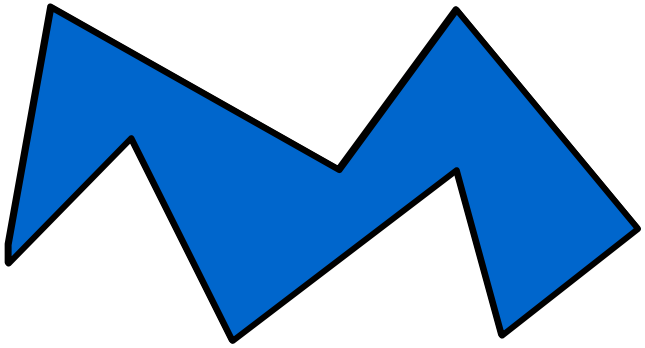
Computergrafik SS 2008

Oliver Vornberger

Kapitel 4:
2D-Füllen

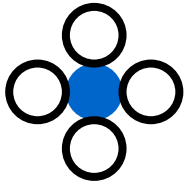
Füllverfahren



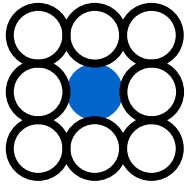
- Universelle Füllverfahren
  (Zusammenhangseigenschaften)

- Scan-Line-Verfahren
  (Geometrie)

Universelle Füllverfahren



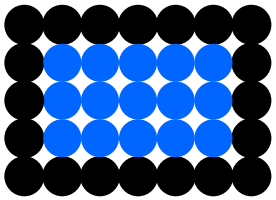
4-way-stepping



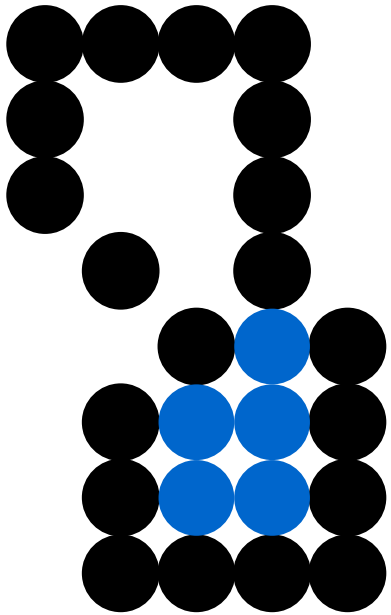
8-way-stepping

Beginnend beim Saatpixel:

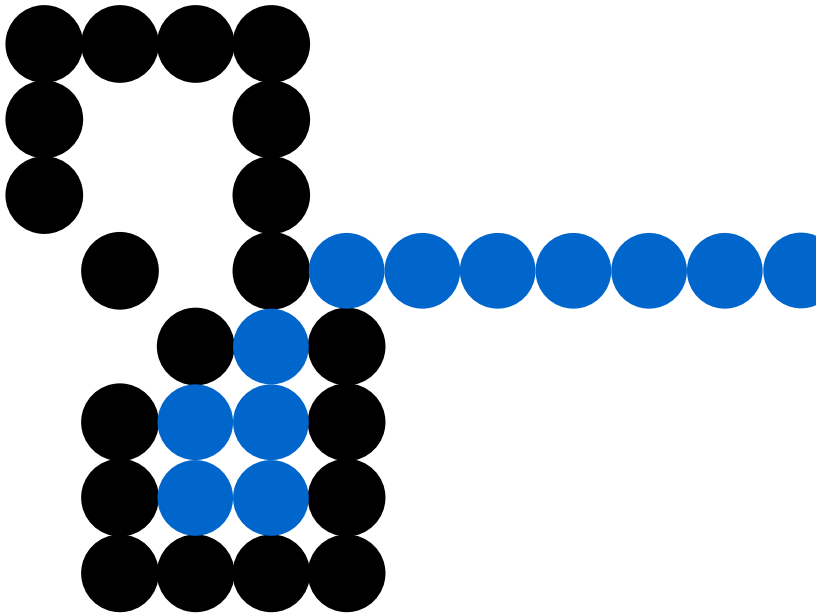
färbe alle Nachbarn, bis Umgrenzung erreicht ist.



Probleme beim universellen Füllen



4-way-stepping



8-way-stepping

Rekursives Füllen

`boolean rangeOK(x,y)` true, falls Punkt x,y innerhalb des Bildbereichs

`boolean getPixel(x,y)` true, falls Vordergrundfarbe an Punkt x,y

`void setPixel(x,y)` setze Vordergrundfarbe an Punkt x,y

```
public void boundaryFill(int x, int y){
if (rangeOk(x,y) && !getPixel(x,y)){
  setPixel(x,y);
  boundaryFill(x+1,y);
  boundaryFill(x,  y+1);
  boundaryFill(x-1,y);
  boundaryFill(x,  y-1);
}
```

Rekursives Leeren

`delPixel(x,y)` setze Hintergrundfarbe an Punkt x,y

```
public void boundaryEmpty(int x, int y){
  if (rangeOk(x,y) && getPixel(x,y)){
    delPixel(x,y);
    boundaryEmpty(x+1,y);
    boundaryEmpty(x+1,y+1);
    boundaryEmpty(x  ,y+1);
    boundaryEmpty(x-1,y+1);
    boundaryEmpty(x-1,y);
    boundaryEmpty(x-1,y-1);
    boundaryEmpty(x  ,y-1);
    boundaryEmpty(x+1,y-1);
  }
}
```

boundaryFill-Implementation

Java-Applet:

~cg/2008/skript/Applets/2D-basic/App.html

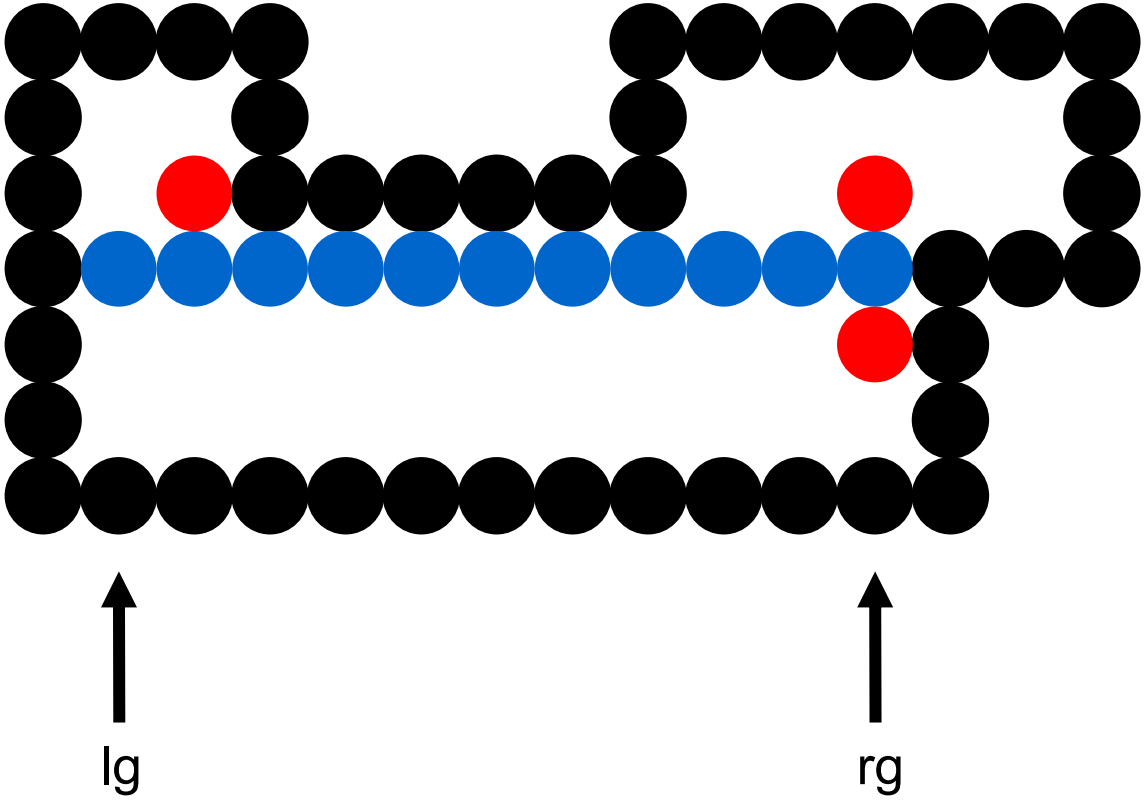
Analyse von boundaryFill

- jedes Pixel (bis auf Randpixel)
  wird 4-mal auf den Keller gelegt

- besser: lege Repräsentant auf Keller

- Repräsentant färbt horizontale Linie
  und legt Repräsentanten für Nachbarlinien
  auf Keller

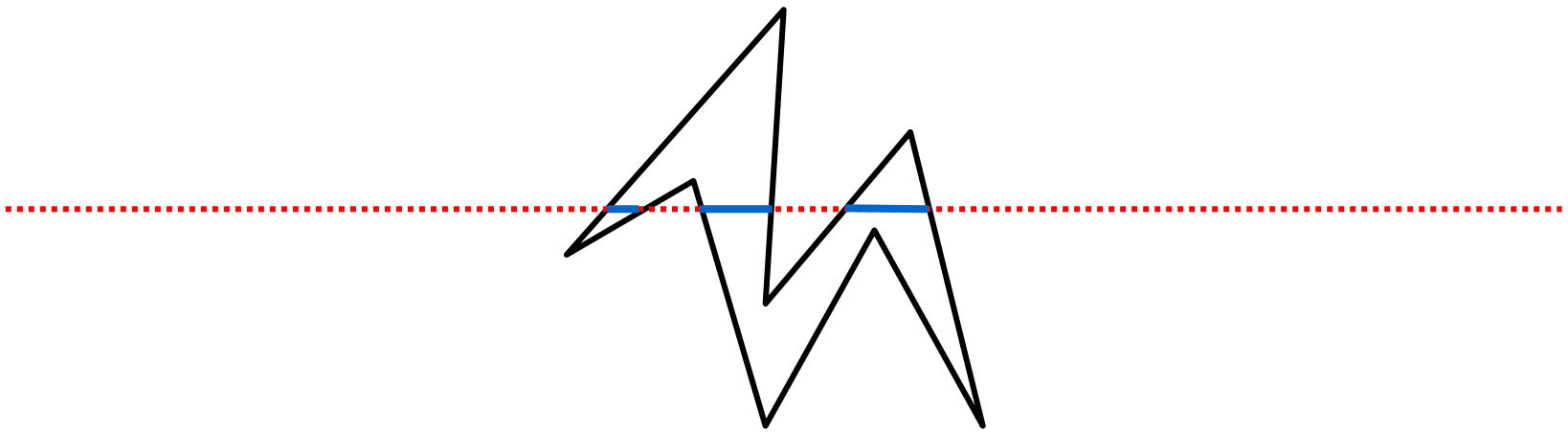
fillRowByRow



fillRowByRow: Algorithmus

```
public void fillRowByRow(int x, int y) {
  int lg;
  int rg;
  int px = x;
  while(!getPixel(x,y)) {setPixel(x,y); x--;}
  lg = x+1;
  x  = px + 1;
  while(!getPixel(x,y)) {setPixel(x,y); x++;}
  rg = x-1;
  for(x = rg; x >= lg; x--) {
    if(!getPixel(x, y-1)) fillRowByRow(x,y-1);
    if(!getPixel(x, y+1)) fillRowByRow(x,y+1);
  }
}
```

Scan-Line-Verfahren



Bewege waagerechte Scan-Line von oben nach unten über das Polygon und färbe entsprechende Abschnittsgeraden

