Computergrafik 2: Morphologische Operationen

Prof. Dr. Michael Rohs, Dipl.-Inform. Sven Kratz

michael.rohs@ifi.lmu.de

MHCI Lab, LMU München

Folien teilweise von Andreas Butz, sowie von Klaus D. Tönnies
(Grundlagen der Bildverarbeitung. Pearson Studium, 2005)

Morphologische Operationen

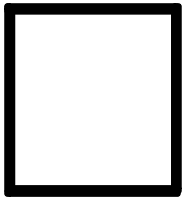
- Erosion und Dilatation
- Opening und Closing
- Ränder und Distanzen, Morphing
- Hit-or-Miss-Operator
- Skelettierung

Morphologische Operationen

- Morphologisch: die äußere Gestalt betreffend
- morphologische Operationen
  - Operationen auf der Gestalt von Objekten
  - ➔ setzt die Extraktion einer Gestalt voraus
  - also: in erster Linie Operation auf Segmenten (d.h., auf Binärbildern)
- Ziel von morphologischen Operationen
  - Veränderung der Gestalt, um Störungen nach einer Segmentierung zu beseitigen
  - Berechnung von Formmerkmalen
  - Suche nach bestimmten Formen (also: Analyse)

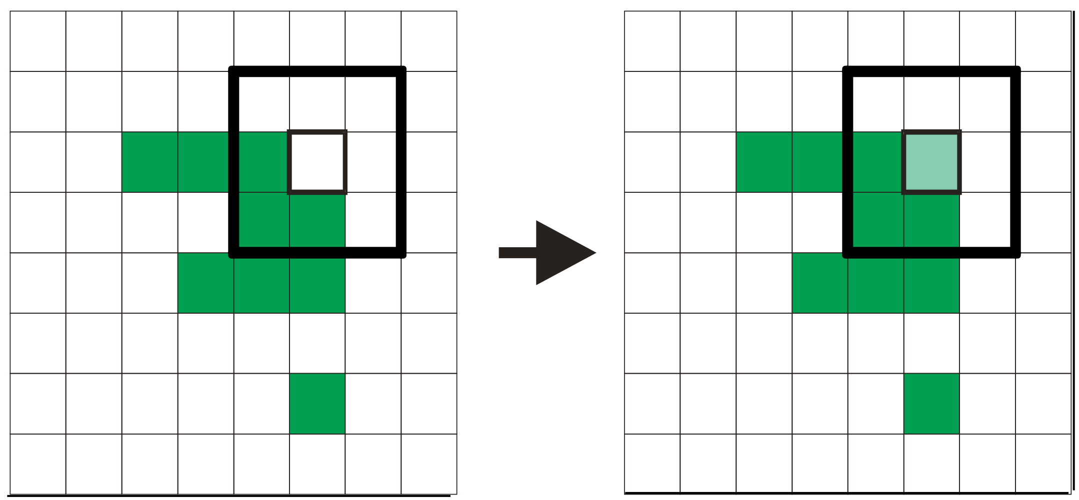
Dilatation

Dilatation (Ausdehnung): *G*⊕*S* mit Strukturelement *S*

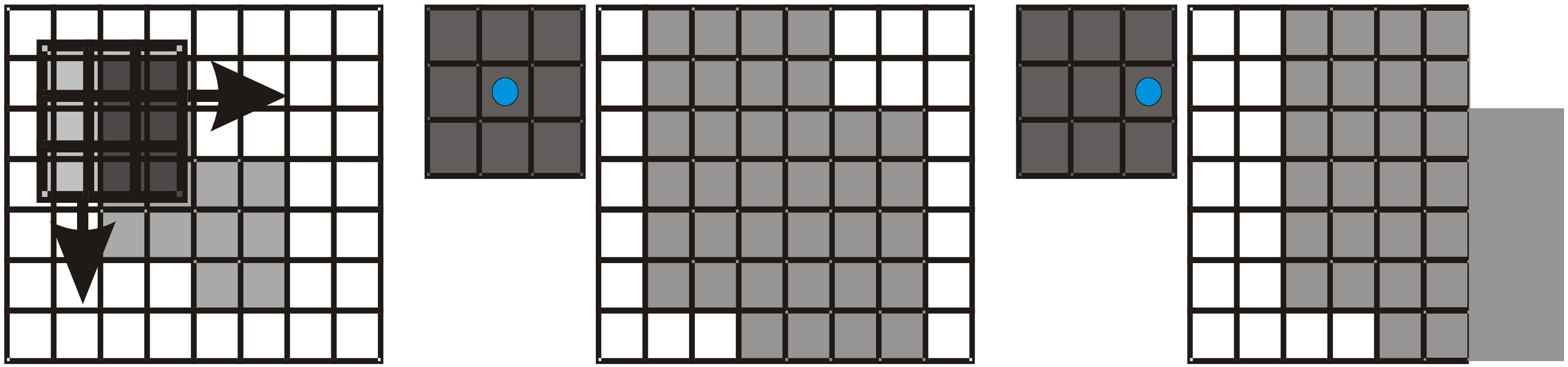


„oder“

$$g(m,n) = \bigvee_{(m_k,n_k)\in S} b(m+m_k, n+n_k)$$



Dilatation



Dilatation wird (wie jede morphologische Operation) für einen **Ankerpunkt** ausgeführt.

