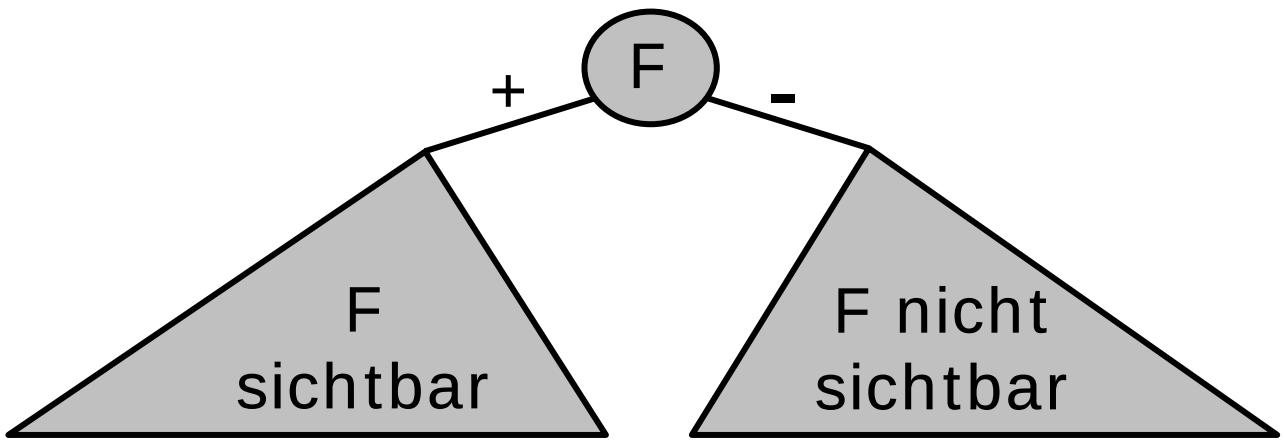
gegenseitige Durchdringung wird nicht erkannt !

Binary Space Partition

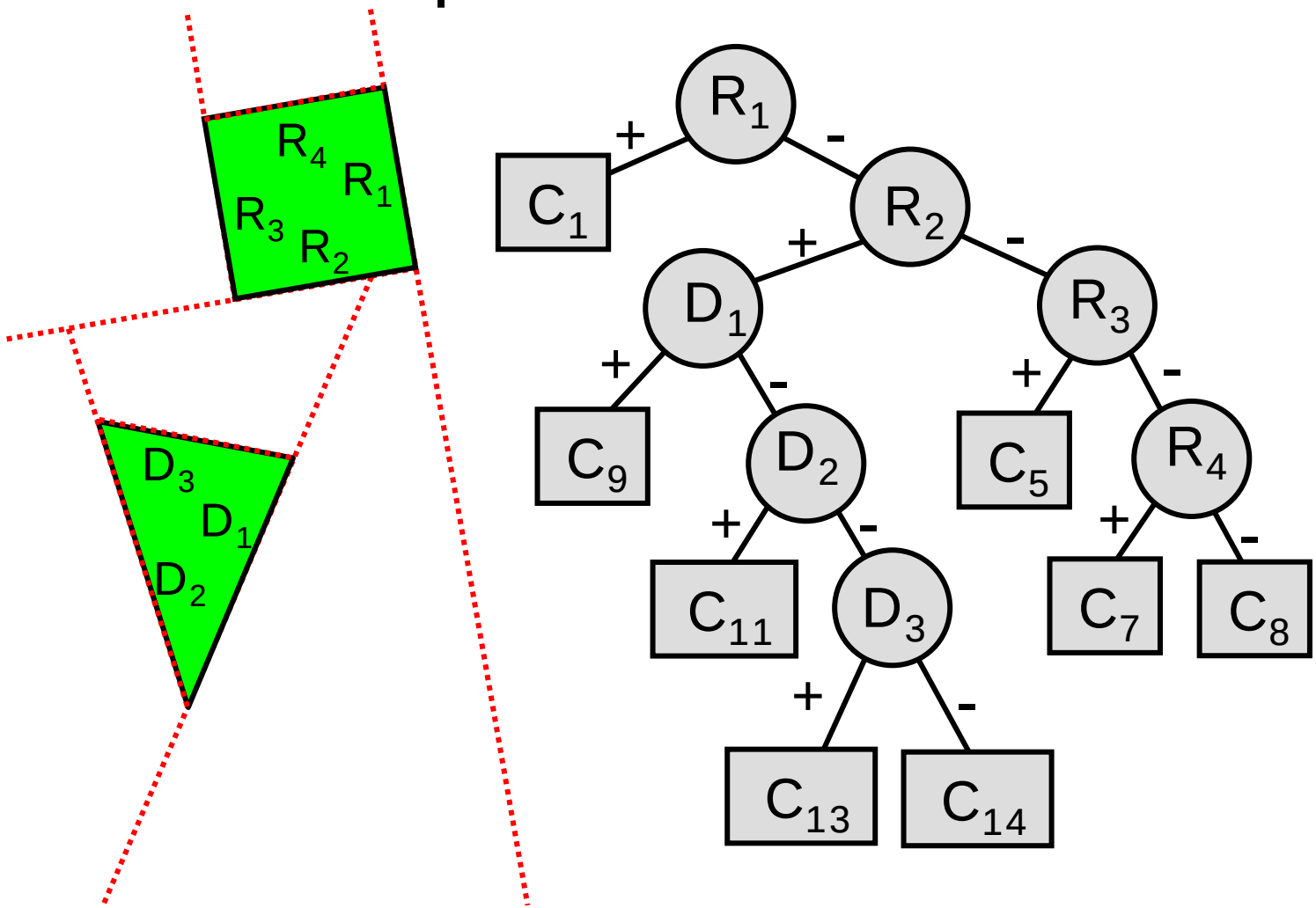
- Analyse der räumlichen Beziehungen
- hoher Aufwand für Vorbereitung
- unabhängig vom Betrachterstandpunkt
- nutzbar für beliebige Augenpunkte
- geeignet bei Kamerafahrt

