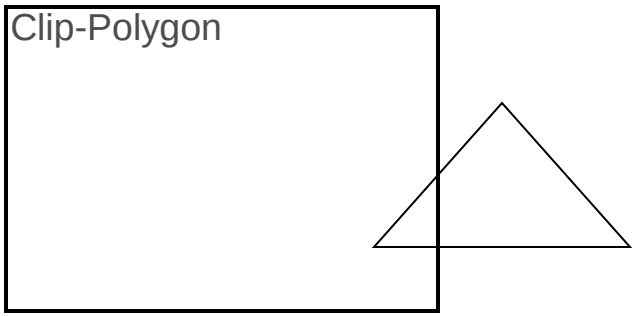
Inhaltsverzeichnis

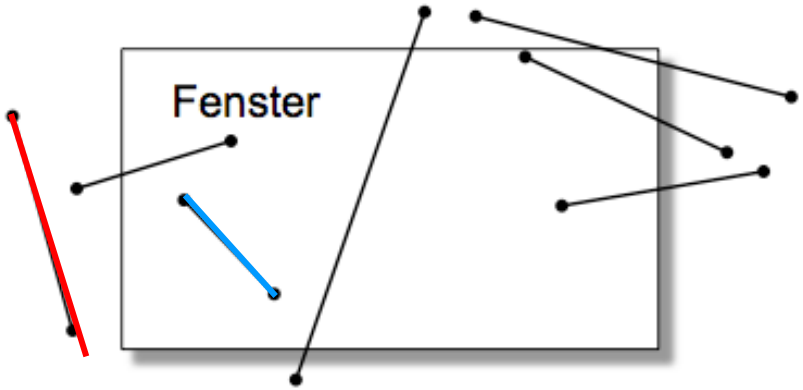
2.11 Clipping

- Objekte in der Bildebene werden **innerhalb** eines Fensters dargestellt.
- Alle außerhalb des Fensters liegenden Objektteile müssen **abgeschnitten** werden (**Clipping** am Fensterrand).
- Dieses Fenster wird **Clip-Polygon** genannt.
- Clip-Polygone sind **typischerweise Rechtecke.**
- Können auch **andere Geometrie** haben
- Nichtkonvexe oder nicht einfache Polygone sind **problematisch**



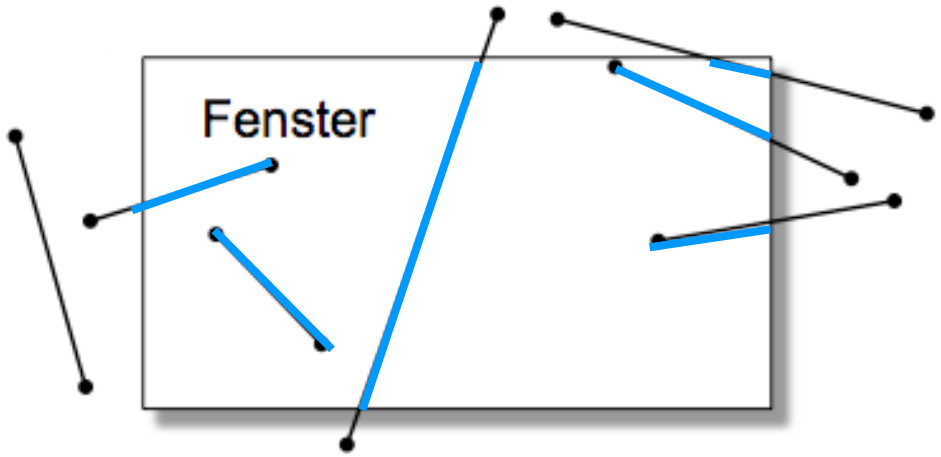
2.11 Clipping von Linien

- An einem **rechteckigen, achsenparallelen** Fenster
- Offensichtlich gibt es **3 Fälle**, von denen zwei trivial sind:
  - beide Endpunkte **innerhalb des Fensters** $\Rightarrow$ Linie zeichnen
  - beide Endpunkte **oberhalb oder unterhalb oder links oder rechts des Fensters** $\Rightarrow$ Linie nicht zeichnen



Drei Fälle (Frts)

- Sonst:
  - Die **Schnittpunkte der Linie** mit dem Fensterrand anhand der Geradengleichungen berechnet
  - Daraus die **sichtbare Strecke** bestimmen



2.11 Clipping von Linien

Liang-Barsky-Algorithmus

- Fensterkanten als **implizite Gerade**

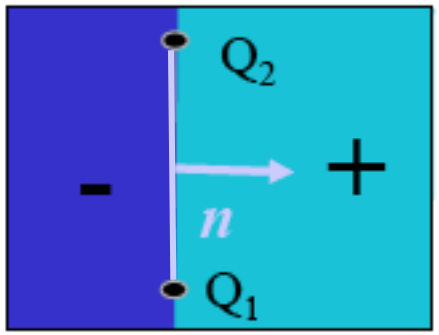
  $Q_1 = (x_1,y_1)$, $Q2 = (x_2,y_2)$

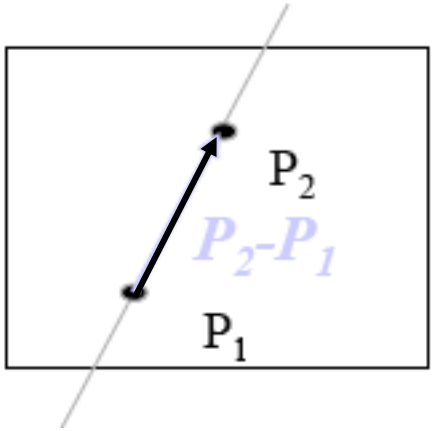
  $n = (\Delta y,-\Delta x) = (y_2 - y_1 - (x_2 - x_1))$

  $P = (x,y)$

  $E(P) = n \cdot (P - Q_1) = n \cdot P - n \cdot Q_1$

- Normale n zeigt ins **Innere**
- Liniensegmente **parametrisch** darstellen: $l(t) = P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)$





2.11 Clipping von Linien

Liang-Barsky-Algorithmus

Fallunterscheidung:

(1) P_1 und P_2 liegen außen

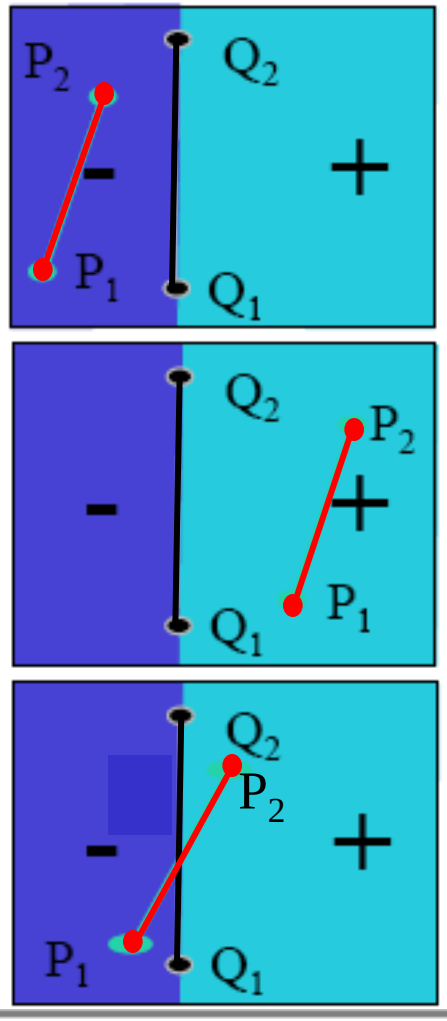
$E(P_1) \leq 0, E(P_2) \leq 0$

(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 $E(P_1) < 0, E(P_2) > 0$, bzw.