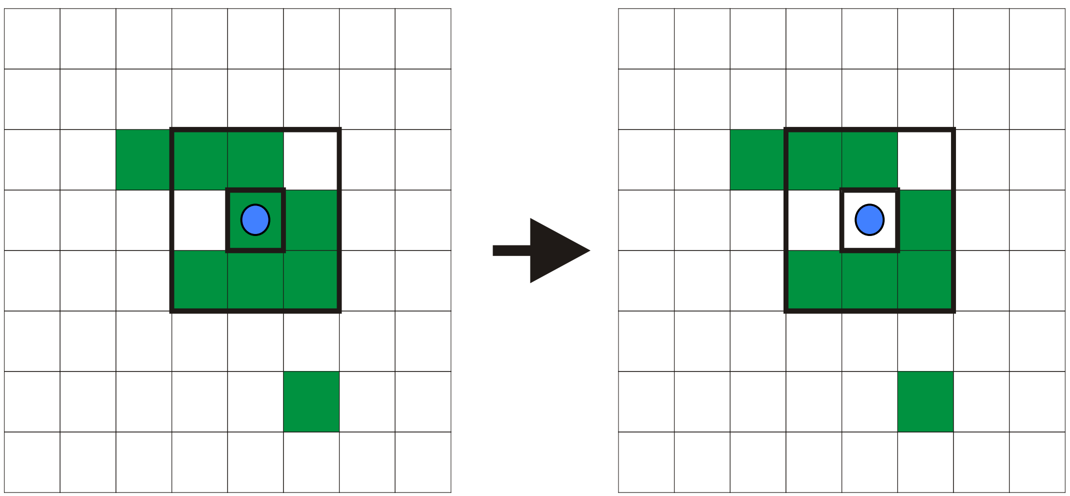
Dilatation: - verbindet Strukturen

- füllt Löcher
- vergrößert

Erosion

„und“

$$g(m,n) = \bigwedge_{(m_k,n_k)\in s} b(m+m_k, n+n_k)$$



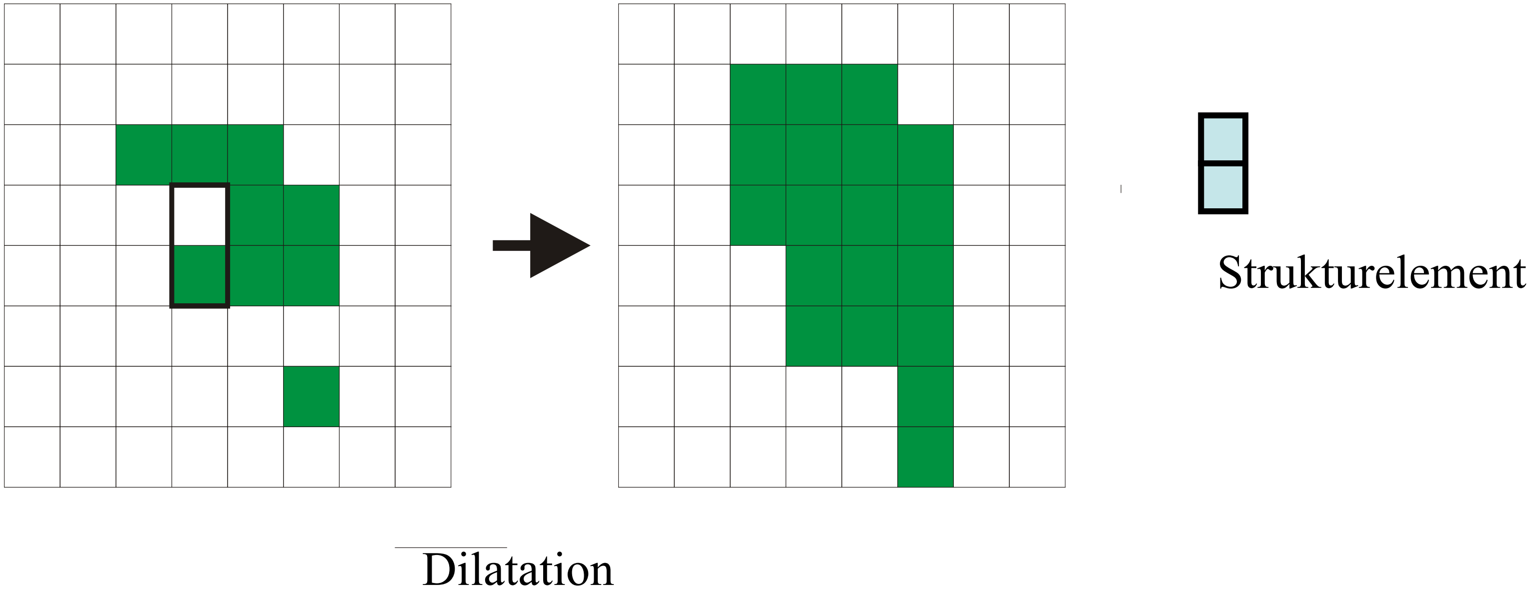
Erosion: $G \ominus S$ mit Strukturelement S

Erosion:

- löst Strukturen auf
