UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Viewport und Clipping

COMPUTERGRAPHIK

Inhaltsverzeichnis

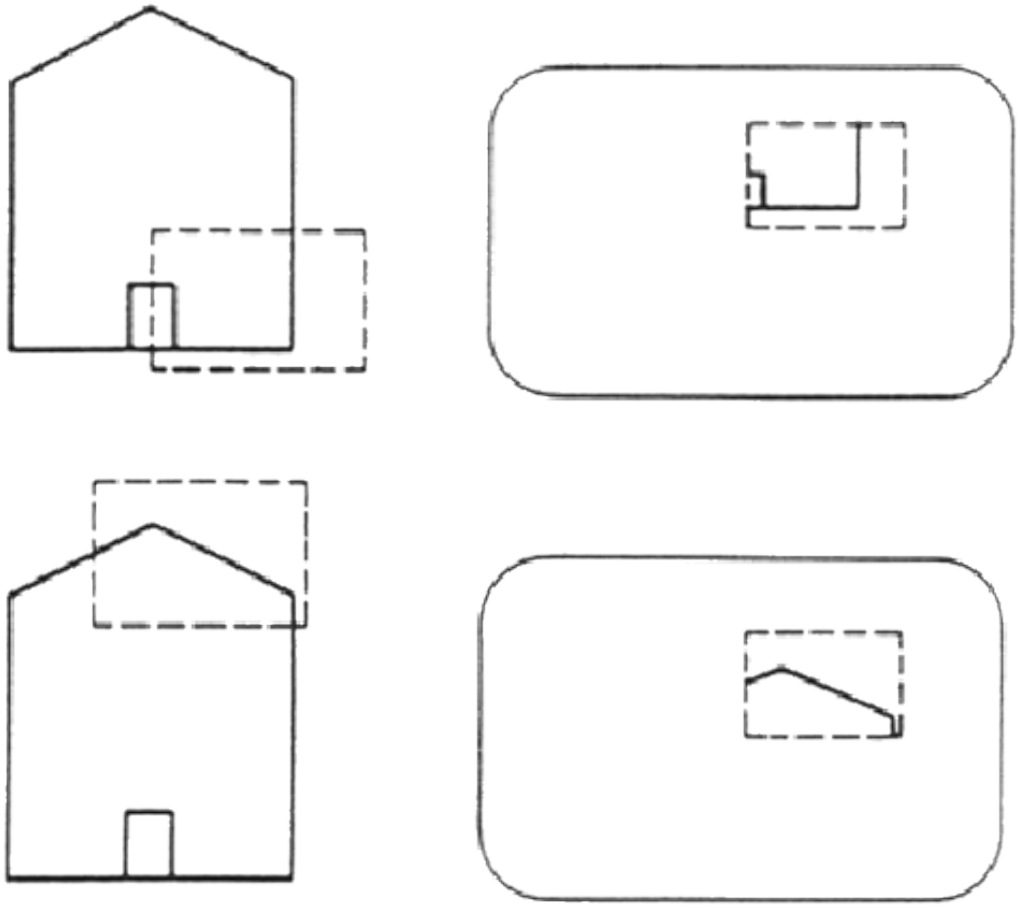
7.1 Viewport

- Window:
  - Definiert Sichtfenster in der Bildebene
  - Definiert, welcher Teilbereich der Szene abgebildet werden soll
  - Auch „View Window“ genannt
- Viewport:
  - Definiert Bildschirmbereich in dem der Inhalt eines Windows dargestellt werden soll

7.1 Viewport

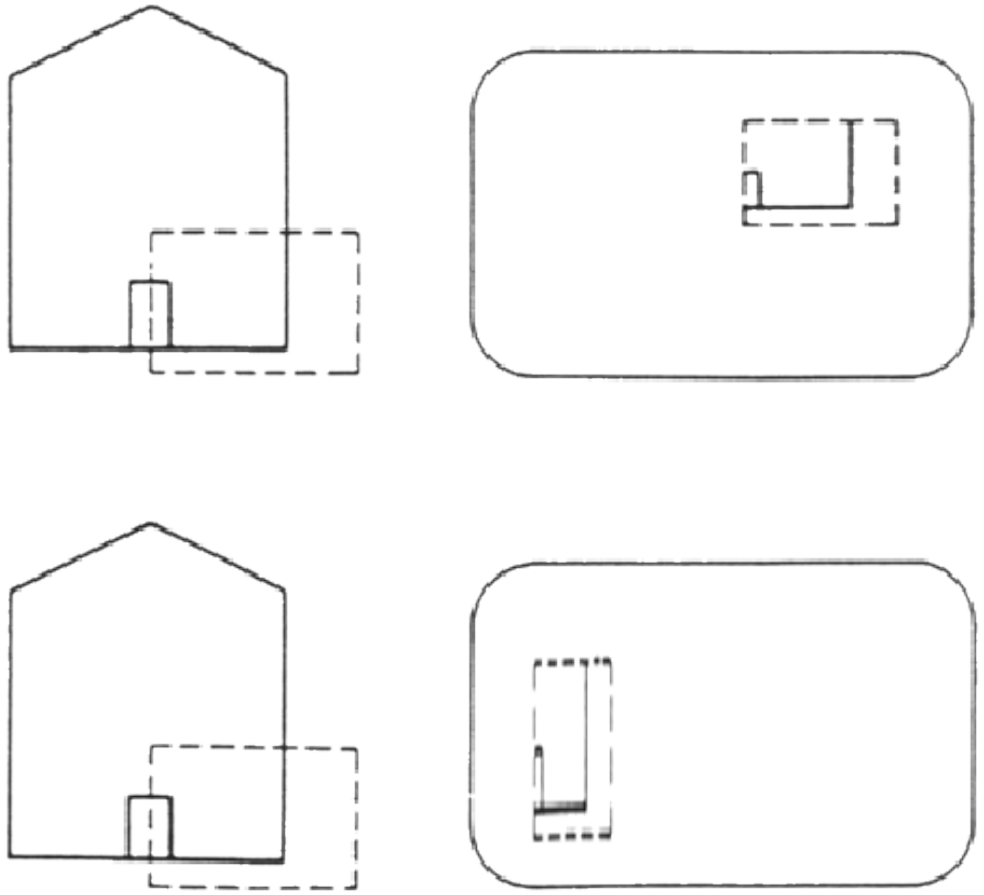
- In der Regel sind sowohl Window als auch Viewport an den Koordinatenachsen ausgerichtete rechteckige Gebiete
- Window-Viewport-Transformation (Windowing Operation):
  - elementare Verschiebungen und Skalierungen