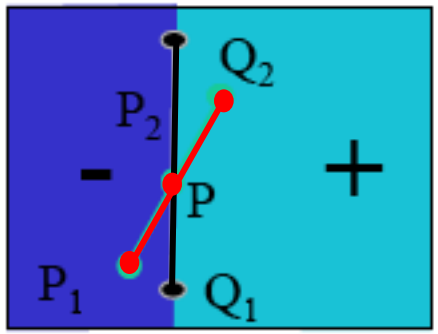
$E(P_1) > 0, E(P_2) < 0$



2.11 Clipping von Linien

Liang-Barsky-Algorithmus

- Fall 3: Schnittpunkt P muss berechnet werden
- Parametrische Gleichung in implizite Gleichung einsetzen:



$$E(P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)) = 0$$

$$\Leftrightarrow (P_1 + t \cdot (P_2 - P_1)) \bullet n - Q_1 \bullet n = 0$$

$$\Leftrightarrow t = \frac{(Q_1 \bullet n - P_1 \bullet n)}{(P_2 - P_1) \bullet n}$$

$$\Leftrightarrow P = P_1 + \frac{(Q_1 \bullet n - P_1 \bullet n)}{(P_2 - P_1) \bullet n} \cdot (P_2 - P_1)$$

2.11 Clipping von Linien

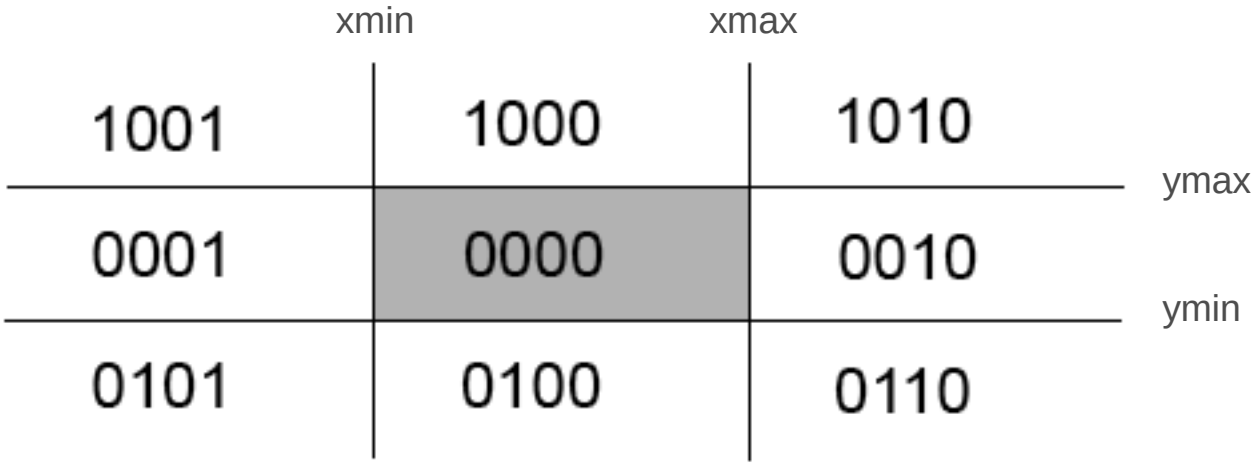
Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- Kern des Algorithmus ist ein schnelles Verfahren zur **Bestimmung der Kategorie** einer Linie (innerhalb, außerhalb, schneidend).
- Es sei ein Fenster (xmin, ymin, xmax, ymax) gegeben, 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**

2.11 Clipping von Linien

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

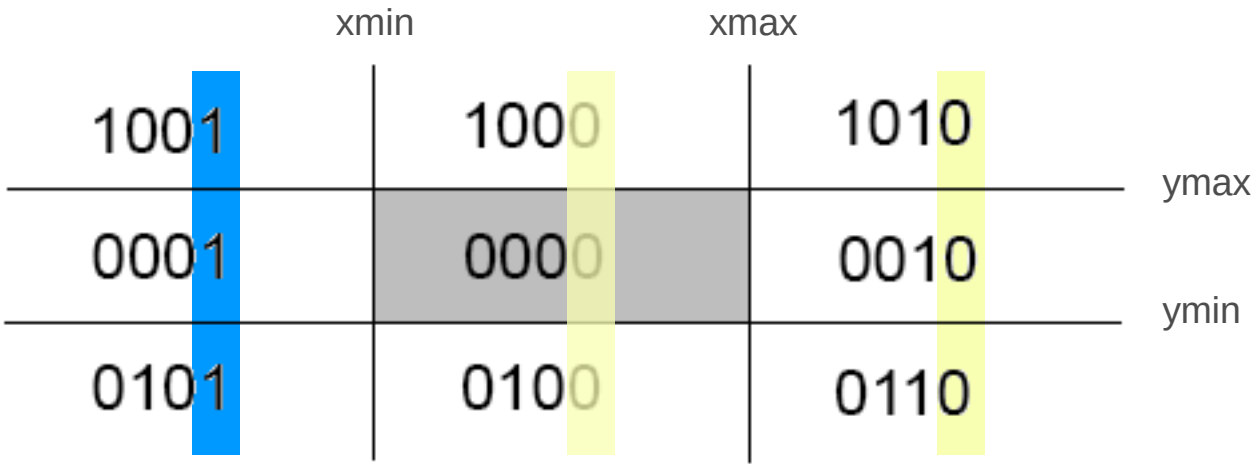
- **Outcode-Bits gesetzt**, falls Eckpunkt in Region liegt
  - Bit 0: ... links des Fensters x < xmin
  - Bit 1: ... rechts des Fensters x > xmax
  - Bit 2: ... unterhalb des Fensters y < ymin
  - Bit 3: ... oberhalb des Fensters y > ymax