- entfernt Details
- verkleinert

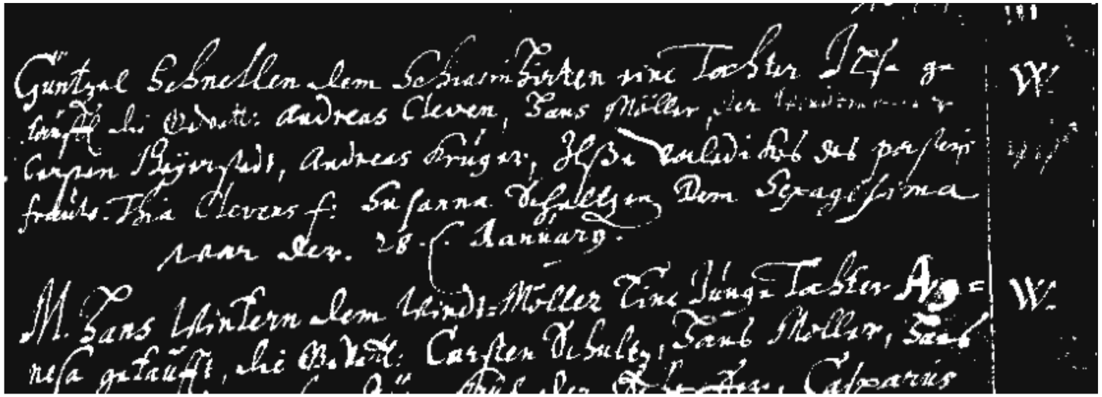
Strukturelemente

- Ein Strukturelement einer morphologischen Operation entspricht dem Faltungskern bei einer Konvolution.
- Mit einem gezielt geformten Strukturelement können genau definierte Formveränderungen erzeugt werden.