7.1 Viewport



Verschiedene Fenster, dieselben Viewports

7.1 Viewport

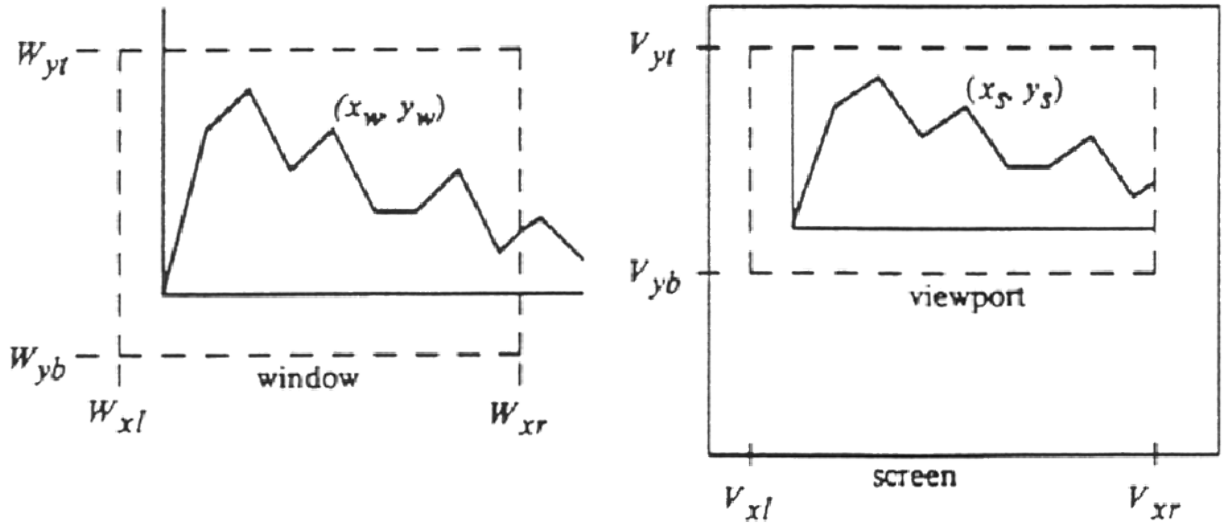


Dieselben Fenster, verschiedene Viewports

7.1 Viewport

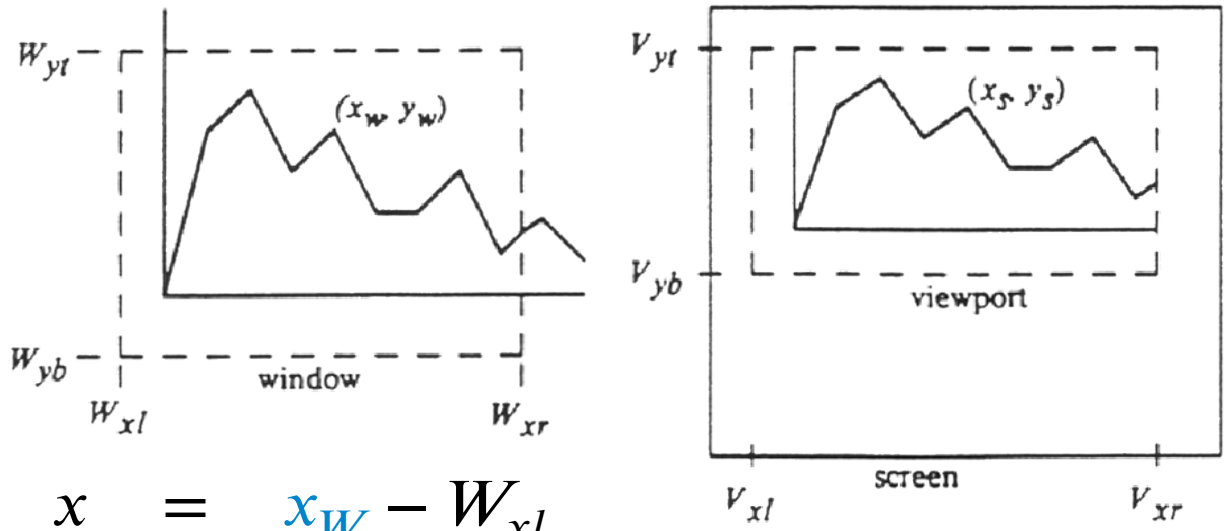
- Koordinaten des Windows:
  $W_{xl}, W_{xr}, W_{yb}, W_{yt}$
- Punktkoordinaten im Fenster (window):
  x_W, y_W

- Koordinaten des Viewports im Bildschirmkoordinatensystem
  $V_{xl}, V_{xr}, V_{yb}, V_{yt}$
- Punktkoordinaten auf dem Bildschirm (screen):
  x_S, y_S



7.1 Viewport

Transformation



1) Verschiebung
in den Koordinatenursprung

$$x = x_W - W_{xl}$$
$$y = y_W - W_{yb}$$

2) Skalierung
auf die gewünschte Größe

$$x' = \frac{V_{xr} - V_{xl}}{W_{xr} - W_{xl}} \cdot x$$
$$y' = \frac{V_{yt} - V_{xyb}}{W_{yt} - W_{yb}} \cdot y$$

3) Verschiebung
an die gewünschte Stelle

$$x_S = x' + V_{xl}$$
$$y_S = y' + V_{yb}$$

7.1 Viewport

Transformation

Zusammenfassung zu

$$x_S = a \cdot x_W + b$$
$$y_S = c \cdot y_W + d$$

$\Rightarrow$ Punkttransformation durch zwei Multiplikationen und zwei Additionen

$a,\ b,\ c,\ d$ fest für alle Punkttransformationen

$$a := \frac{V_{xr} - V_{xl}}{W_{xr} - W_{xl}}$$
$$c := \frac{V_{yt} - V_{xyb}}{W_{yt} - W_{yb}}$$

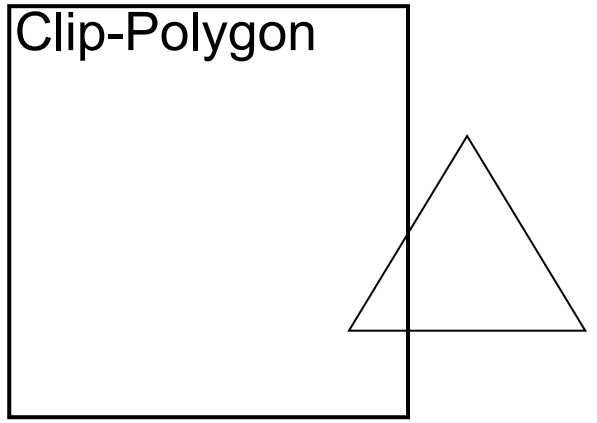
$$b = V_{xl} - a \cdot W_{xl}$$
$$d = V_{yb} - c \cdot W_{yb}$$

7.2 Clipping

Clip-Polygon

- Objekte in der Bildebene werden innerhalb eines Fensters dargestellt
- Alle außerhalb des Fensters liegenden Objektteile werden abgeschnitten:
  Clipping am Fensterrand

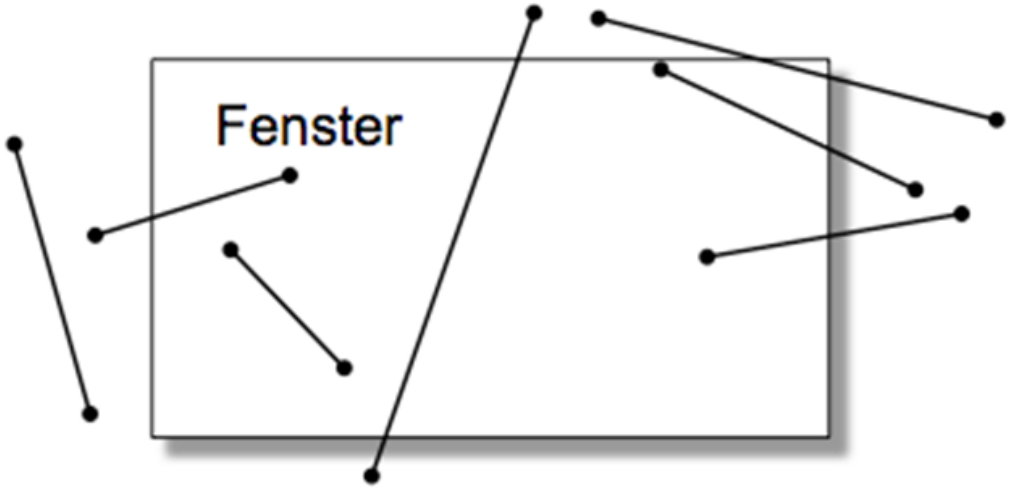
- Das Fenster wird Clip-Polygon genannt
  - typischerweise Rechtecke
  - andere Geometrie möglich
  - Nichtkonvexe oder nicht einfache Polygone sind problematisch



7.2 Clipping

Linien

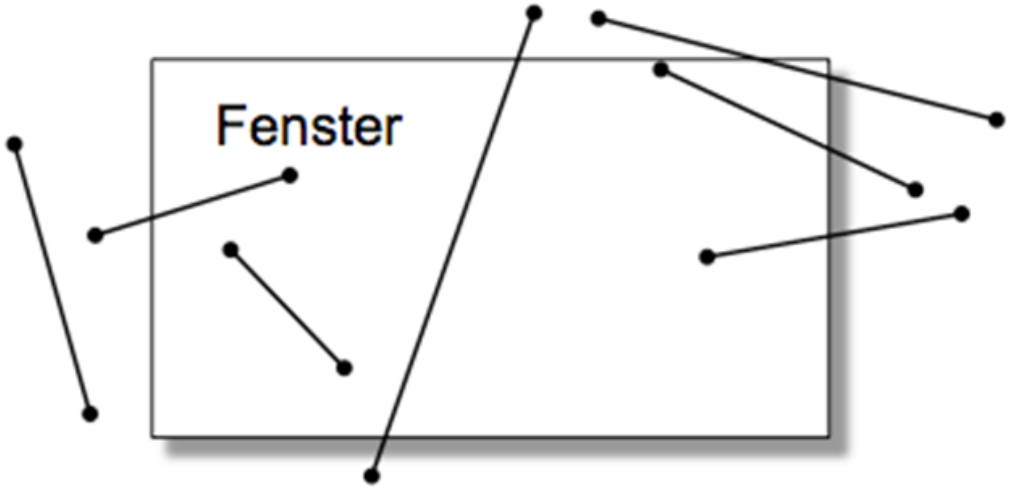
- Clip-Polygon
  - rechteckig
  - achsenparallel
- Fallunterscheidung
  1. beide Endpunkte innerhalb des Fensters
     ⇒ Linie zeichnen
  2. beide Endpunkte oberhalb oder unterhalb oder links oder rechts des Fensters
     ⇒ Linie nicht zeichnen



7.2 Clipping

Linien

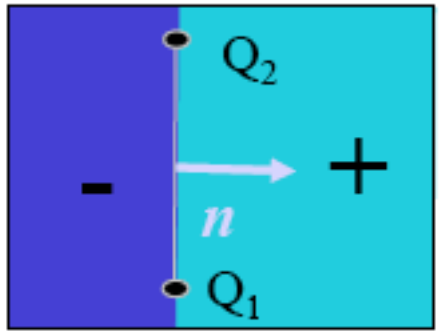
3. Sonst
   - Berechne die Schnittpunkte der Linie mit dem Fensterrand anhand der Geradengleichungen
   - Bestimme daraus die sichtbare Strecke