2.11 Clipping von Linien

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

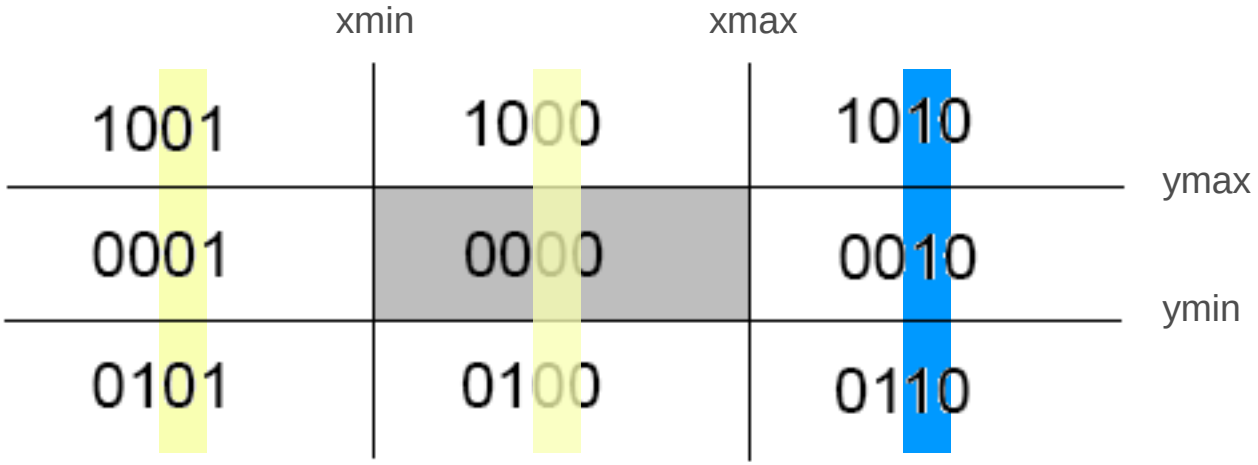
- **Outcode-Bits gesetzt**, falls Eckpunkt in Region liegt
  - Bit 0: ... links des Fensters x < xmin
  - Bit 1: ... rechts des Fensters x > xmax
  - Bit 2: ... unterhalb des Fensters y < ymin
  - Bit 3: ... oberhalb des Fensters y > ymax



2.11 Clipping von Linien

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

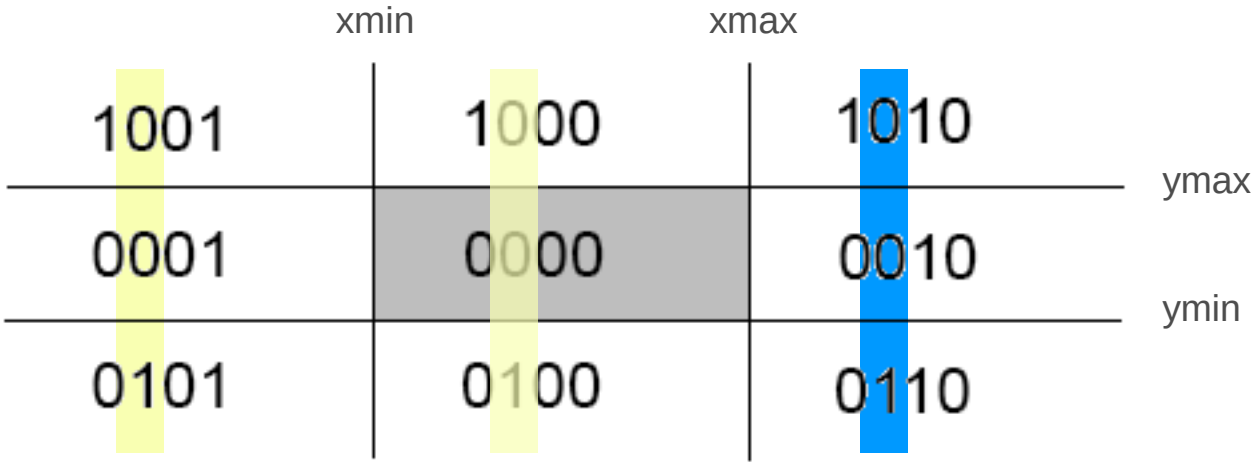
- **Outcode-Bits gesetzt**, falls Eckpunkt in Region liegt
  - Bit 0: ... links des Fensters x < xmin
  - Bit 1: ... rechts des Fensters x > xmax
  - Bit 2: ... unterhalb des Fensters y < ymin
  - Bit 3: ... oberhalb des Fensters y > ymax



2.11 Clipping von Linien

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

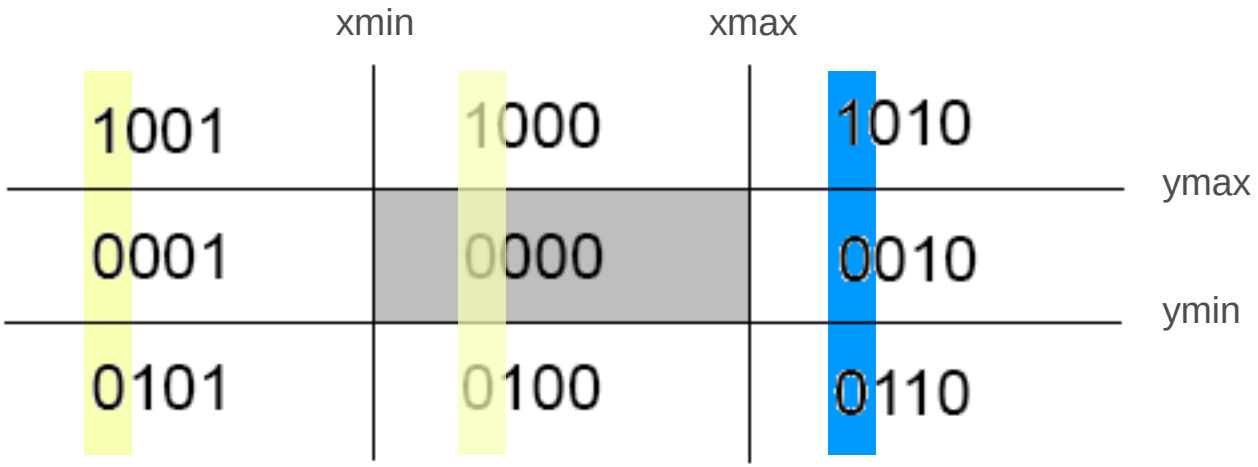
- **Outcode-Bits gesetzt**, falls Eckpunkt in Region liegt
  - Bit 0: ... links des Fensters x < xmin
  - Bit 1: ... rechts des Fensters x > xmax
  - Bit 2: ... unterhalb des Fensters y < ymin
  - Bit 3: ... oberhalb des Fensters y > ymax



2.11 Clipping von Linien

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

- **Outcode-Bits gesetzt**, falls Eckpunkt in Region liegt
  - Bit 0: ... links des Fensters x < xmin
  - Bit 1: ... rechts des Fensters x > xmax
  - Bit 2: ... unterhalb des Fensters y < ymin
  - Bit 3: ... oberhalb des Fensters y > ymax



Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

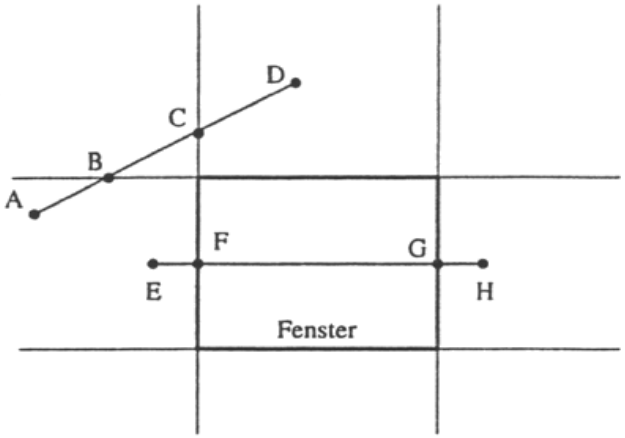
- Bestimmt Outcodes für Endpunkte einer Linie. Dann gilt:
  - Linie liegt vollständig außerhalb des Fensters, falls der **Durchschnitt (AND-Verknüpfung) der Codes beider Endpunkte** von Null verschieden ist: **Trivial Reject**
  - Linie liegt komplett im Fenster, wenn **beide Endpunkte den 4-Bit-Code 0000** besitzen (OR-Verknüpfung ist Null): **Trivial Accept**
  - Sonst:
    - Linie nacheinander mit den das Fenster begrenzenden Geraden schneiden und jeweils in zwei Teile zerlegen
    - Außerhalb des Fensters liegende Teil kann sofort entfernt werden

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Beispiele nichttrivialer Fälle

- Linie AD: Codes 0001 und 1000 ⇒ Schnittberechnung
  Schnitt mit linker Fenstergrenze liefert C ⇒ **eliminiere AC**
  Punkte C und D liegen oberhalb des Fensters ⇒ **eliminiere CD**
- Linie EH: Codes 0001 und 0010 ⇒ Schnittberechnung
  Schnitt mit linker Fenstergrenze liefert F ⇒ **eliminiere EF**.
  Für FH ist eine Schnittberechnung mit der rechten Fenstergrenze notwendig, die den Punkt G liefert ⇒ **eliminiere GH**

  Punkte **F und G** liegen innerhalb des Fensters ⇒ FG wird gezeichnet



Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Spezialfälle und 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.

Cohen-Sutherland Line-Clipping Algorithmus

Spezialfälle und 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** ($\Rightarrow$ Mittelpunktalgorithmus).
  - In Hardware ist diese Variante wegen **schneller Division durch 2** (Bitshift) und ihrer Parallelisierbarkeit schneller als eine direkte Schnittberechnung.

2.11 Clipping von Polygonen

- Polygone begrenzen Flächen
  ⇒ Polygon-Clipping muss **wieder geschlossene Polygone** liefern, also ggf. Teile des Fensterrandes einbauen
- 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

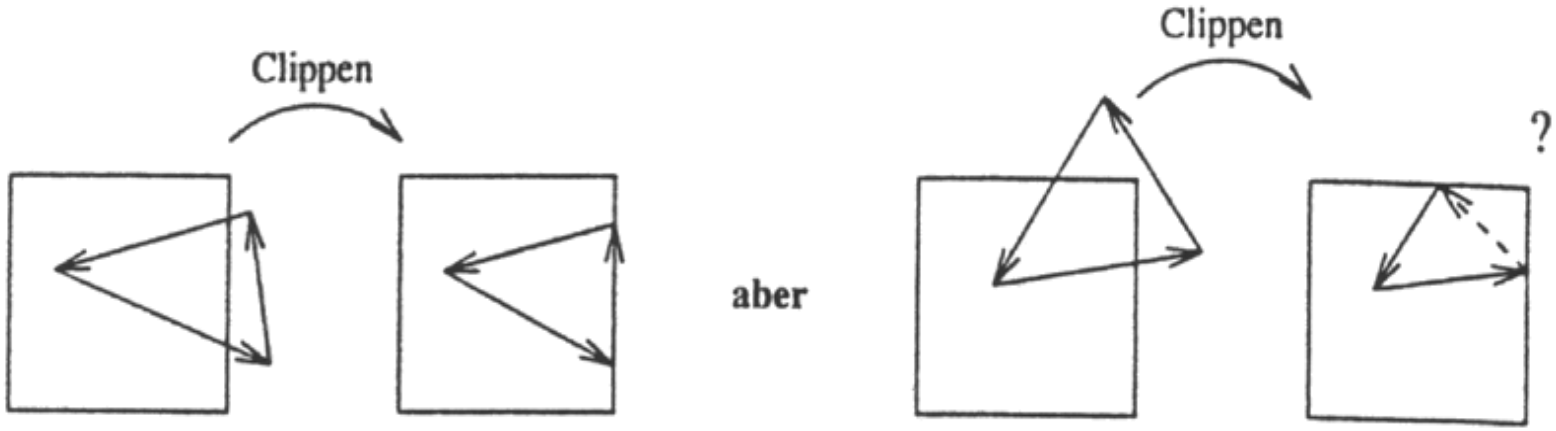
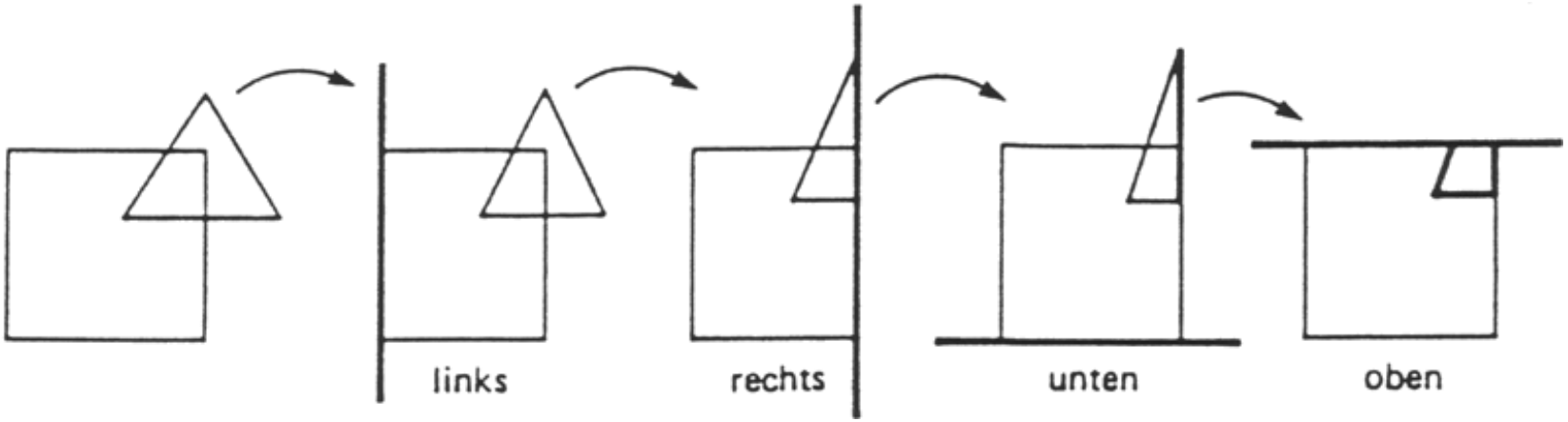