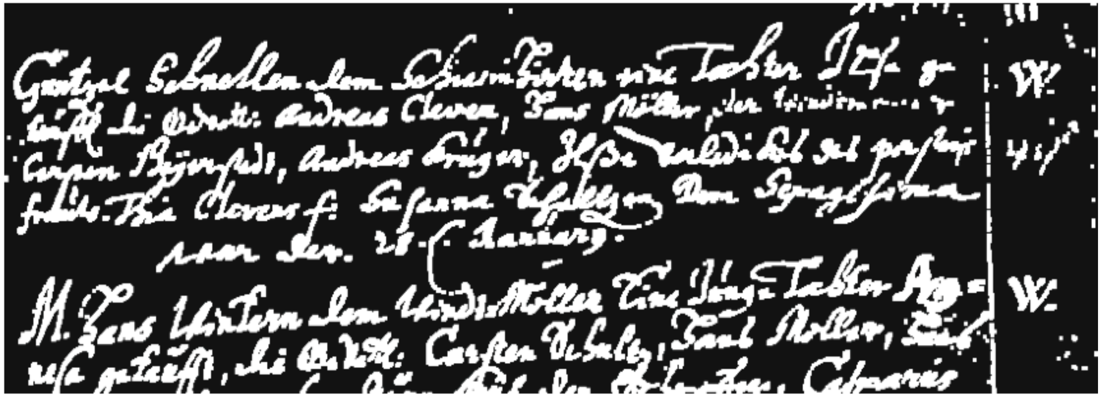


Beispiel

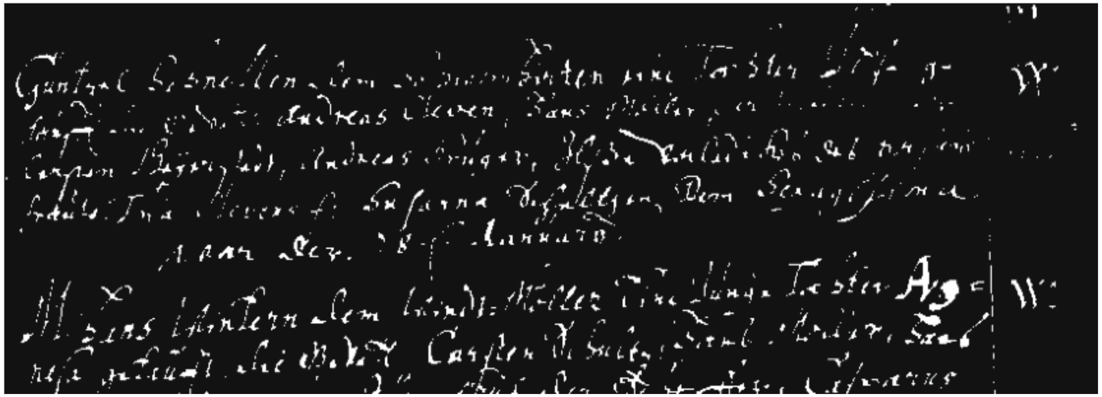
Binärbild



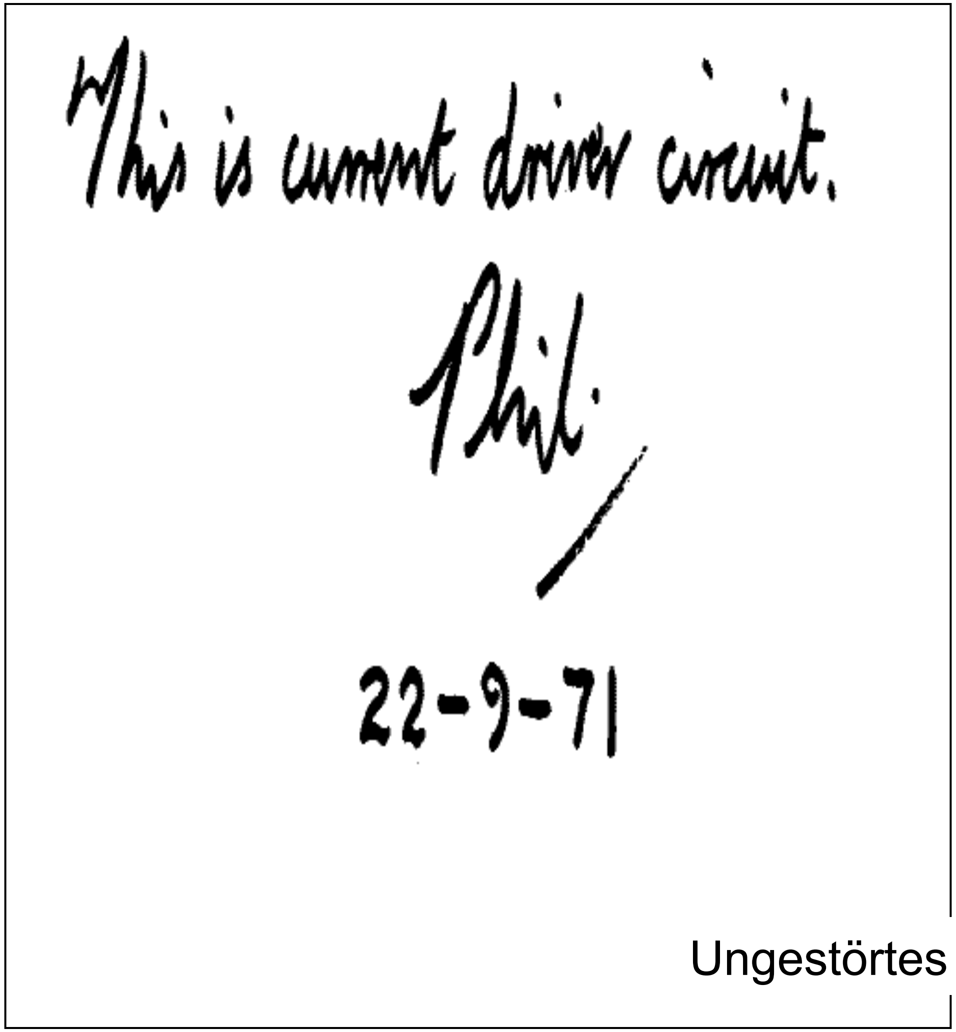
Dilatation



Erosion

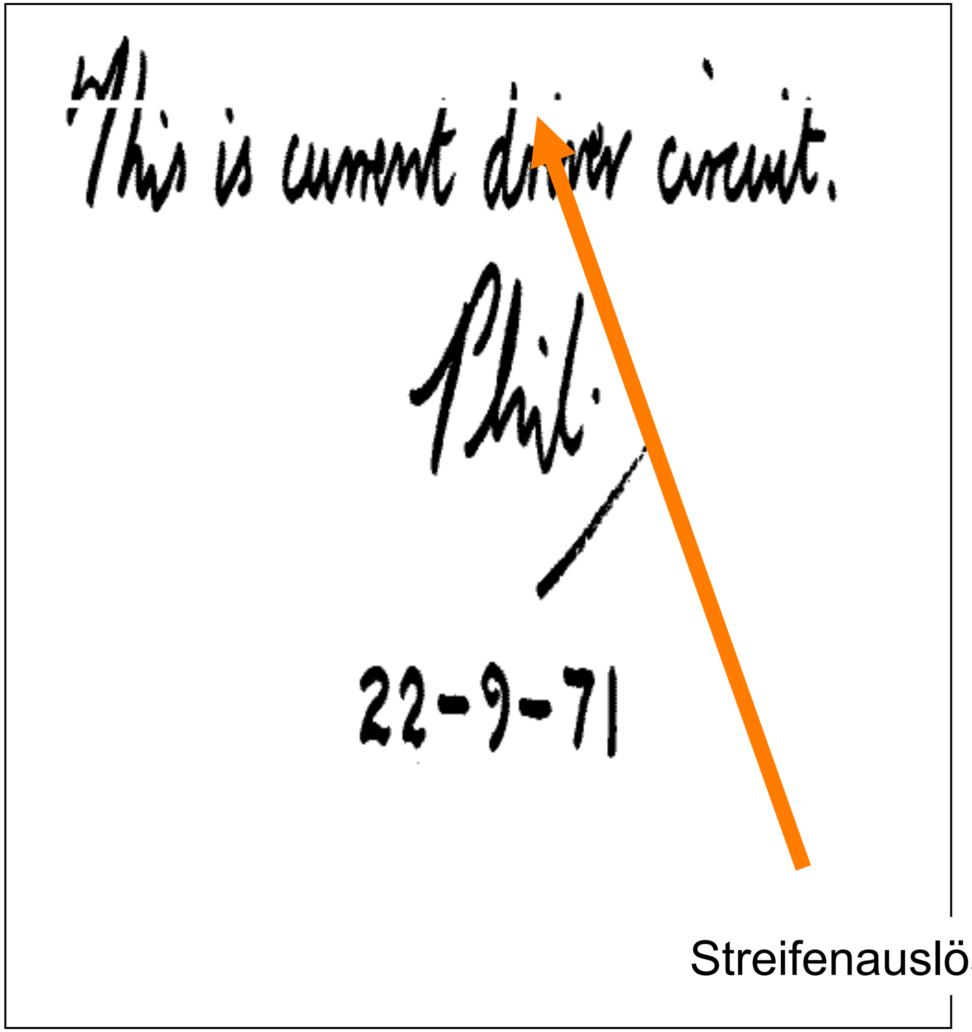


Gezielter Einsatz

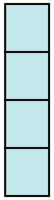


Ungestörtes Binärbild

Gezielter Einsatz