7.2 Clipping

Liang-Barsky-Algorithmus

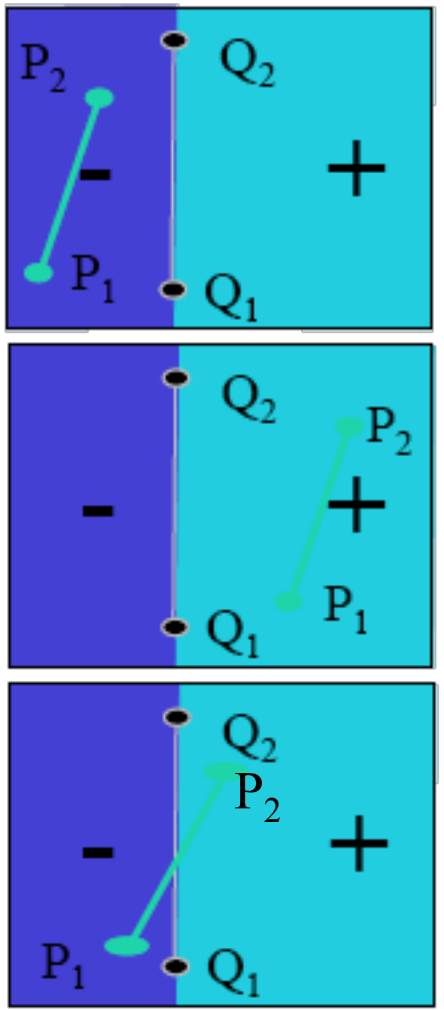
- Fensterkanten als implizite Gerade
  $Q_1 = (x_1, y_1), Q_2 = (x_2, y_2)$
  $n = (\Delta y, -\Delta x) = ((y_2 - y_1), -(x_2 - x_1))$
  $P = (x, y)$
- Normale n zeigt ins Innere
- Entscheidungsgröße
  $E(P) = \mathrm{n} \circ (P - Q_1) = n \circ P - n \circ Q_1$
  ist positiv, wenn P im Inneren liegt



7.2 Clipping

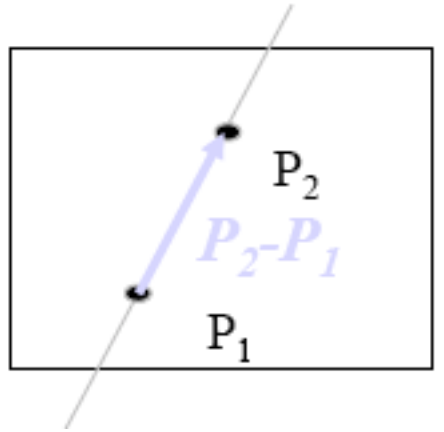
Liang-Barsky-Algorithmus

- Fallunterscheidung:
  1) P_1 und P_2 liegen außen
     $E(P_1) \leq 0, E(P_2) \leq 0$
  2) P_1 und P_2 liegen innen
     $E(P_1) \geq 0, E(P_2) \geq 0$
  3) P_1 und P_2 liegen auf verschiedenen Seiten
     $E(P_1) < 0, E(P_2) > 0$
     $E(P_1) > 0, E(P_2) < 0$

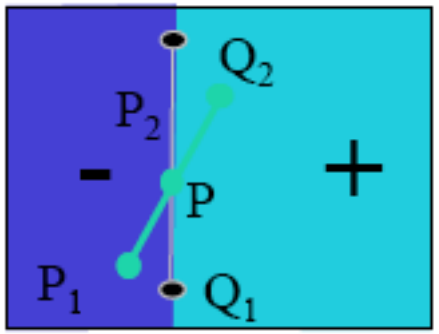


7.2 Clipping

Liang-Barsky-Algorithmus

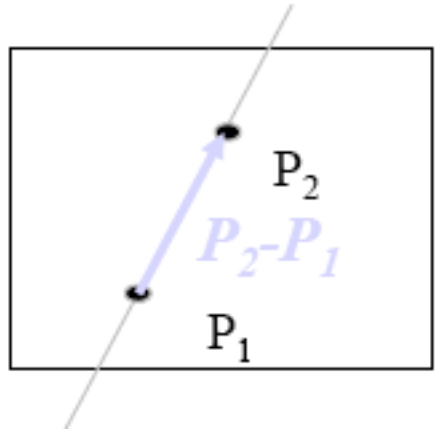


- Fall 3: Schnittpunkt P muss berechnet werden
- Parametrische Darstellung der Liniensegmente
  $P = l(t) = P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)$
- in implizite Gleichung einsetzen:
  $E(P) = 0$
  $\Leftrightarrow\ P \circ n - Q_1 \circ n = 0$
  $\Leftrightarrow$

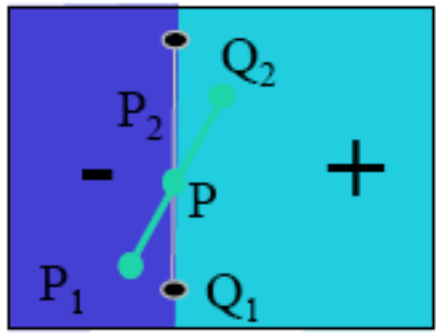


7.2 Clipping

Liang-Barsky-Algorithmus



- Fall 3: Schnittpunkt P muss berechnet werden
- Parametrische Darstellung der Liniensegmente
  $P = l(t) = P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)$
- in implizite Gleichung einsetzen:
  $E(P) = 0$
  $\Leftrightarrow\ P \circ n - Q_1 \circ n = 0$
  $\Leftrightarrow\ (P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)) \circ n - Q_1 \circ n = 0$
  $\Leftrightarrow\ t = \dfrac{Q_1 \circ n - P_1 \circ n}{(P_2 - P_1) \circ n}$



- zurück in die parametrische Gleichung
  $P = P_1 + \dfrac{Q_1 \circ n - P_1 \circ n}{(P_2 - P_1) \circ n} \cdot (P_2 - P_1)$

7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

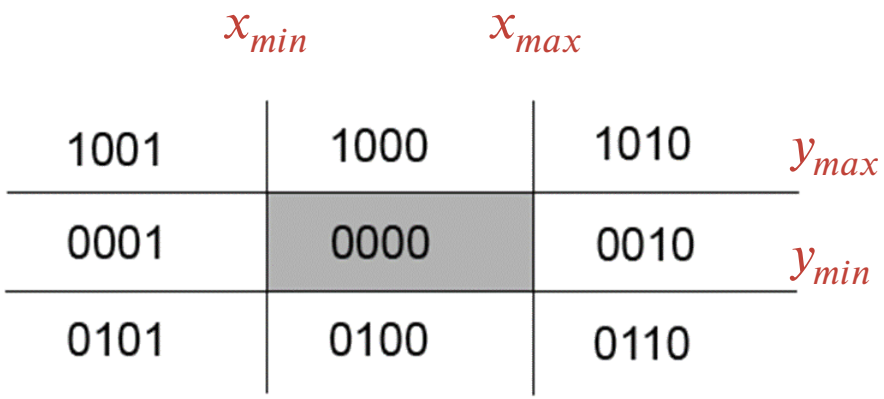
- Kern des Algorithmus ist ein schnelles Verfahren zur Bestimmung der Kategorie einer Linie
  - innerhalb
  - außerhalb
  - schneidend
- Gegeben:
  - Ein Fenster: $(x_{min}, y_{min}, x_{max}, y_{max})$ dessen begrenzende Geraden (Halbebenen) die Bildebene in neun Regionen unterteilen
- Jeder Region ist ein eindeutiger 4-Bit-Code (Outcode) zugeordnet, der Auskunft über deren Lage in Bezug auf das Fenster gibt
- Im 3D sind es 27 Regionen (3^3) und ein 6-Bit-Outcode

7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Outcode-Bits werden gesetzt, falls der Eckpunkt in der jeweiligen Region liegt

Bit	Ort	Bedingung
0	links des Fensters	$x < x_{min}$
1	rechts des Fensters	$x > x_{max}$
2	unterhalb des Fensters	$y < y_{min}$
3	oberhalb des Fensters	$y > y_{max}$

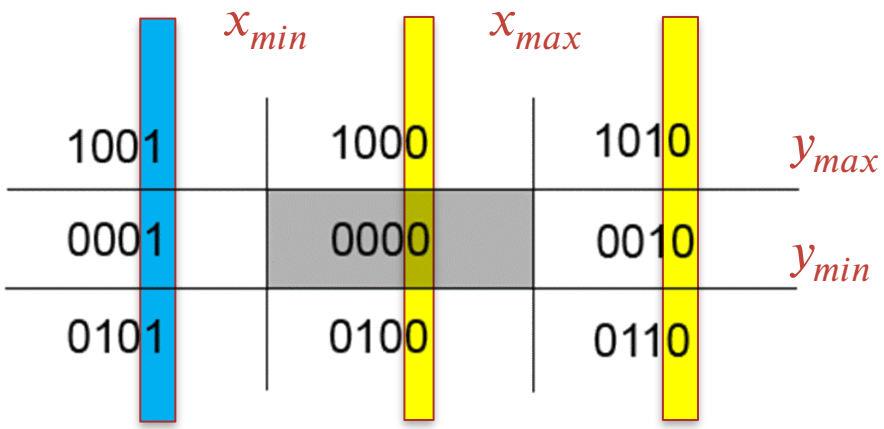


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Outcode-Bits werden gesetzt, falls der Eckpunkt in der jeweiligen Region liegt