Abb.: Einfügen von Fenstergrenzen beim Polygon-Clipping

2.11 Clipping von Polygonen

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

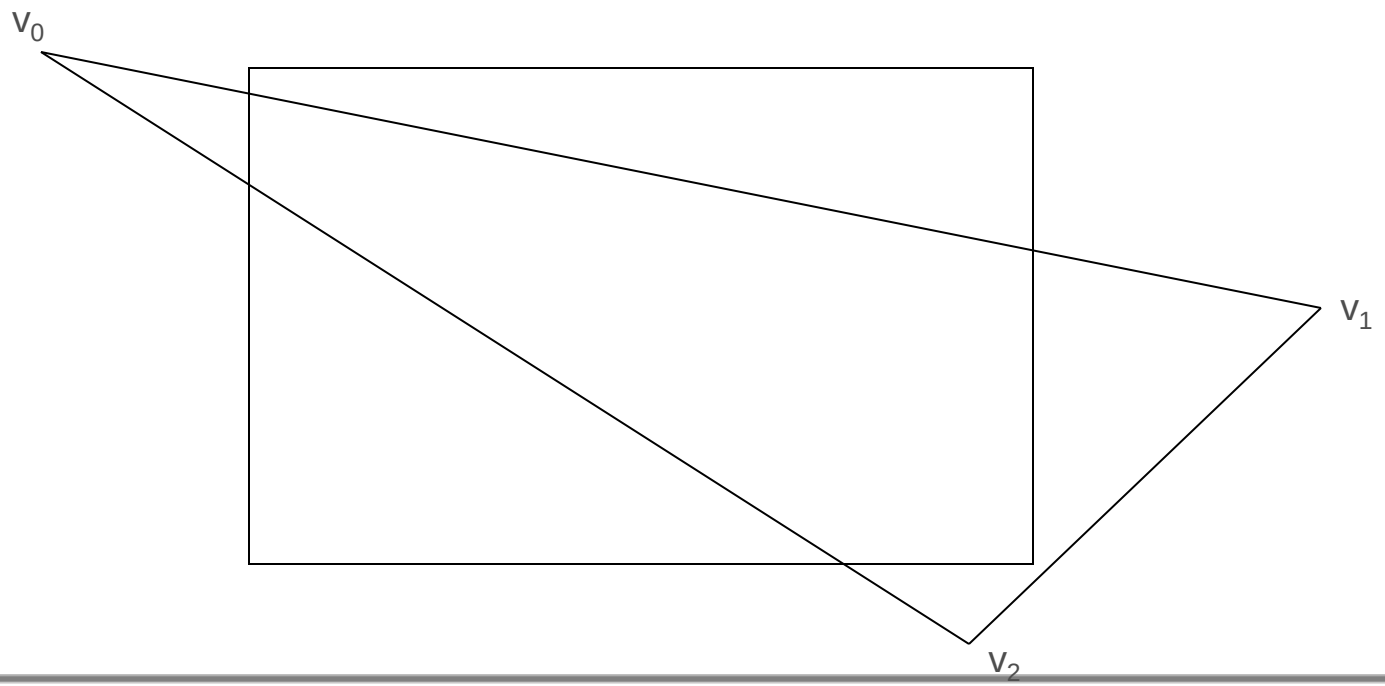
- Problem: Clippen jeder Polygonseite gegen alle 4 Fensterseiten
- Vollständige Clippen des Polygons gegen **eine Fensterseite nach der anderen** zum Ziel.



- Die Zwischenergebnisse müssen gespeichert werden.

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

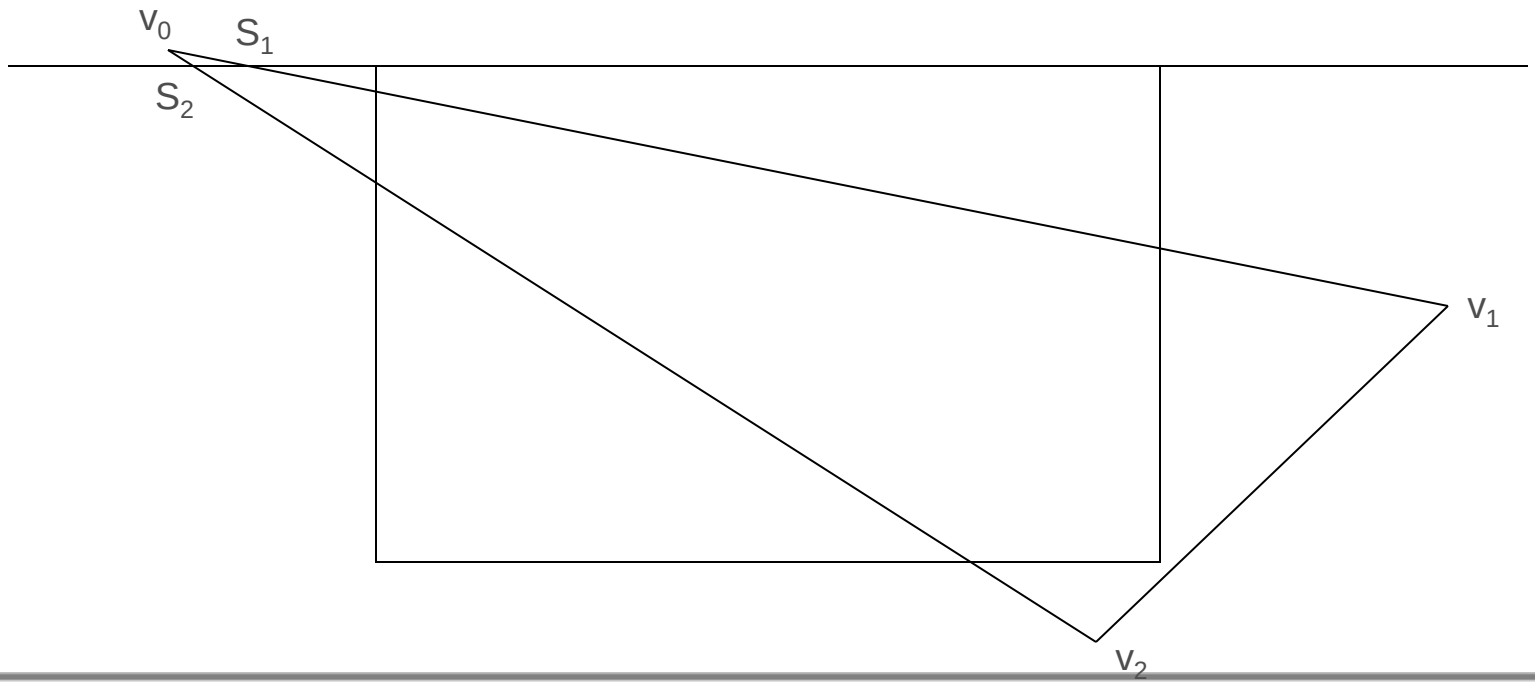
- Ausgangssituation: aktuelles Polygon $\{v_0,v_1,v_2\}$