BSP-Tree

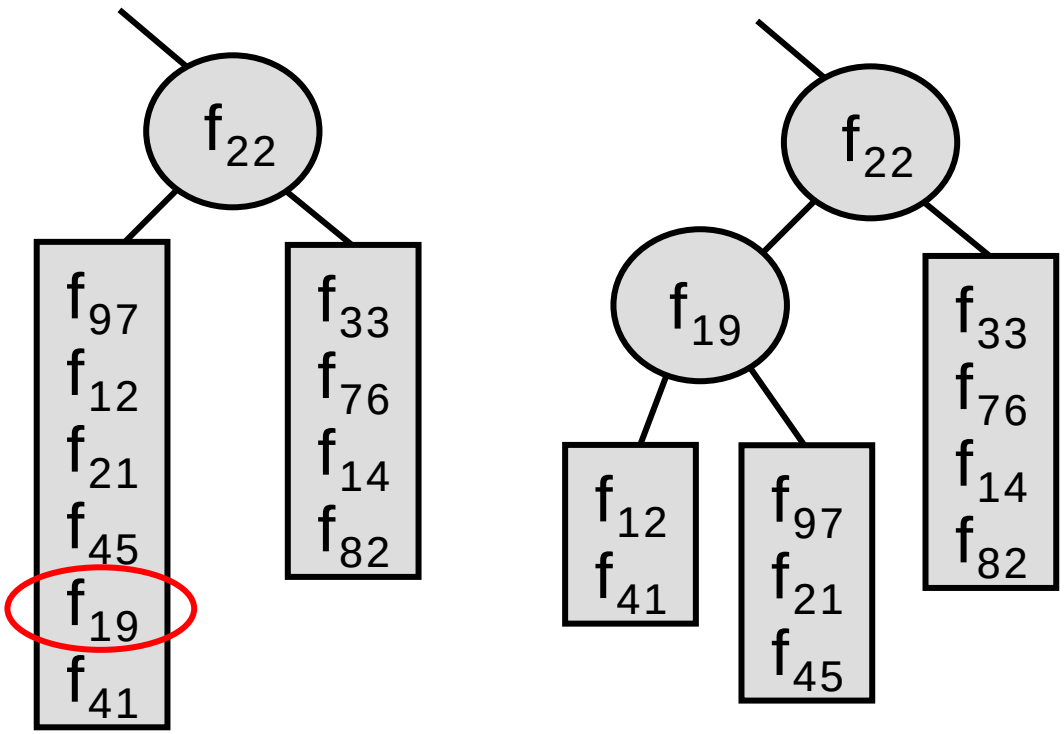
- jeder innere Knoten repräsentiert eine Polygonfläche F, welche die Szene aufteilt in "vorderen" Teil (F sichtbar) und "hinteren" Teil (F nicht sichtbar)
- jedes Blatt repräsentiert einen Teilraum