Bit	Ort	Bedingung
0	**links des Fensters**	$x < x_{min}$
1	rechts des Fensters	
2	unterhalb des Fensters	
3	oberhalb des Fensters	

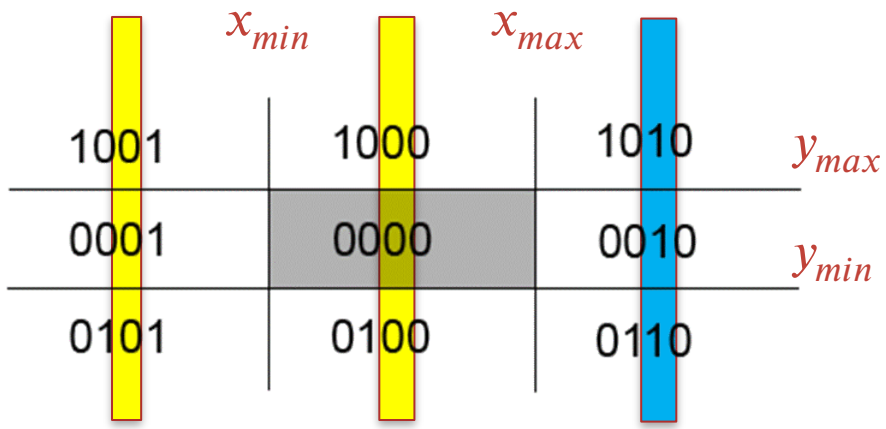


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Outcode-Bits werden gesetzt, falls der Eckpunkt in der jeweiligen Region liegt

Bit	Ort	Bedingung
0	links des Fensters	$x < x_{min}$
1	**rechts des Fensters**	$x > x_{max}$
2	unterhalb des Fensters	
3	oberhalb des Fensters	

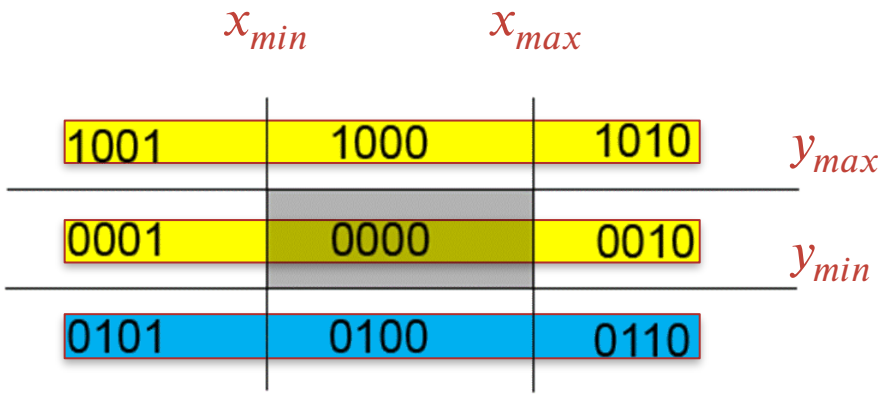


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Outcode-Bits werden gesetzt, falls der Eckpunkt in der jeweiligen Region liegt

Bit	Ort	Bedingung
0	links des Fensters	$x < x_{min}$
1	rechts des Fensters	$x > x_{max}$
2	**unterhalb des Fensters**	$y < y_{min}$
3	oberhalb des Fensters	

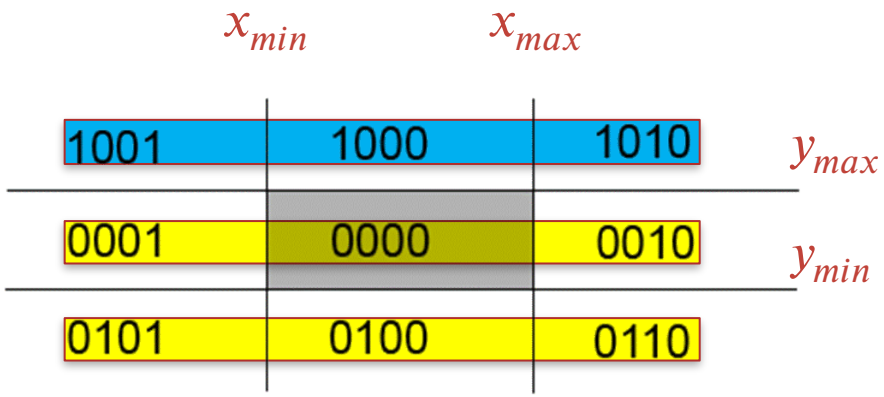


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Outcode-Bits werden gesetzt, falls der Eckpunkt in der jeweiligen Region liegt

Bit	Ort	Bedingung
0	links des Fensters	$x < x_{min}$
1	rechts des Fensters	$x > x_{max}$
2	unterhalb des Fensters	$y < y_{min}$
3	**oberhalb des Fensters**	$y > y_{max}$



7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

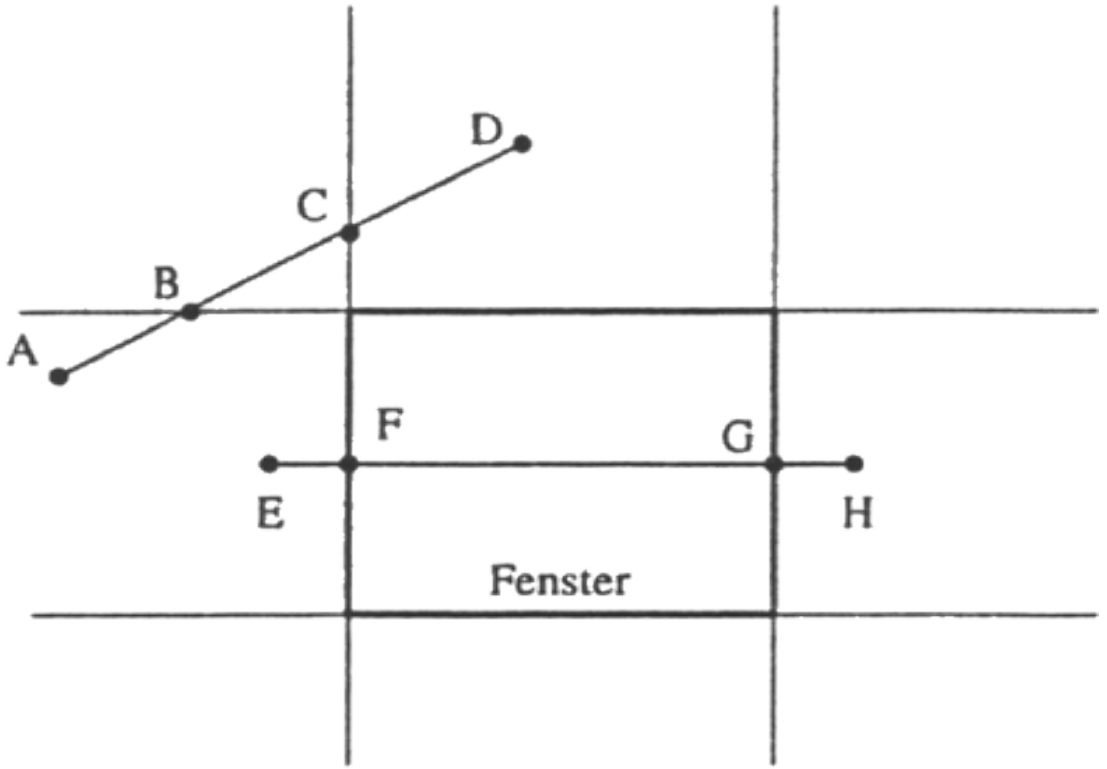
- Bestimme Outcodes für Endpunkte einer Linie
  - Linie liegt vollständig außerhalb des Fensters (Trivial Reject):
    Durchschnitt der Codes beider Endpunkte ist von 0 verschieden
    (AND-Verknüpfung $\neq 0$)
  - Linie liegt komplett im Fenster (Trivial Accept):
    Beide Endpunkte besitzen den 4-Bit-Code 0000
    (OR-Verknüpfung $= 0$)
- Sonst:
  - Schneide die Linie nacheinander mit den das Fenster begrenzenden Geraden
    → es entstehen zwei Linien
  - Außerhalb des Fensters liegende Teile können sofort entfernt werden

7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Linie AD

- Codes A: 0001 und D: 1000
- 0001 AND 1000 = 0000 (kein reject)
- 0001 OR 1000 = 1001 (kein accept)
  - Schnitt mit linker Fenstergrenze liefert
    - Punkte A und C liegen links: eliminiere AC
- Codes C: 1000 und D: 1000
- 1000 AND 1000 = 1000 (reject)
  - Punkte C und D liegen oberhalb: eliminiere CD