2.11 Clipping von Polygonen

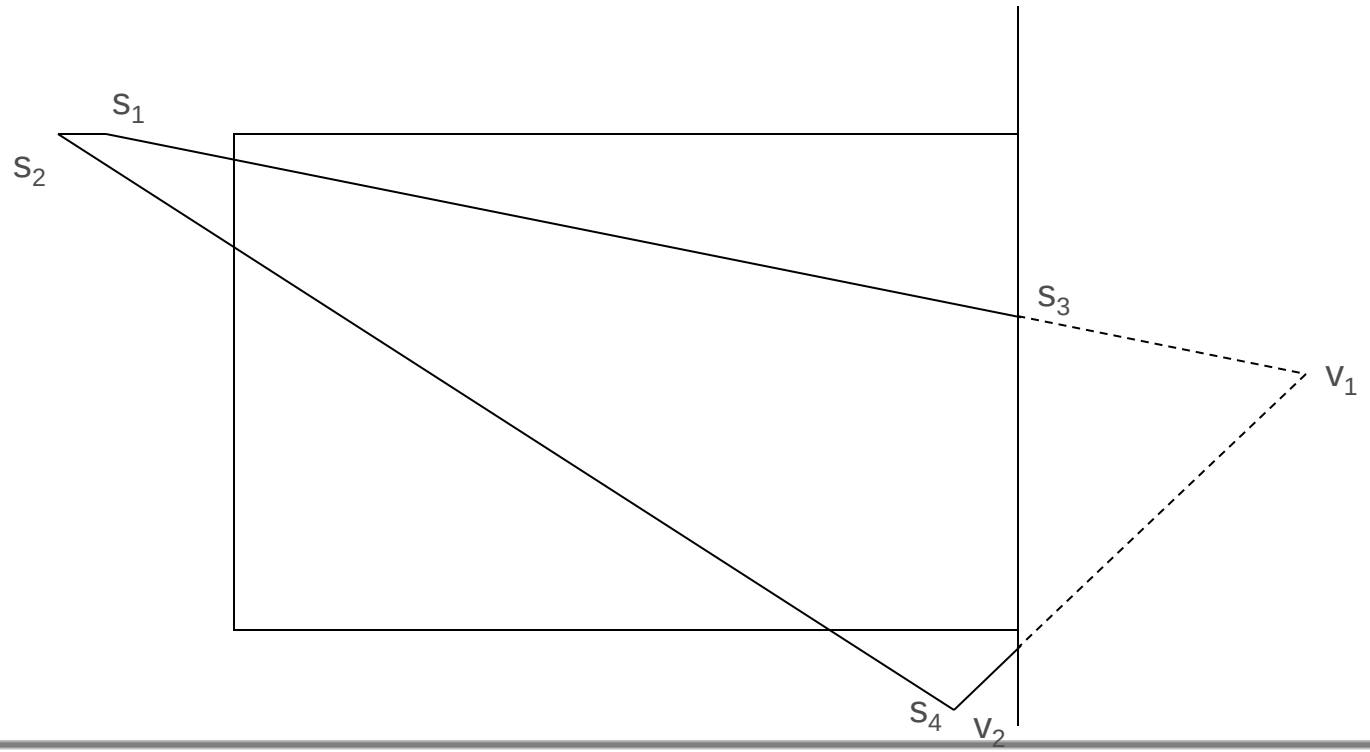
Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

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



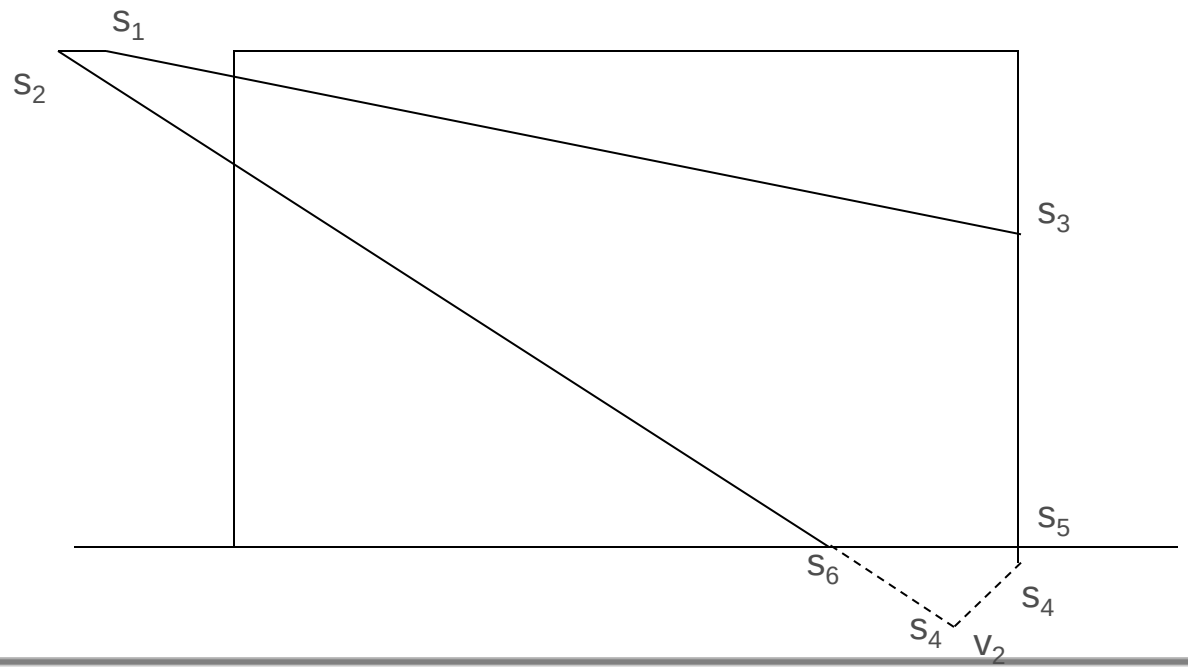
Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

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



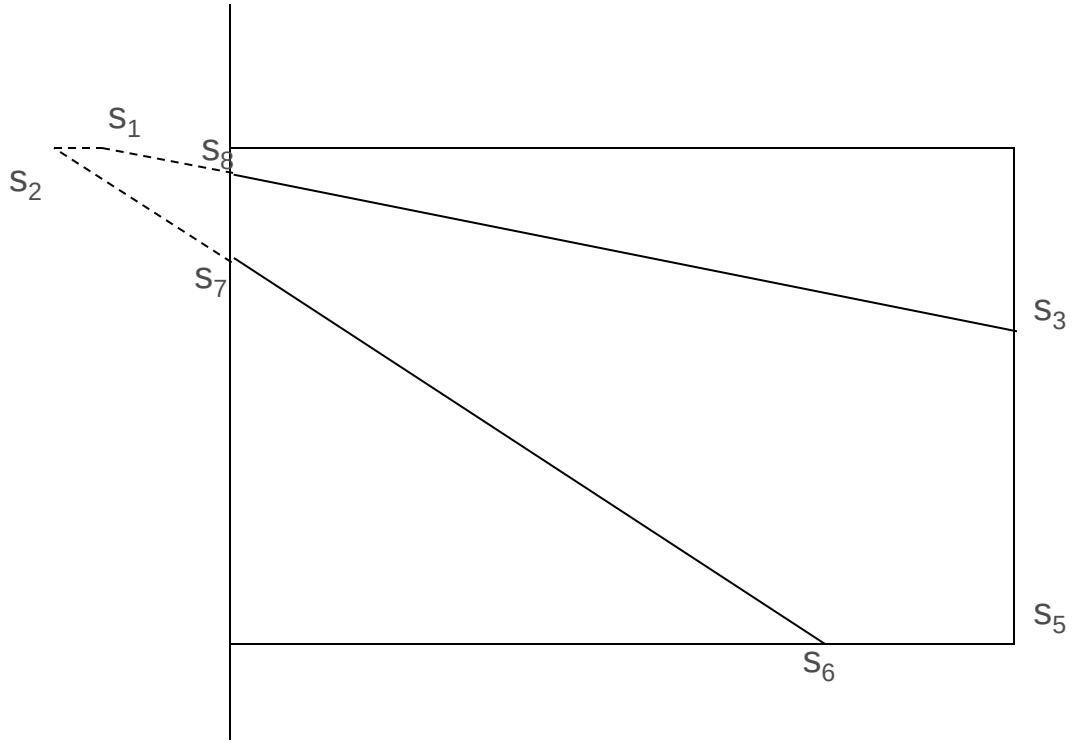
Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