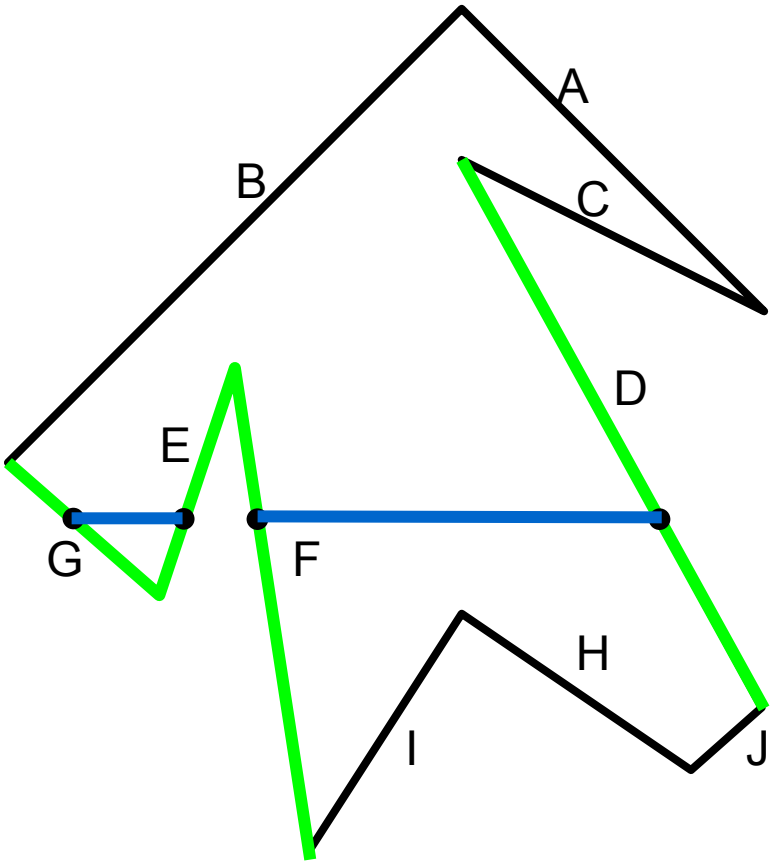
Scan-Line-Verfahren: Detail

1. Sortiere Kanten nach größtem y-Wert

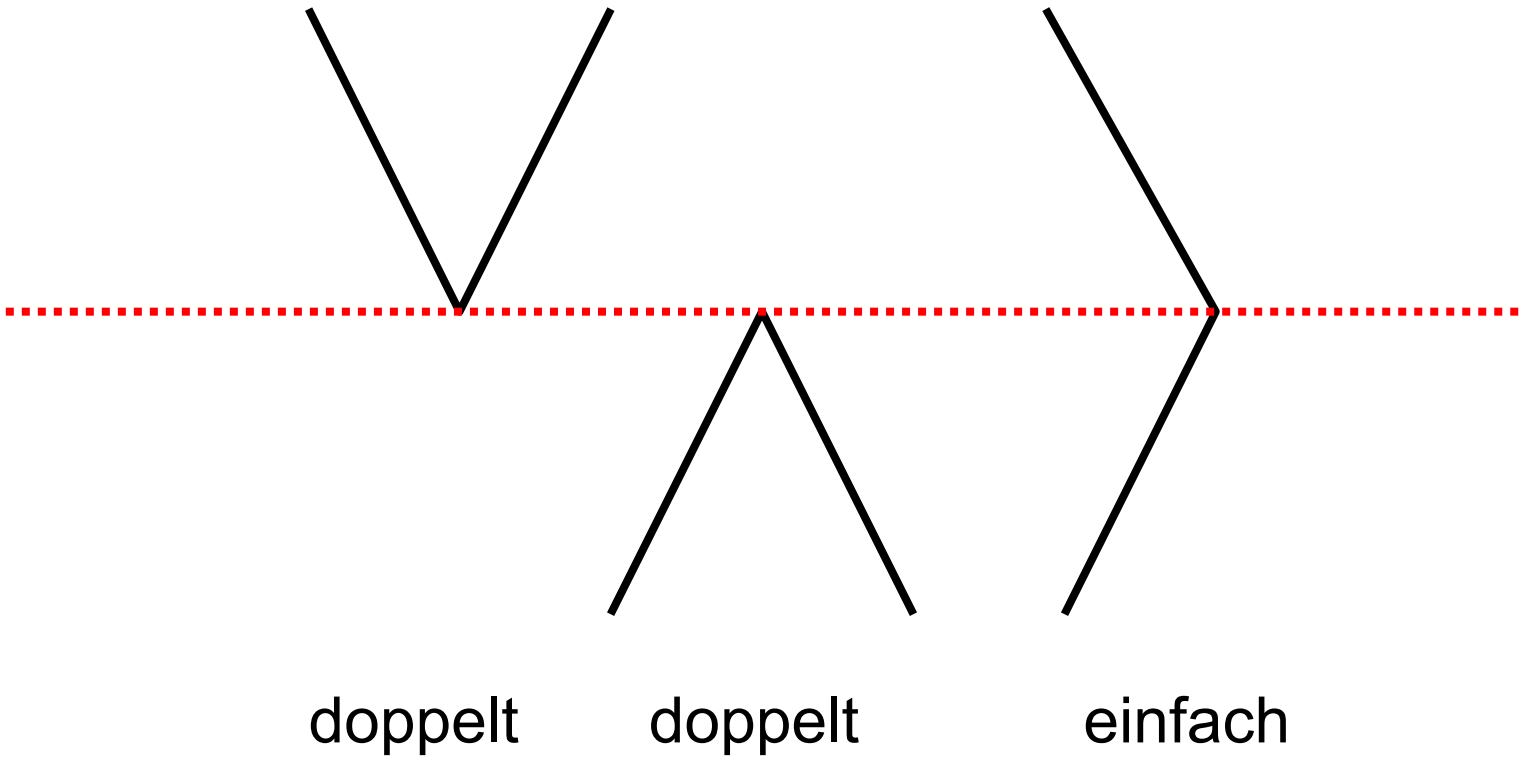
2. Bewege Scan-Line von oben nach unten

3. für jede Position der Scan-Line:
   ermittele aktive Kanten
   berechne Schnittpunkte mit Scan-Line
   sortiere die Schnittpunkte nach x Werten
   färbe abwechselnd zwischen Schnittpunkten