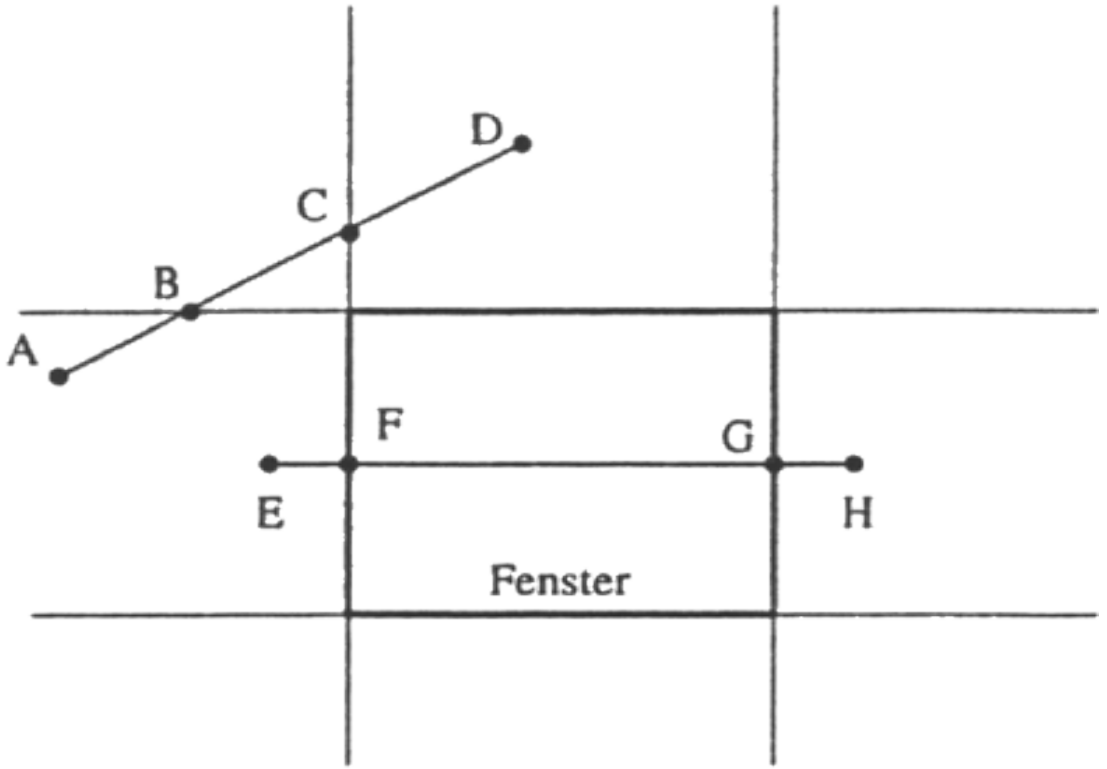


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Linie EH

- Codes E: 0001 und H: 0010
- 0001 AND 0010 = 0000 (kein reject)
- 0001 OR 0010 = 1010 (kein accept)
  - Schnitt mit linker Fenstergrenze liefert F
    - eliminiere EF

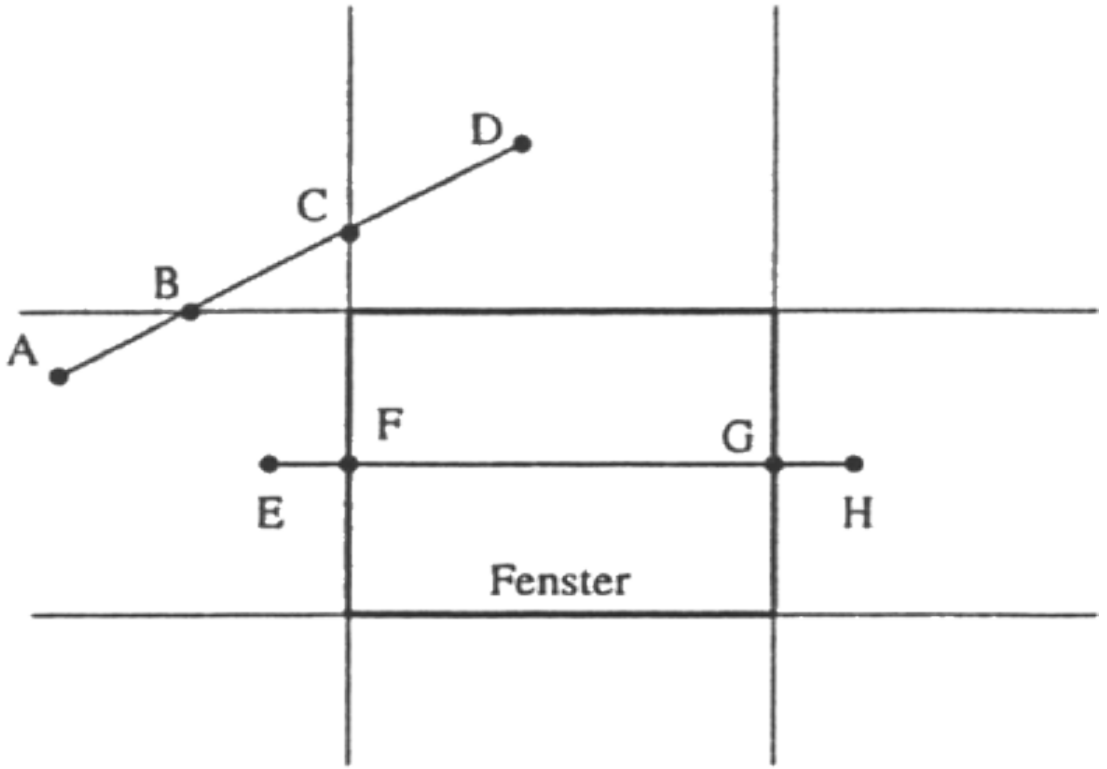


7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Linie EH

- Codes F: 0000 und H: 0010
- 0000 AND 0010 = 0000 (kein reject)
- 0000 OR 0010 = 0000 (kein accept)
  - Schnitt von FH mit der rechten Fenstergrenze liefert G
    - eliminiere GH
- Codes F: 0000 und G: 0000
- 0000 AND 0010 = 0000 (kein reject)
- 0000 OR 0000 = 0000 (accept)
  - FG wird gezeichnet



7.2 Clipping

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus: Spezialfälle & Beschleunigungen

- Bei senkrecht oder waagrecht verlaufenden Linien muss nur gegen die
  y- bzw. x-Grenzen getestet und geschnitten werden
- Falls genau ein Endpunkt innerhalb des Fensters liegt, gibt es nur einen Schnitt mit dem Fensterrand
- Einige Schnittoperationen führen nicht zu Schnittpunkten am Fensterrand
  - Jedes Bit korrespondiert genau zu einem der Fensterränder
  - Betrachte nur Fensterränder deren zugehöriges Bit in den zwei Endpunkt-Codes unterschiedlich gesetzt ist

7.2 Clipping

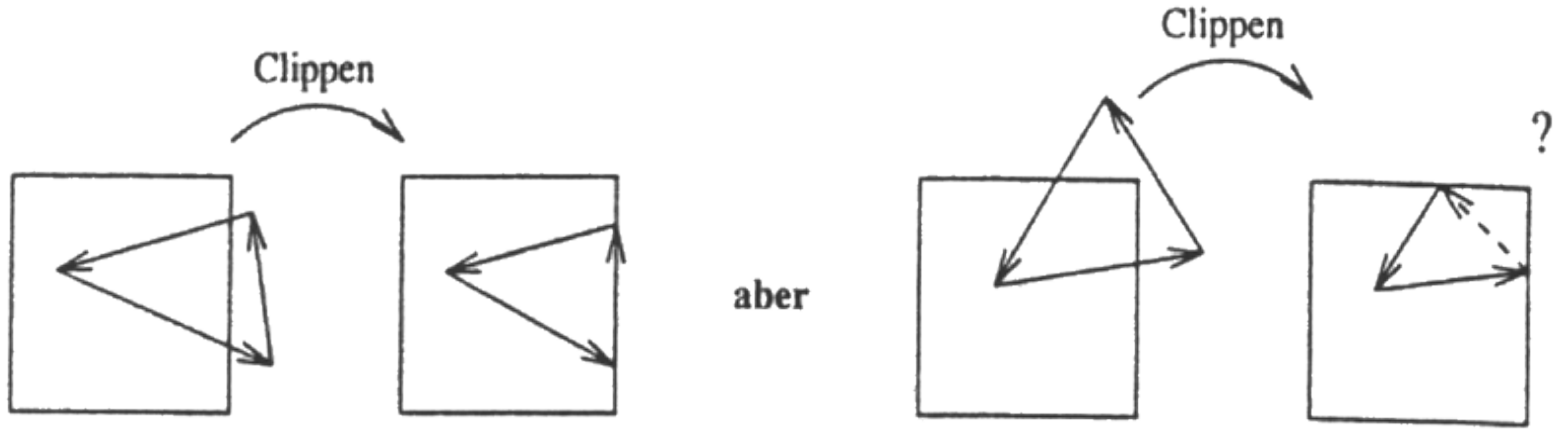
Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus: Spezialfälle & Beschleunigungen

- Vermeidung der aufwändigen Schnittpunktberechnung durch Bisektionsmethode
  - Linien, die weder ganz außerhalb, noch ganz innerhalb des Fensters liegen, werden so lange unterteilt, bis ihre Länge kleiner als ein Pixel ist
  - Bei 2^10=1024 Pixel in einer Zeile bzw. Spalte erfordert dies maximal 10 Unterteilungen
    (⇒ Mittelpunktalgorithmus)
  - In Hardware ist diese Variante schneller als eine direkte Schnittberechnung
    - schnelle Division durch 2 (Bitshift)
    - Parallelisierbarkeit