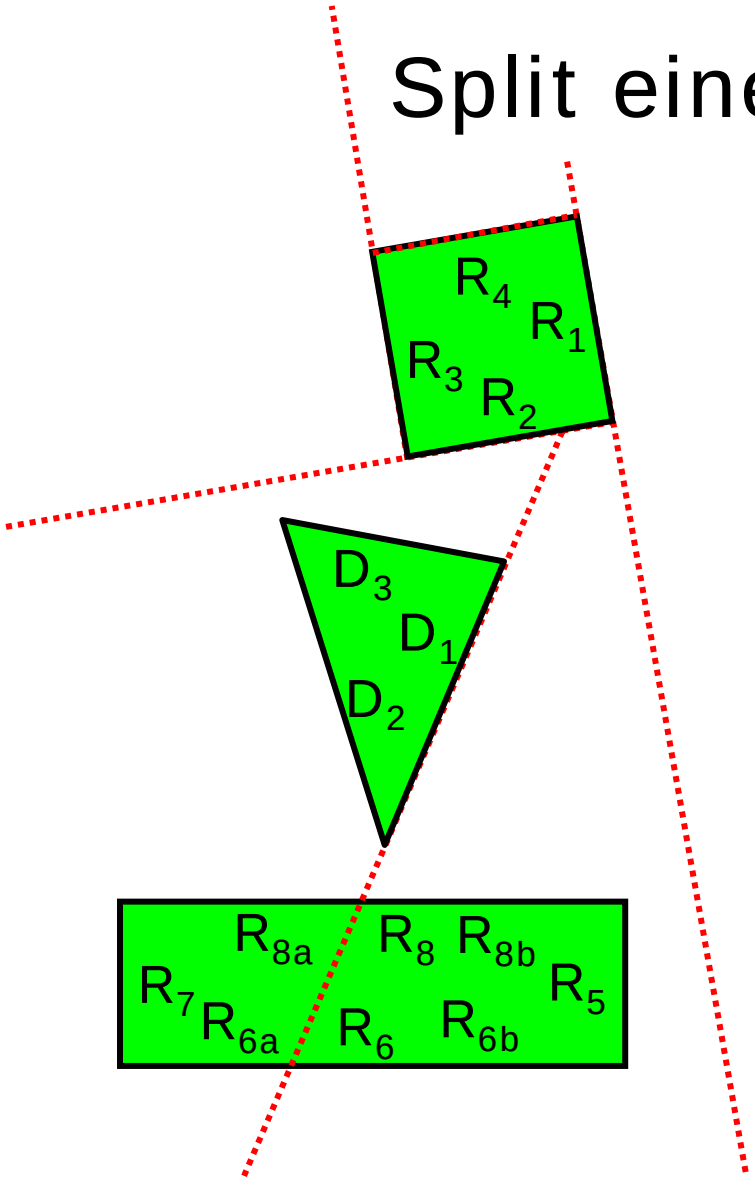
Beispiel für BSP-Tree



Split in BSP-Tree



Split eines Polygons



geht Trennebene
durch Polygon,
so wird es in zwei
Polygone zerlegt

BSP-Tree erzeugen

```
bspTree makeTree(PolygonList L){
  wähle Polygon root aus L;
  bilde PolygonList front;
  bilde PolygonList back;
  bspTree f = makeTree(front);
  bspTree b = makeTree(back);
  return new bspTree(f,root,b);
}
```

BSP-Tree-Traversierung

```
void bspOrder(bspTree b, Point P){
  if (!b.empty()) {
    if (P liegt vor b.root()) {
      bspOrder(b.back(),P);
      display(b.root());
      bspOrder(b.front(),P);
    } else {
      bspOrder(b.front(),P);
      // Rückseite unterdrückt
      bspOrder(b.back(),P);
    }
  }
}
```

Sichtbarkeit vom Augenpunkt