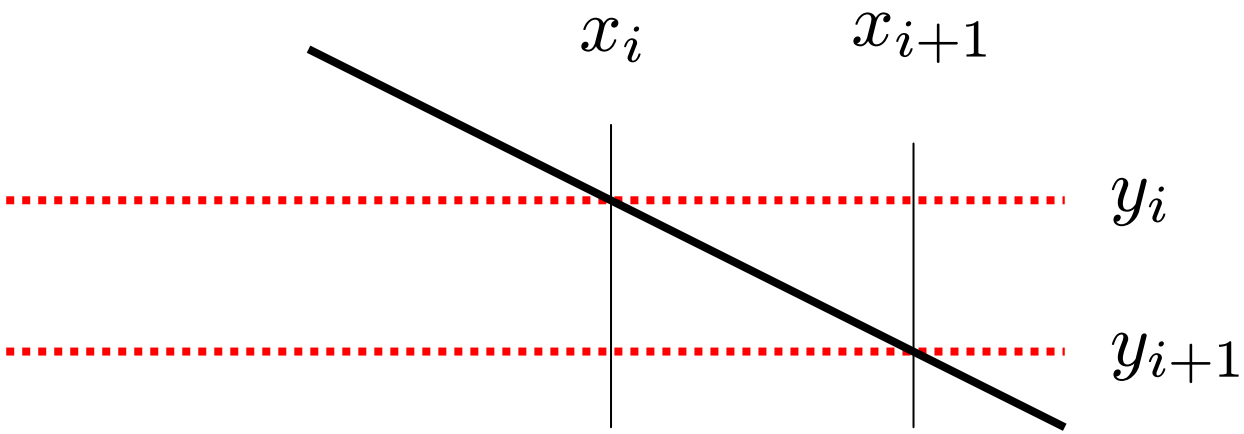
Scan-Line-Verfahren: Beispiel



Problemfälle



Schnittpunkte fortschreiben



$$s = \frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}}$$

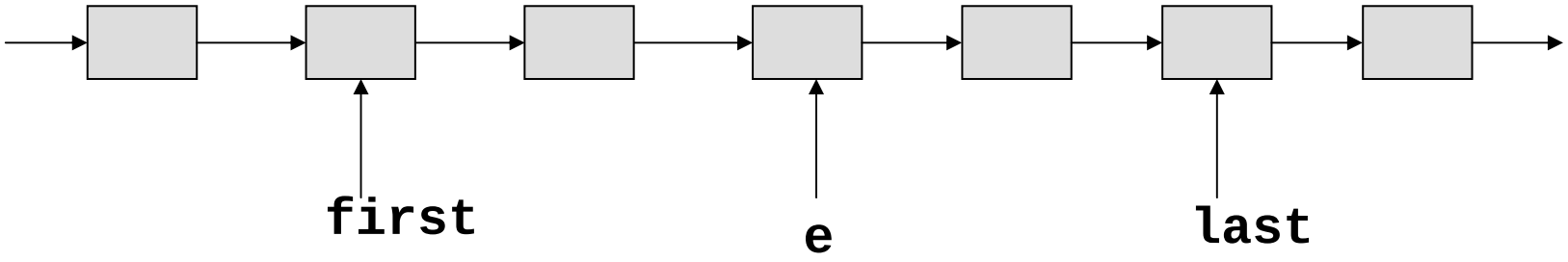
$$y_i - y_{i+1} = 1$$

$$x_i - x_{i+1} = \frac{y_i - y_{i+1}}{s}$$

$$x_{i+1} = x_i - \frac{1}{s}$$

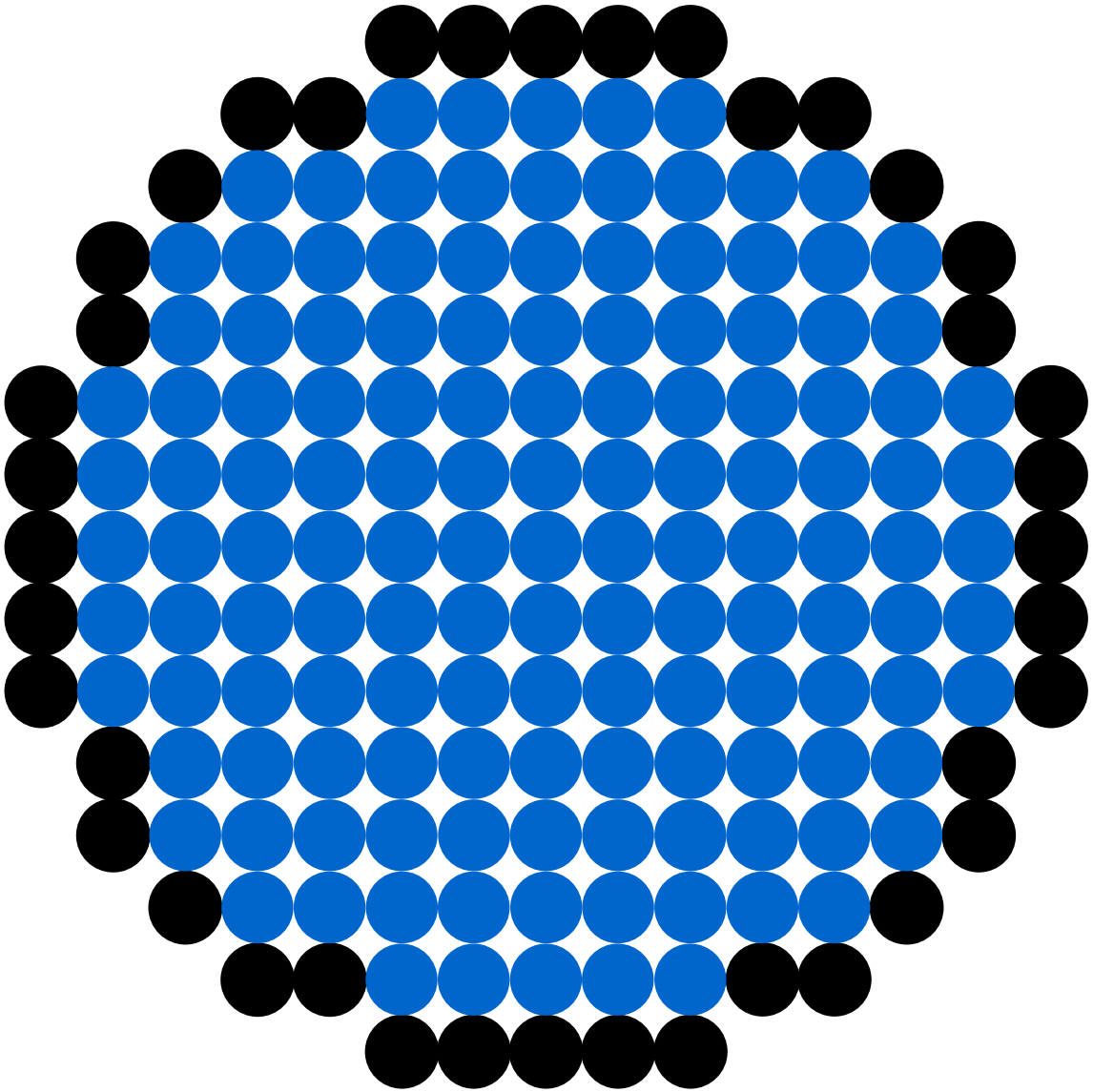
Datenstruktur für Kante

```
public class Edge {
       int y_top;       // groesster y-Wert
       int delta_y;     // Ausdehnung in y-Richtung
       double delta_x;  // inverse Steigung
       double x_int;    // errechneter Schnittpunkt
       Edge next;       // Verweis auf naechste Kante
}
```




```
if (e.delta_y) > 0) {
  e.delta_y--;
  e.x_int = e.x_int – e.delta_x;
  e = e.next;
}
```