7.2 Clipping

Polygone

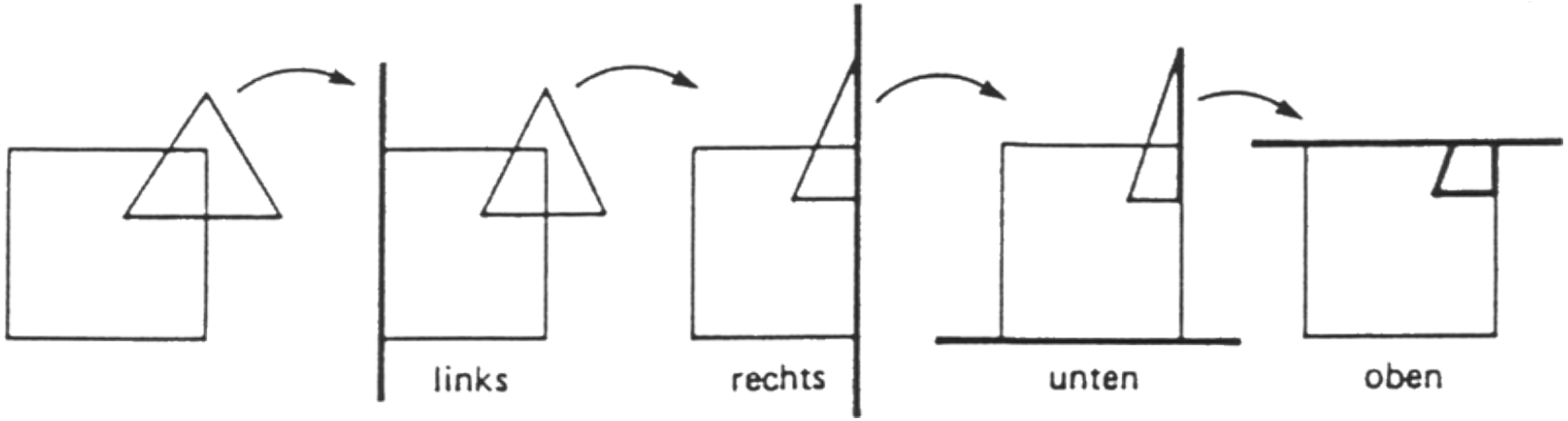
- Polygone begrenzen Flächen
  - Polygon-Clipping muss wieder geschlossene Polygone liefern
  - Teile des Fensterrandes müssen eingebaut werden
- Ein einfacher Algorithmus würde jede Seite gegen die Fenster clippen
  - Wenn eine Seite das Fenster verlässt, wird der Austrittspunkt mit dem Wiedereintritt verbunden
  - Ecken können zu Problemen führen



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

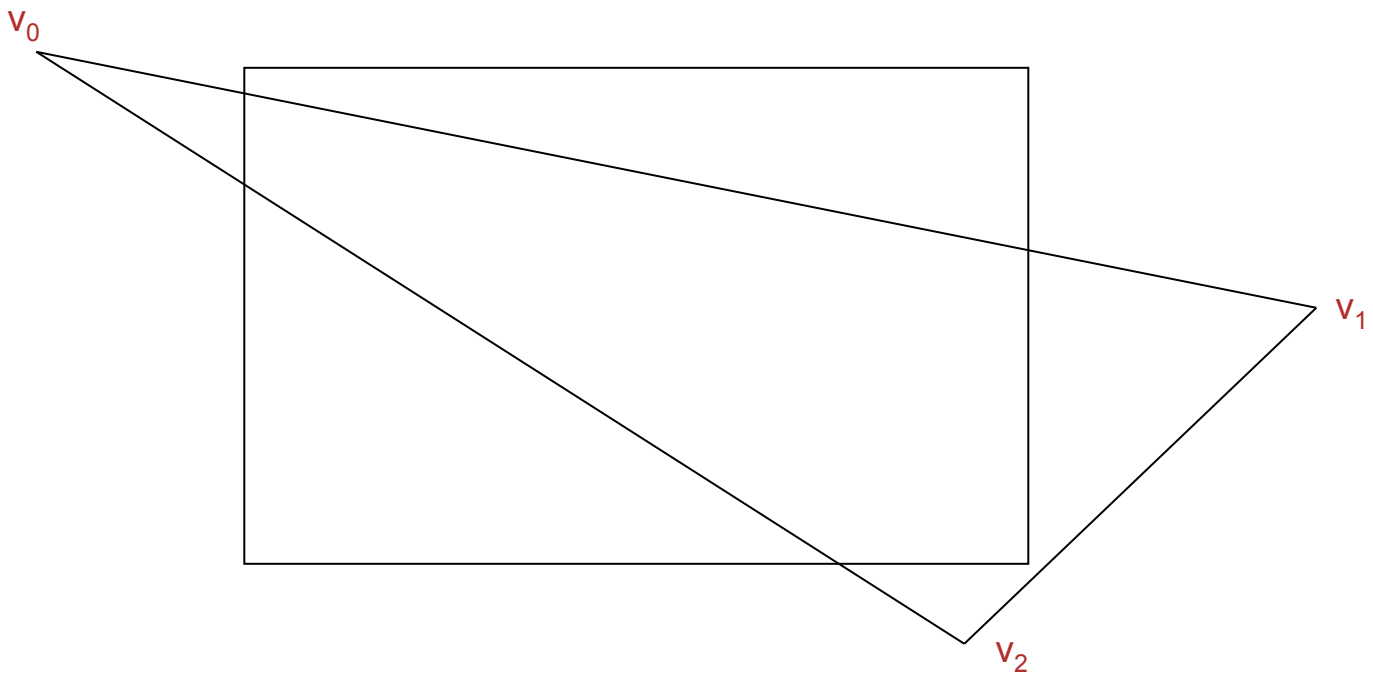
- Problem:
  Clippen jeder Polygonseite gegen alle 4 Fensterseiten
- Vollständiges Clippen des Polygons gegen eine Fensterseite nach der anderen führt zum Ziel
- Die Zwischenergebnisse müssen gespeichert werden



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

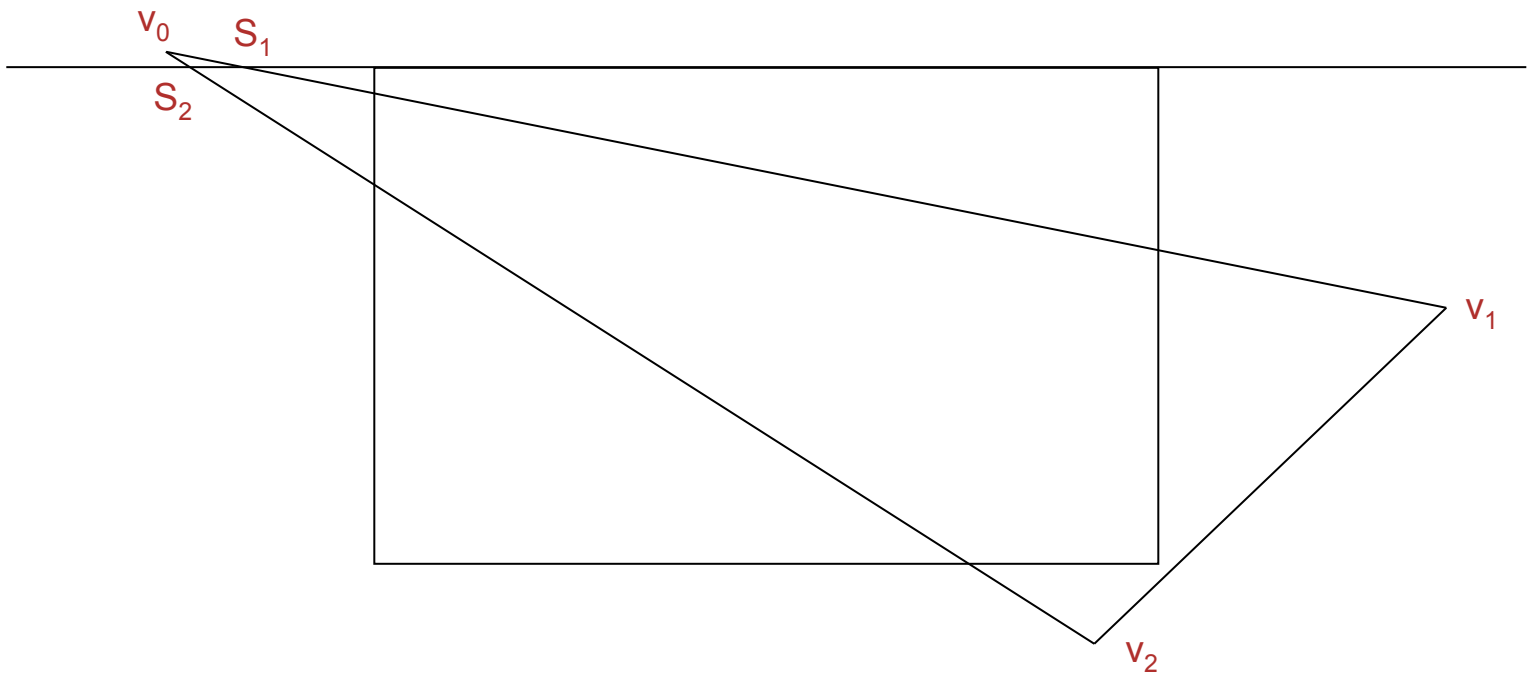
– Ausgangssituation: aktuelles Polygon $\{v_0, v_1, v_2\}$