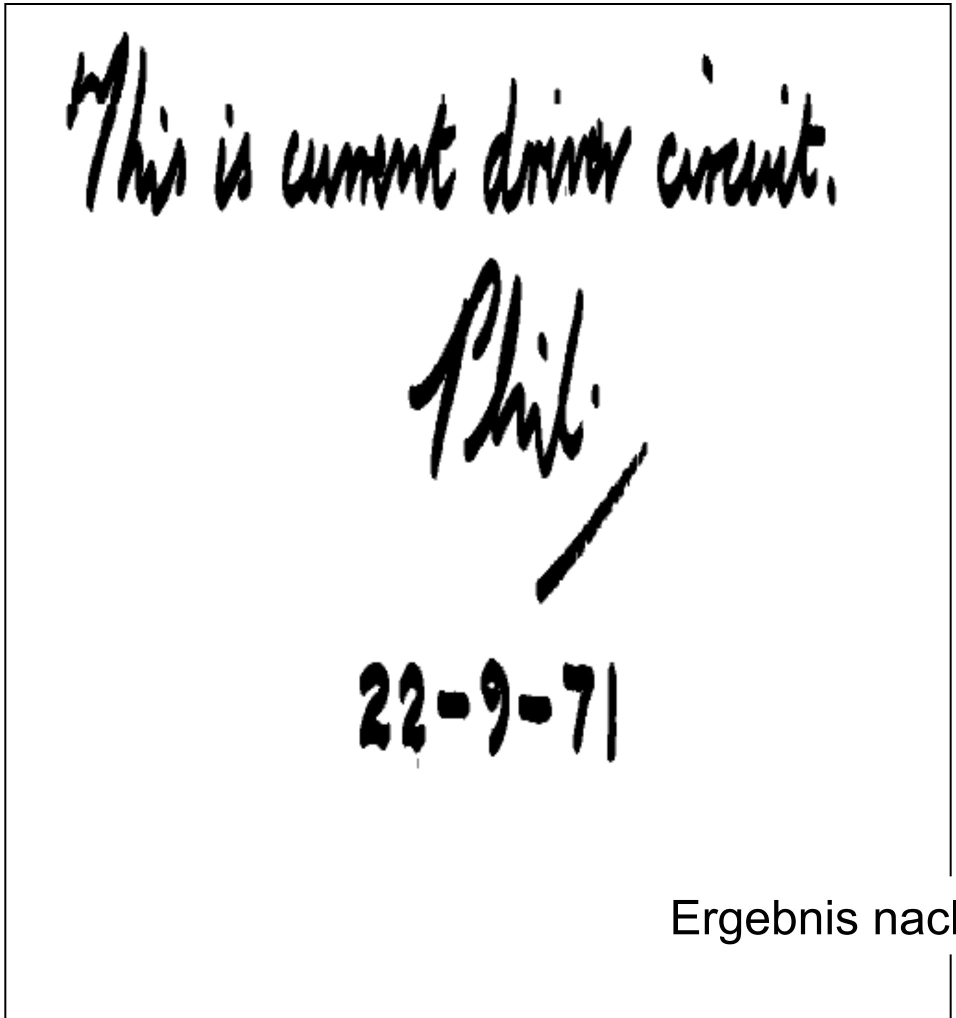


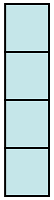
Streifenauslöschung



Strukturelement zum Schließen des Streifens

Gezielter Einsatz

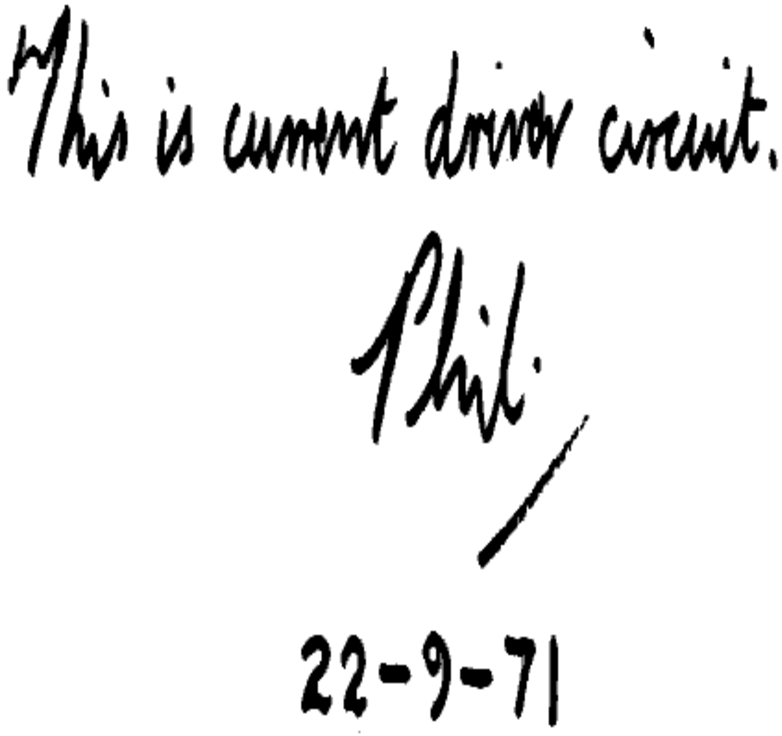


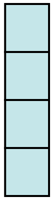


Strukturelement zum
Schließen des Streifens

Ergebnis nach Dilatation: Streifen ist geschlossen