Scan-Line-Verfahren für Kreis

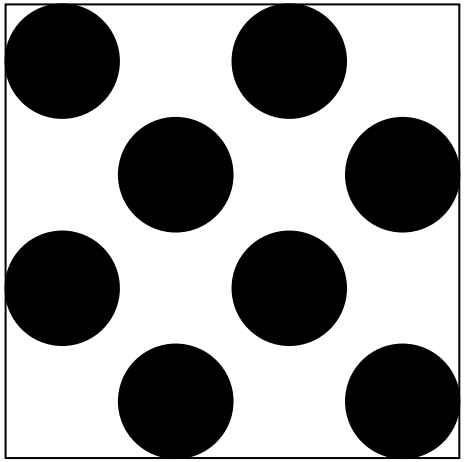


Scan-Line-Implementation

Quelltext:
~cg/2008/skript/Sources/scan.txt

Java-Applet:
~cg/2008/skript/Applets/2D-basic/App.html

Dither-Matrix: Definition

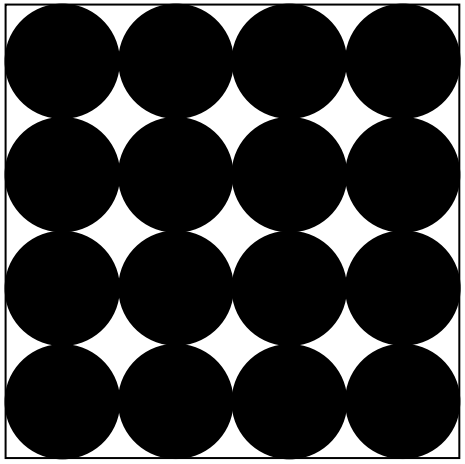


0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

Eine $n \times n$ Dithermatrix enthält gleichmäßig verteilt alle Zahlen aus dem Intervall $[0..n^2 - 1]$

Für Grauwert $0 \leq k \leq n^2$
setze alle Pixel mit Eintrag $< k$

Dither-Matrix: Beispiel



0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

Dither-Matrix: Konstruktion

$$D_0 = (0)$$

U_n = $n \times n$ - Matrix, besetzt mit 1

$$D_n = \begin{pmatrix} 4 \cdot D_{n-1} + 0 \cdot U_{n-1} & 4 \cdot D_{n-1} + 2 \cdot U_{n-1} \\ 4 \cdot D_{n-1} + 3 \cdot U_{n-1} & 4 \cdot D_{n-1} + 1 \cdot U_{n-1} \end{pmatrix}$$

$$D_1 = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} \qquad D_2 = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{pmatrix}$$

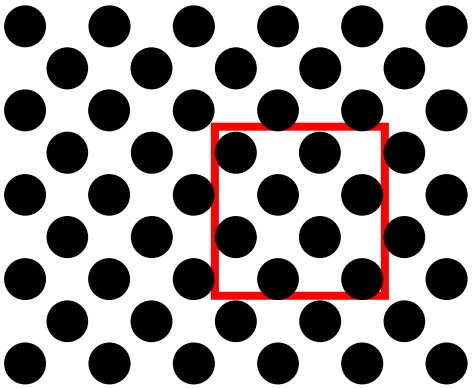
$$\begin{pmatrix} 0 & 8 & 0 & 8 \\ 12 & 4 & 12 & 4 \\ 0 & 8 & 0 & 8 \\ 12 & 4 & 12 & 4 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Dither-Matrix: Aufruf

Gegeben N × N Dithermatrix D.

Einfärben an Position (x,y) mit Grauwert k:

```
if (D[x%N][y%N] < k)
    setPixel(x,y);
else
    delPixel(x,y);
```

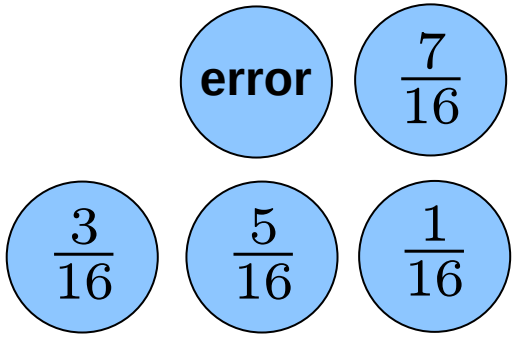


Dither-Matrix-Implementation

Java-Applet:

~cg/2008/skript/Applets/2D-basic/App.html

Floyd-Steinberg-Dithering



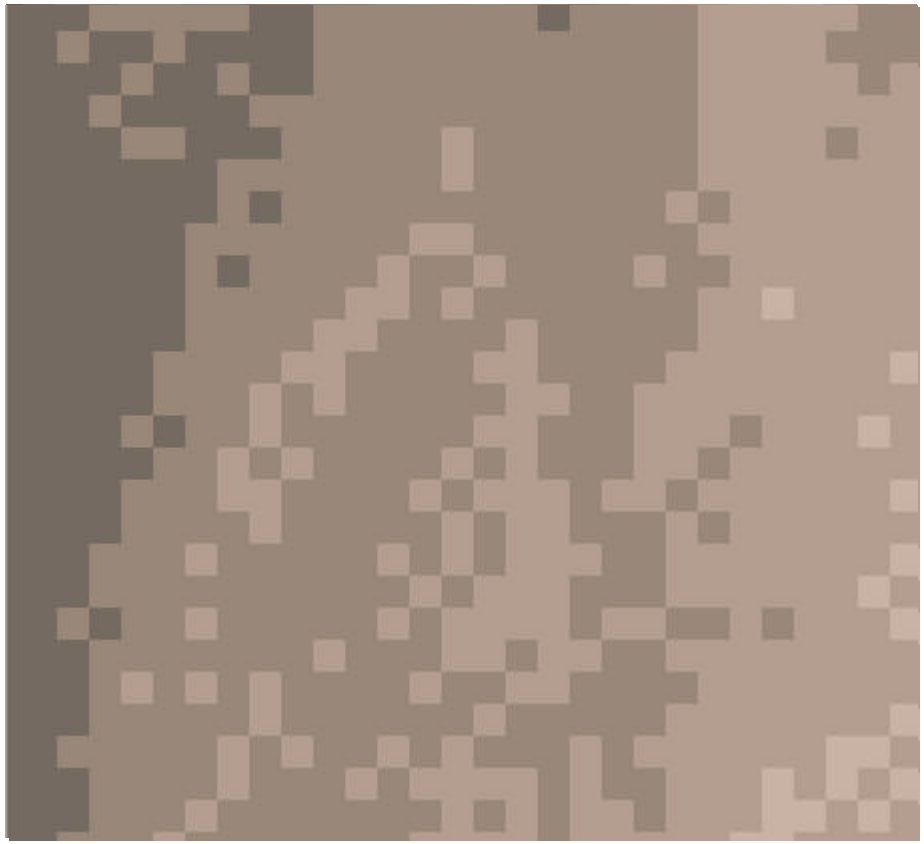

```
for (y=ymax; y>0; y--) {
  for (x=0; x<xmax; x++){
    altfarbe        = pixel[x][y];
    neufarbe        = farbtabelle(altfarbe);
    pixel[x][y]     = neufarbe;
    error           = altfarbe - neufarbe;
    pixel[x+1][y  ] = pixel[x+1][y]   + 7/16 * error;
    pixel[x-1][y-1] = pixel[x-1][y-1] + 3/16 * error;
    pixel[x  ][y-1] = pixel[x  ][y-1] + 5/16 * error;
    pixel[x+1][y-1] = pixel[x+1][y-1] + 1/16 * error;
  }
}
```