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

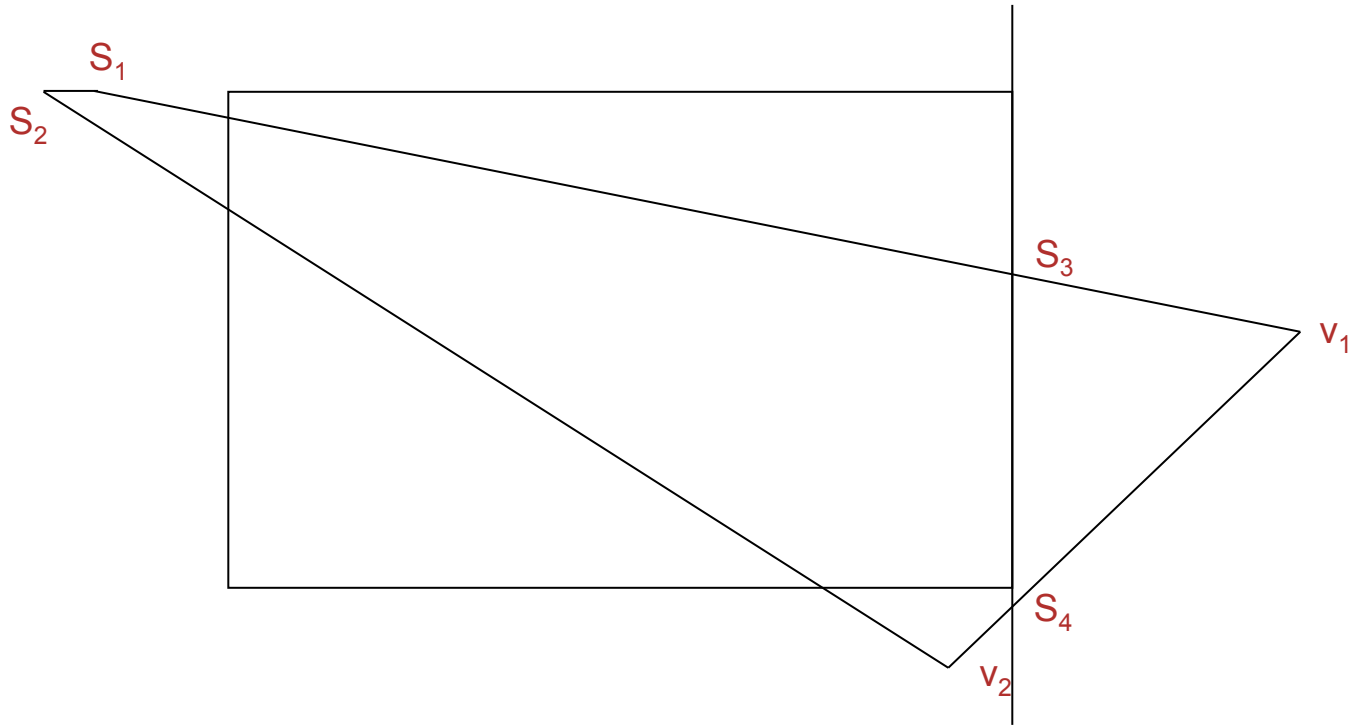
– Clip oben: aktuelles Polygon $\{s_1, v_1, v_2, s_2\}$



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

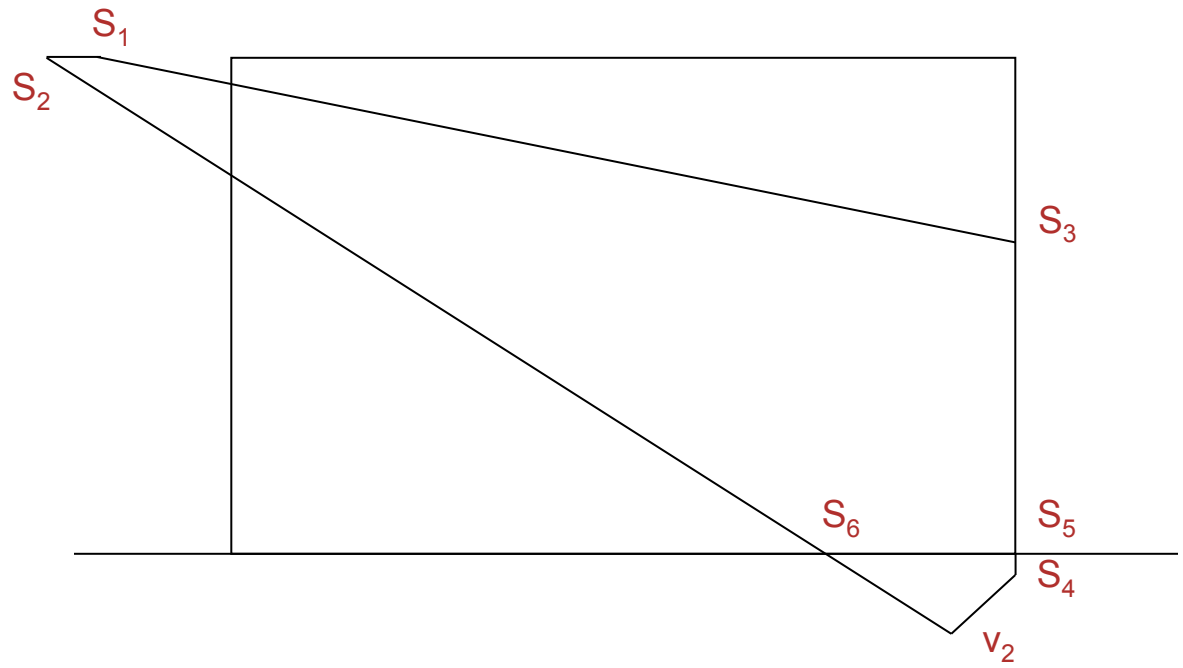
- Clip rechts: aktuelles Polygon $\{ s_1, s_3, s_4, v_2, s_2 \}$



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

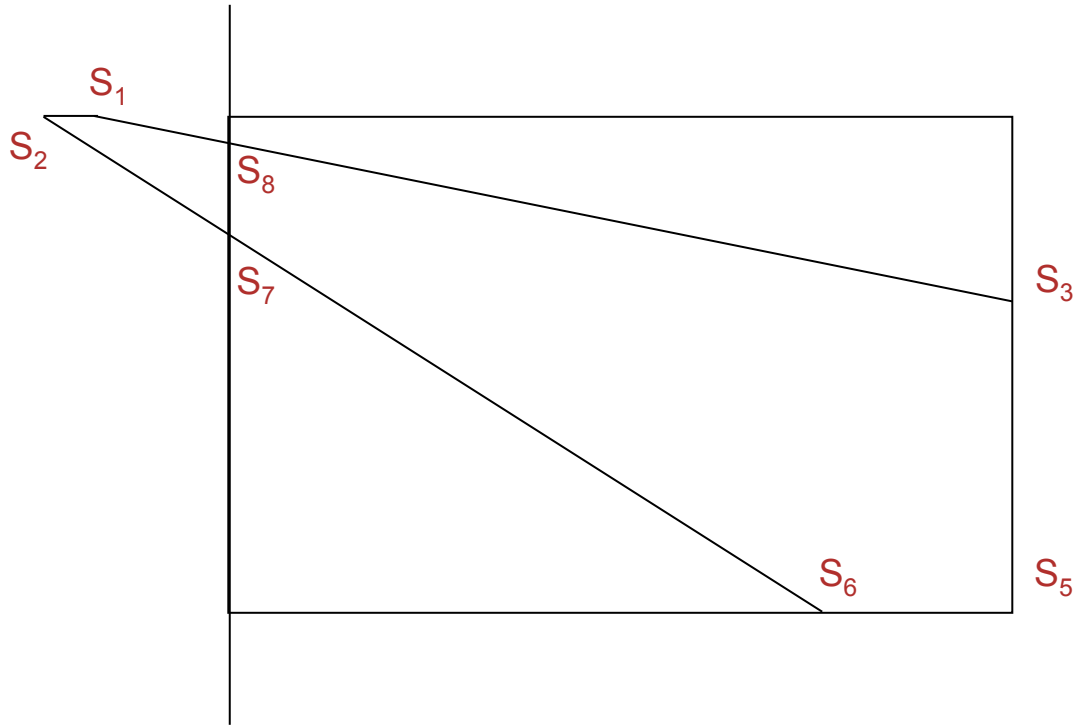
- Clip unten: aktuelles Polygon $\{ s_1, s_3, s_5, s_6, s_2 \}$