Gezielter Einsatz





Strukturelement zur Erosion des zu breiten Schriftzugs

Ergebnis nach nachfolgender Erosion:
Schriftzüge haben ihre Ursprungsstärke

Einige Eigenschaften morphologischer Operatoren

- Verschiebungsinvarianz: Wegen der Beschreibung von Erosion/Dilatation als Faltung sind beide Operationen genau wie eine Faltung verschiebungsinvariant.

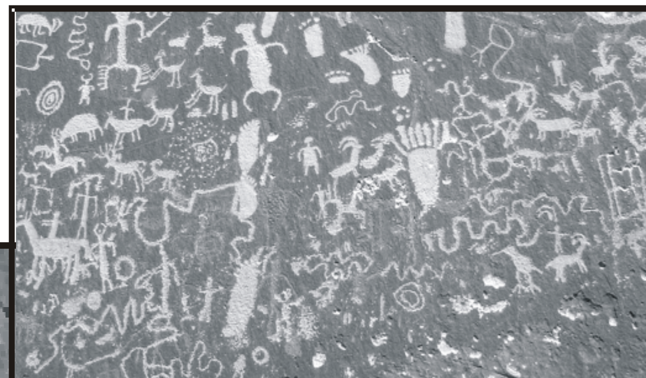
- Kommutativität und Assoziativität: $M_1 \oplus M_2 = M_2 \oplus M_1$
  aber $M_1 \ominus M_2 \neq M_2 \ominus M_1$
  es gilt jedoch $(G \ominus M_1) \ominus M_2 = G \ominus (M_1 \ominus M_2) = (G \ominus M_2) \ominus M_1$