Dither-Effekte

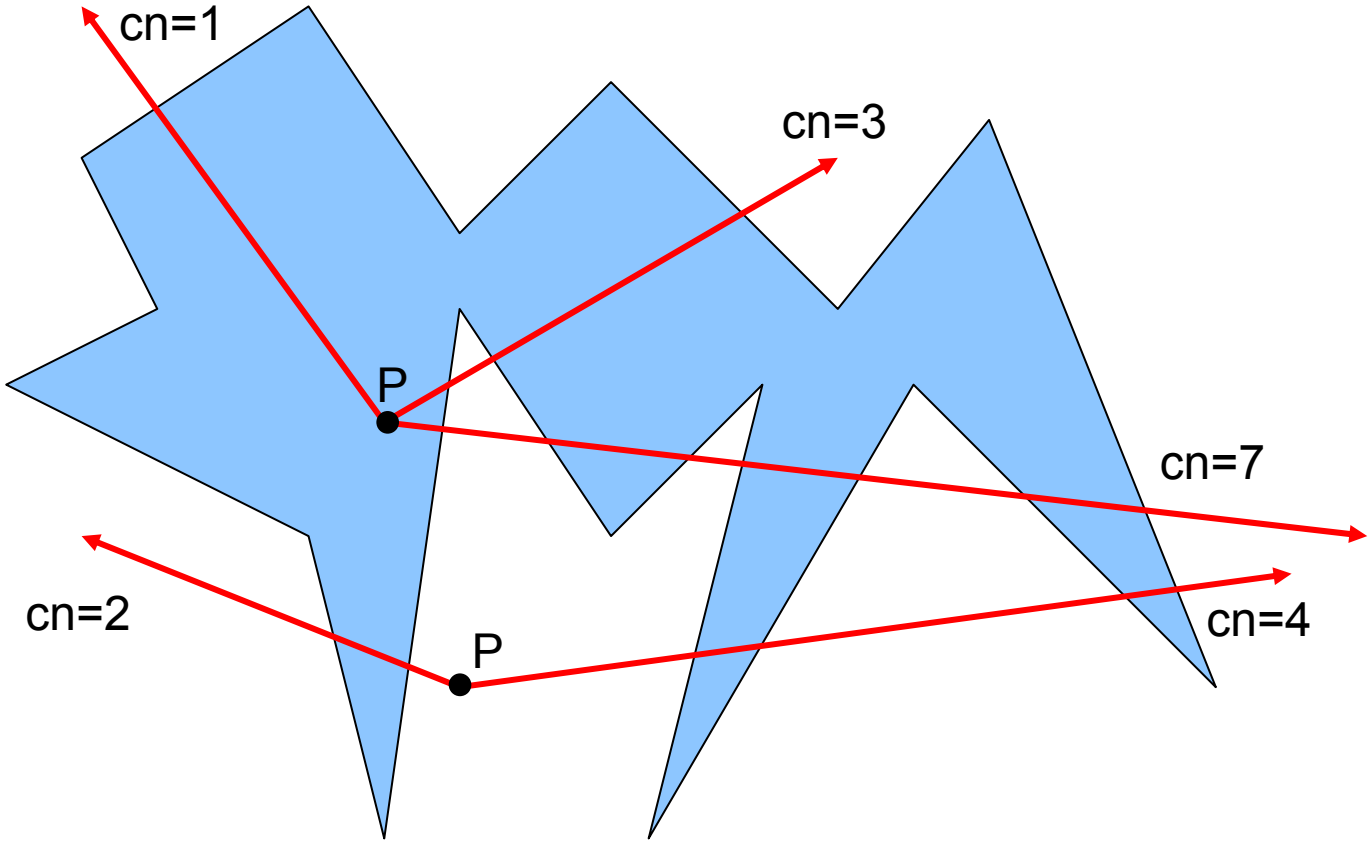
True Color

Tabelle
ohne Dither

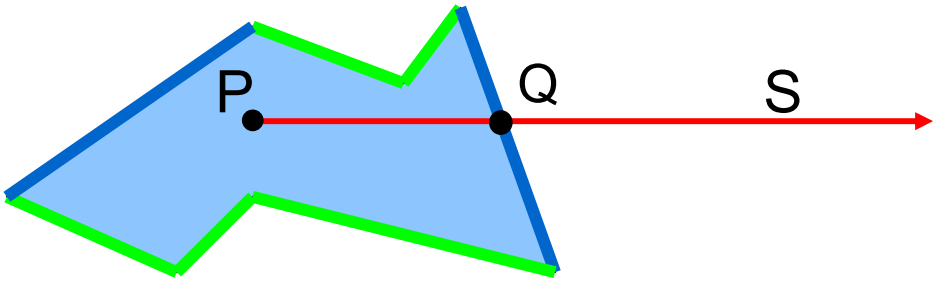
Tabelle
mit Dither



Punkt in Polygon



Kreuzungszahl berechnen



Sei S der von P nach rechts gehende Strahl

Für jede Polygonkante von P_1 nach P_2:

falls P_1 und P_2 oberhalb: kein Schnittpunkt

falls P_1 und P_2 unterhalb: kein Schnittpunkt

falls P_1 und P_2 auf verschiedenen Seiten:

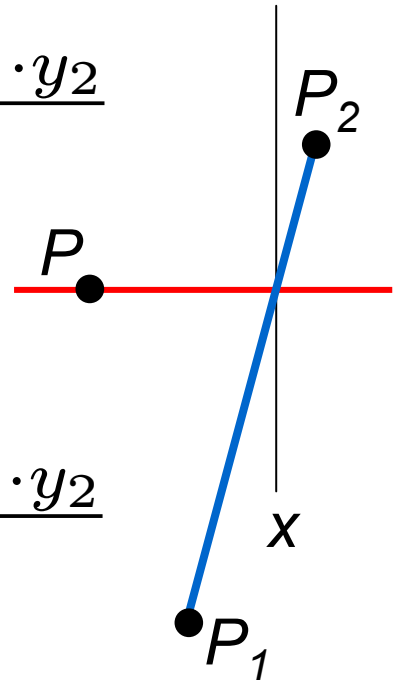
berechne Schnittpunkt Q mit S

falls rechts von P: erhöhe Kreuzungszahl

Schnittpunkt berechnen

$$f(x) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot x + \frac{x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2}{x_2 - x_1}$$

$$f(x) = y$$



$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot x + \frac{x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2}{x_2 - x_1}$$

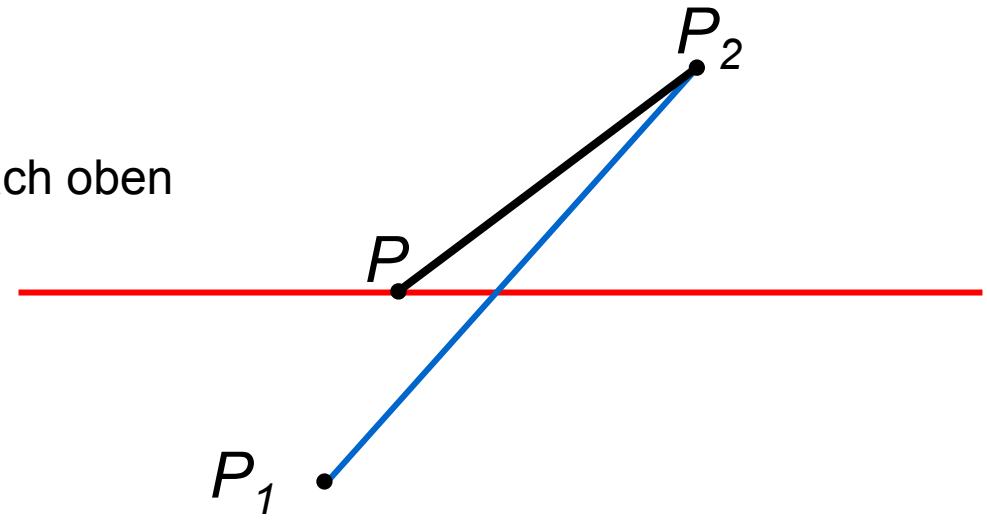
$$x = \frac{y \cdot (x_2 - x_1) - x_2 \cdot y_1 + x_1 \cdot y_2}{y_2 - y_1}$$

public boolean contains (int x, int y)

```
x1 = xpoints[n-1]; y1 = ypoints[n-1];
x2 = xpoints[0];   y2 = ypoints[0];
boolean inside = false;
boolean startUeber = y1 >= y ? true : false;
for (i=1; i<n; i++) {
  boolean endUeber = y2 >= y ? true : false;
  if ((startUeber != endUeber &&
   (double)(y*(x2-x1)- x2*y1 + x1*y2)/(y2-y1)>=x))
      inside = !inside;
  startUeber = endUeber;
  y1=y2; x1=x2; x2=xpoints[i]; y2=ypoints[i];
}
return inside;
```