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

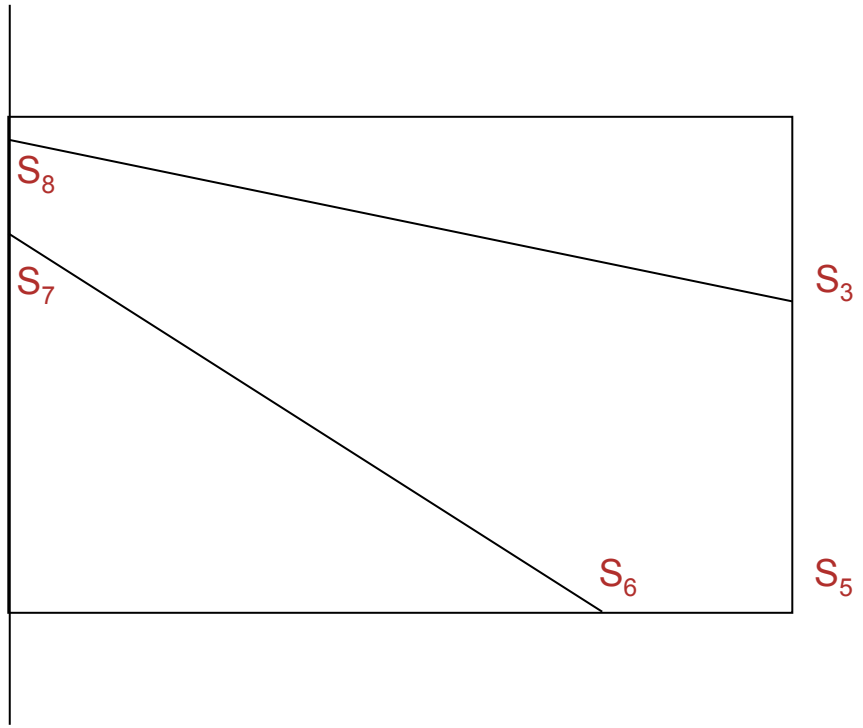
- Clip links: aktuelles Polygon $\{ s_8, s_3, s_5, s_6, s_7 \}$



7.2 Clipping

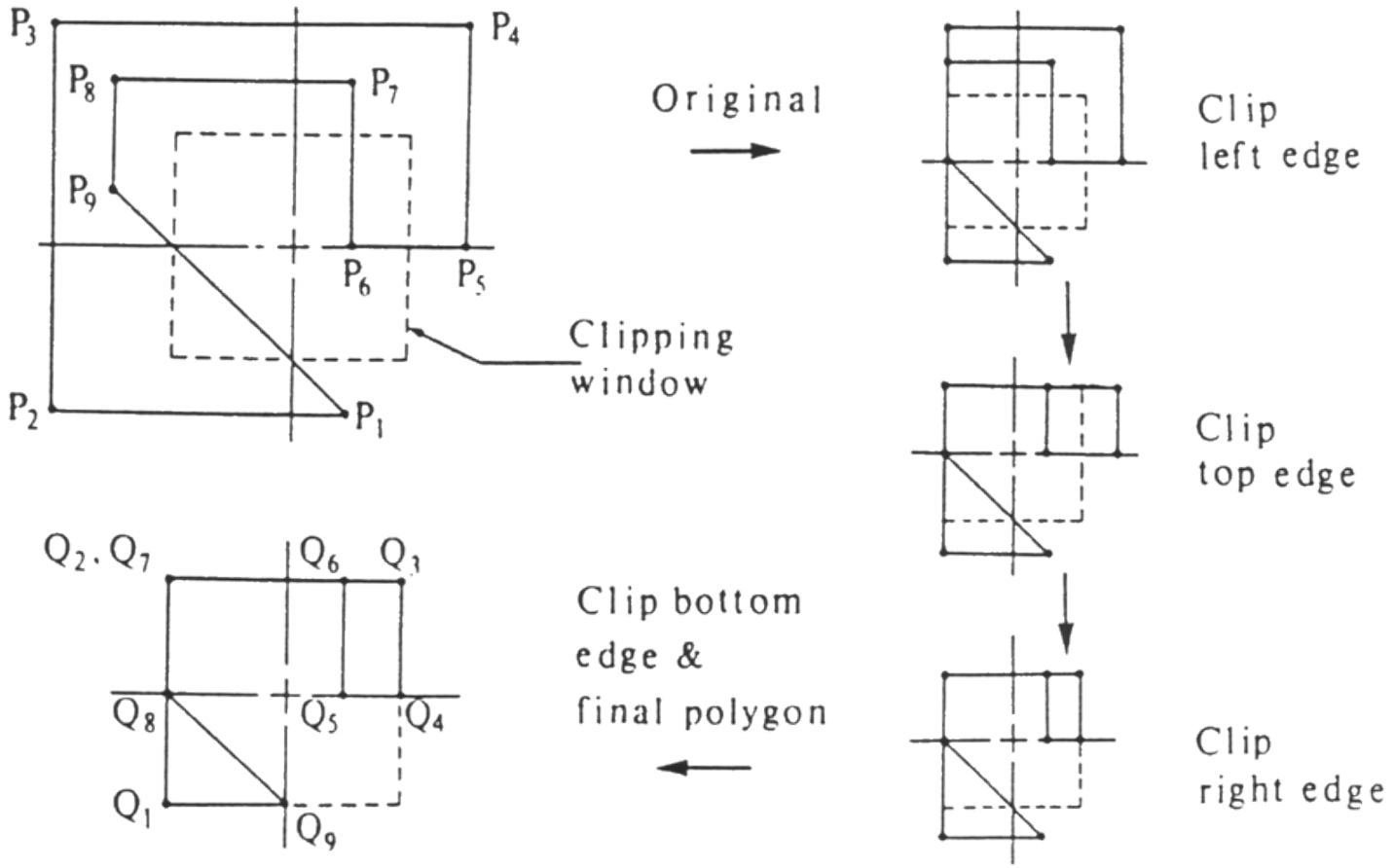
Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

- Ergebnis-Polygon $\{ s_8, s_3, s_5, s_6, s_7 \}$



7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

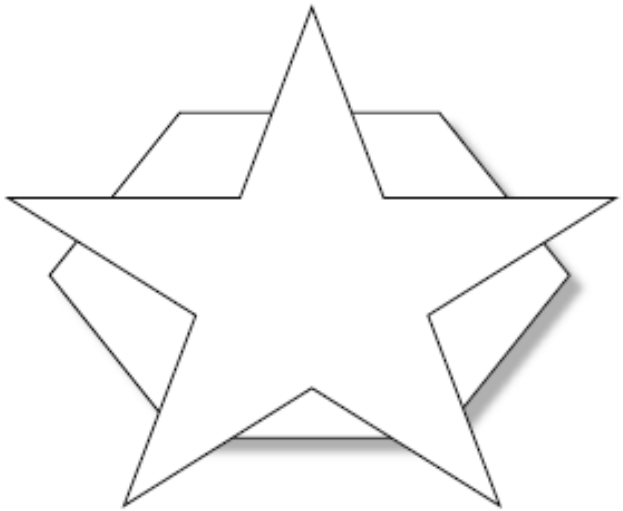


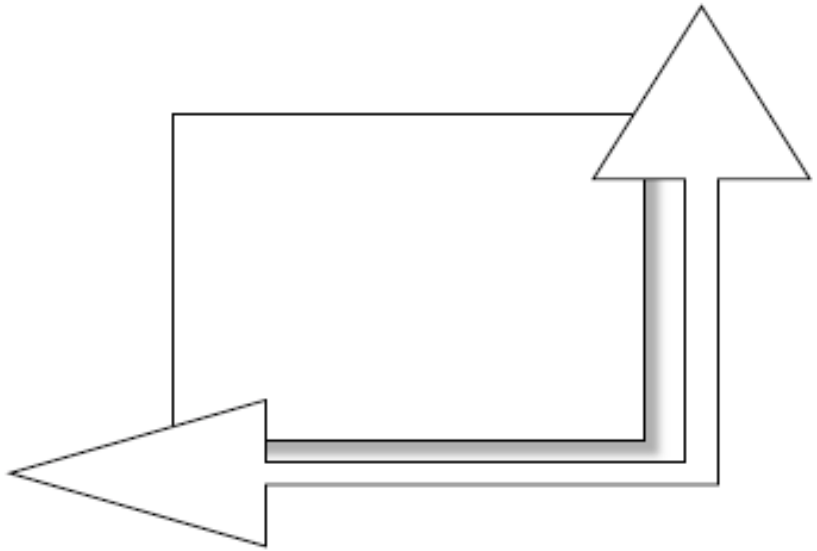
7.2 Clipping

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

- Fenster konvexes Polygon und
- Kandidat einfaches Polygon

⇒ Ergebnis ist immer ein geschlossener Kantenzug





7.2 Clipping

Andere Polygon-Clipping-Verfahren

- Vatti-Algorithmus
  Scan-Line
  [CACM 35 1992]

- Greiner/Hormann
  [ACM TOG 17(2),1998]

7.2 Clipping

Clipping in 3D

- Clipping nach Transformation in das normalisierte Sichtvolumen (NDC)

- Clippingverfahren lassen sich einfach in 3D übertragen:
  Clippen an sechs Halbebenen statt vier

- Alternativ:
  Clipping nach Projektion in die zweidimensionale Bildebene
  → w-Clipping