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



Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

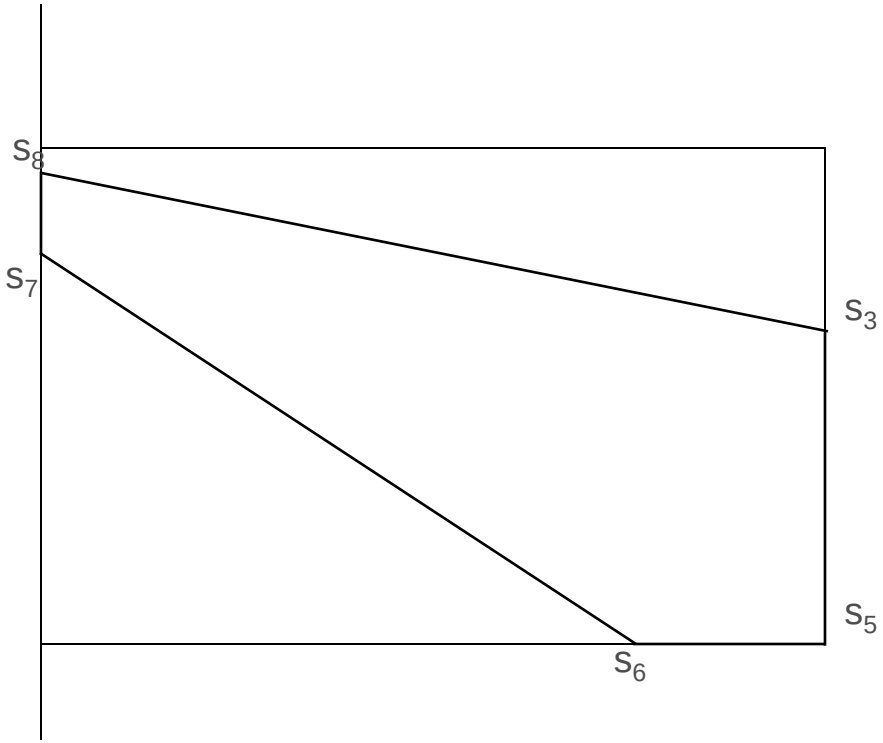
- Clip links: aktuelles Polygon $\{s_8,s_3,s_5,s_6,s_7\}$



2.11 Clipping von Polygonen

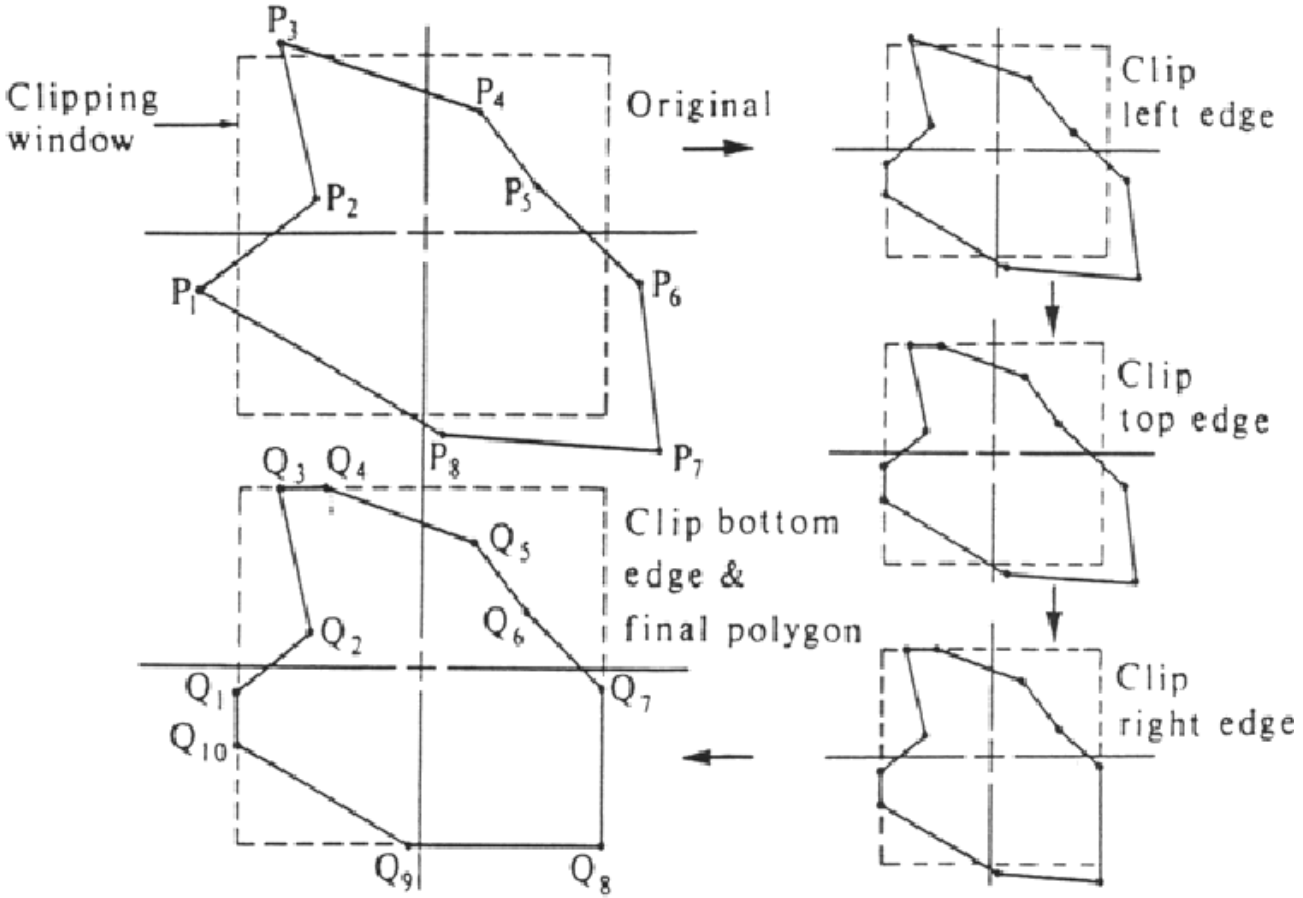
Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