Steigung statt Schnittpunkt

von unten nach oben



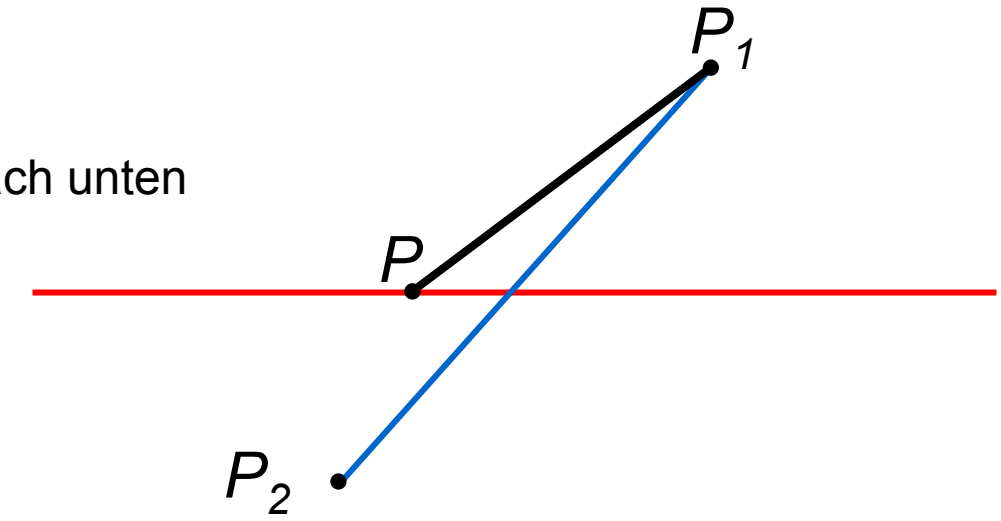
Kante von P_1 nach P_2
schneidet Strahl rechts von P, falls

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \geq \frac{y_2 - y}{x_2 - x}$$

$$(y_2 - y_1) \cdot (x_2 - x) \geq (y_2 - y) \cdot (x_2 - x_1)$$

Steigung statt Schnittpunkt

von oben nach unten



Kante von P_1 nach P_2
schneidet Strahl rechts von P, falls

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \geq \frac{y_1 - y}{x_1 - x}$$

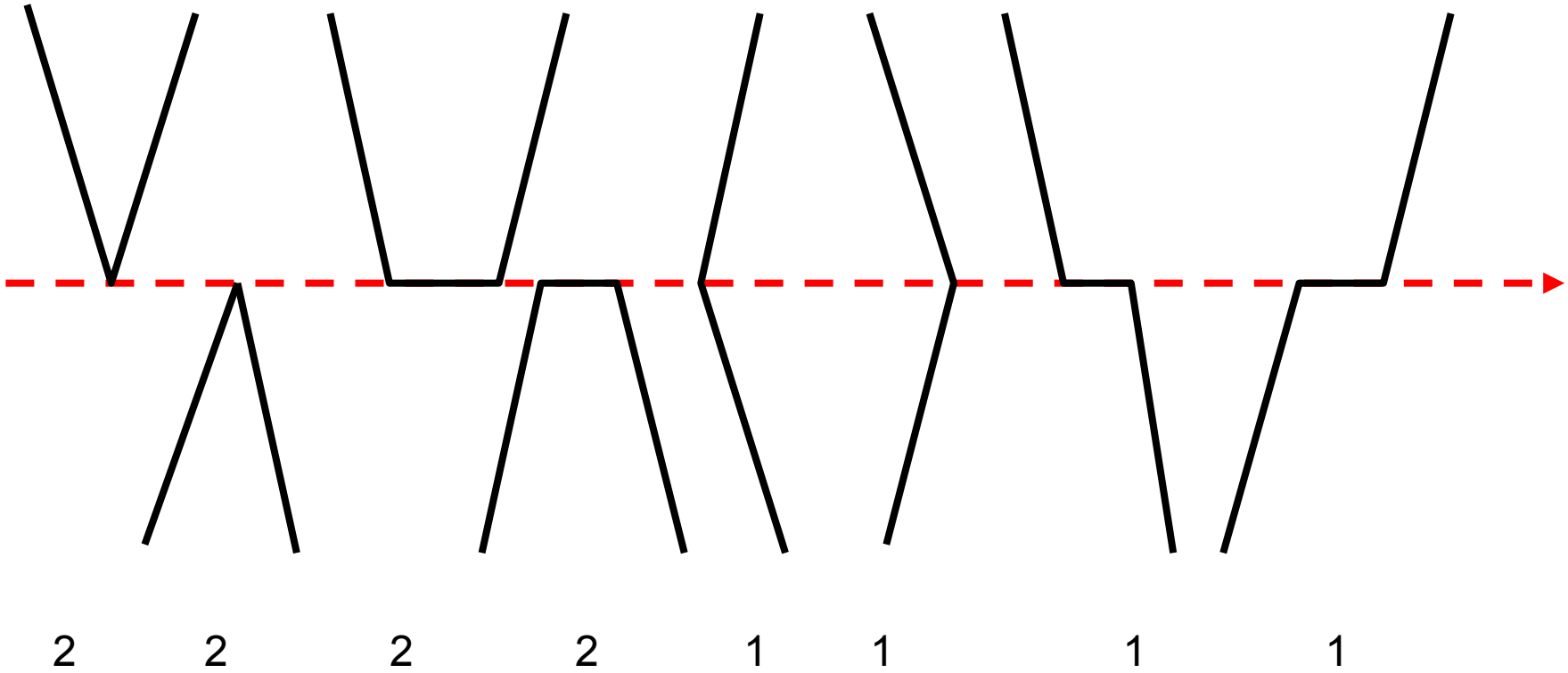
$$(y_2 - y_1) \cdot (x_1 - x) \geq (y_1 - y) \cdot (x_2 - x_1)$$

public boolean contains (int x, int y)

```
...
for (i=1; i<n; i++) {
  boolean endUeber = y2 >= y ? true : false;
  if (startUeber != endUeber && endUeber &&
      (y2-y1)*(x2-x) >= (y2-y)*(x2-x1))
      inside = !inside;
  if (startUeber != endUeber && startUeber &&
     (y2-y1)*(x1-x) >= (y1-y)*(x2-x1))
      inside = !inside;

  ...
```

Sonderfälle



sich überschneidende Polygone