- Polygon nach Clipping: $\{s_8, s_3, s_5, s_6, s_7\}$



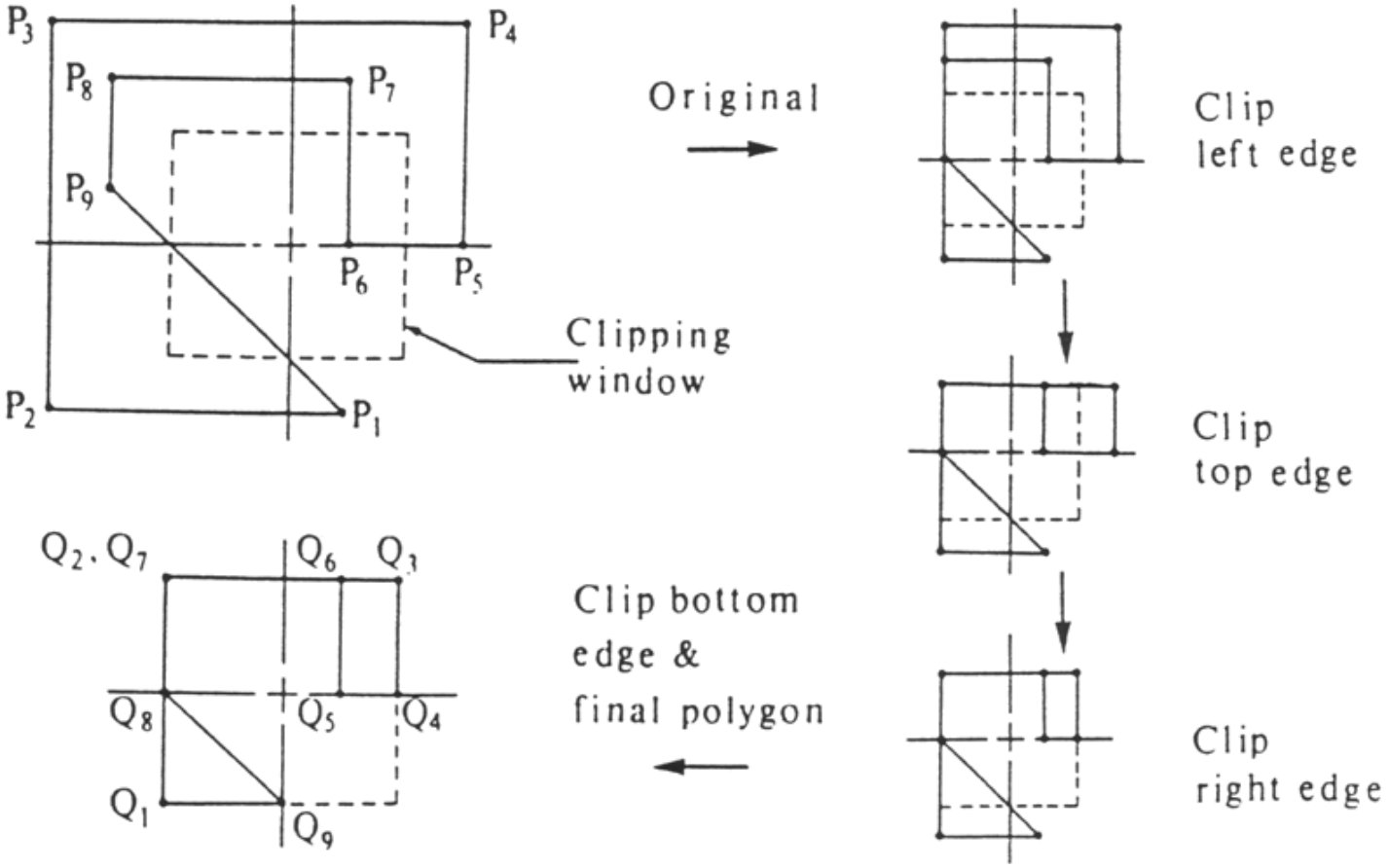
2.11 Clipping von Polygonen

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus



2.11 Clipping von Polygonen

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

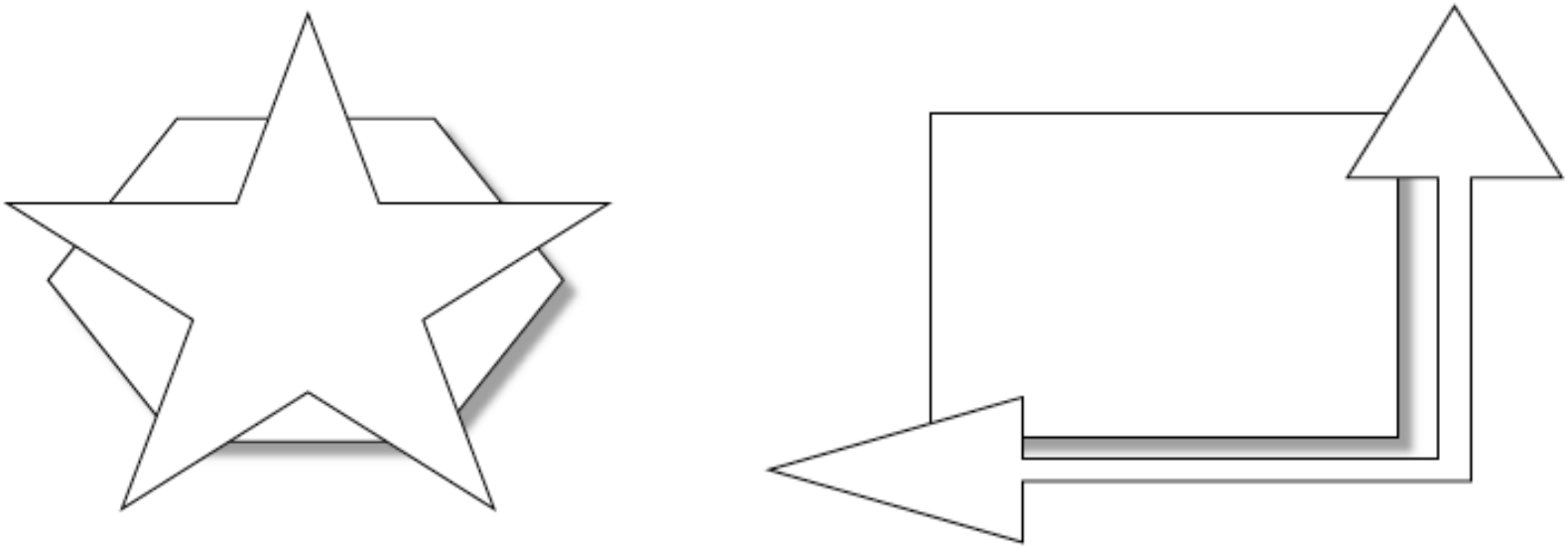


2.11 Clipping von Polygonen

Sutherland-Hodgman Polygon-Clipping Algorithmus

- Wenn Fenster konvexes Polygon ist
- Und Kandidat einfaches Polygon

⇒ Ergebnis ist immer ein **geschlossener Kantenzug**



2.11 Clipping von Polygonen

Andere Polygon-Clipping-Verfahren

- Vatti-Algorithmus: Scan-Line [CACM 35 1992]
- Greiner/Hormann [ACM TOG 17(2),1998]

2.11 Clipping im 3D-Raum

- 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 $\Rightarrow$ w-Clipping