- Dualität: $\overline{G} \ominus M = \overline{G \oplus M}$ und $\overline{G} \oplus M = \overline{G \ominus M}$

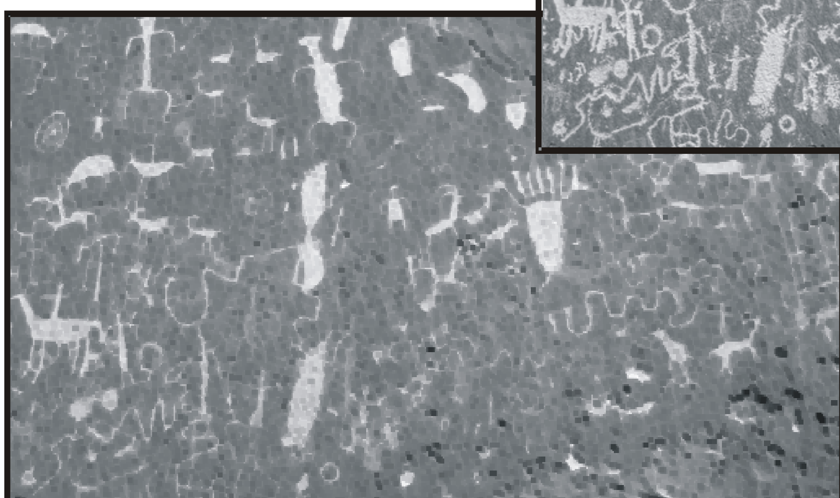
Morphologische Operationen auf Grauwertbildern

$$g(m,n) = \max_{(m_k,n_k)\in s}\left(b\left(m+m_k, n+n_k\right)\right)$$

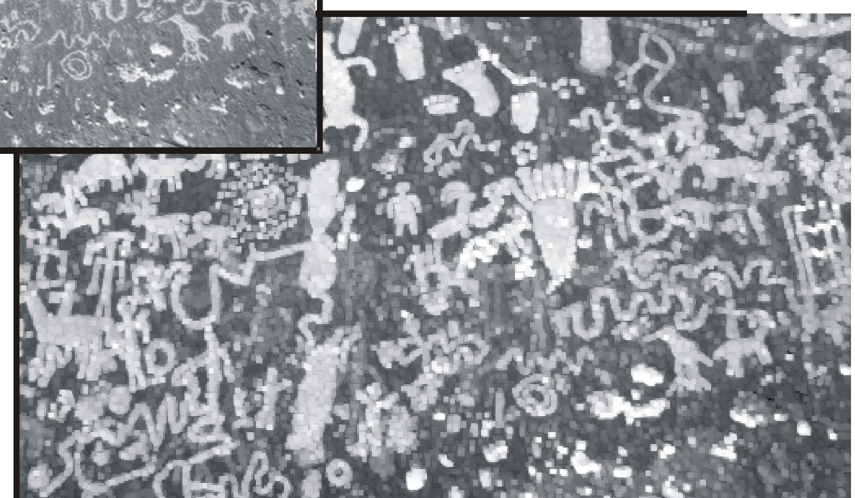
$$g(m,n) = \min_{(m_k,n_k)\in s}\left(b\left(m+m_k, n+n_k\right)\right)$$



Erosion



Dilatation



Opening und Closing

Opening (Öffnen): Kombination von Erosion gefolgt von einer Dilation mit dem am Ankerpunkt gespiegelten Strukturelement S‘

$$G \circ S = (G \ominus S) \oplus S'$$

Ziel: Erosion - Entfernung aller (Teil-)strukturen, die kleiner als das Strukturelement sind

Dilatation - Wiederherstellung der ursprünglichen Größe des Objekts mit Ausnahme der vollständig entfernten Teilstrukturen

Closing (Schließen): Kombination von Dilatation gefolgt von einer Erosion mit einem am Ankerpunkt gespiegelten Strukturelement S‘

$$G \bullet S = (G \oplus S) \ominus S'$$

Ziel: Dilatation - Schließen von kleinen Löchern (kleiner als das Strukturelement)

Erosion - Wiederherstellung der ursprünglichen Größe des Objekts

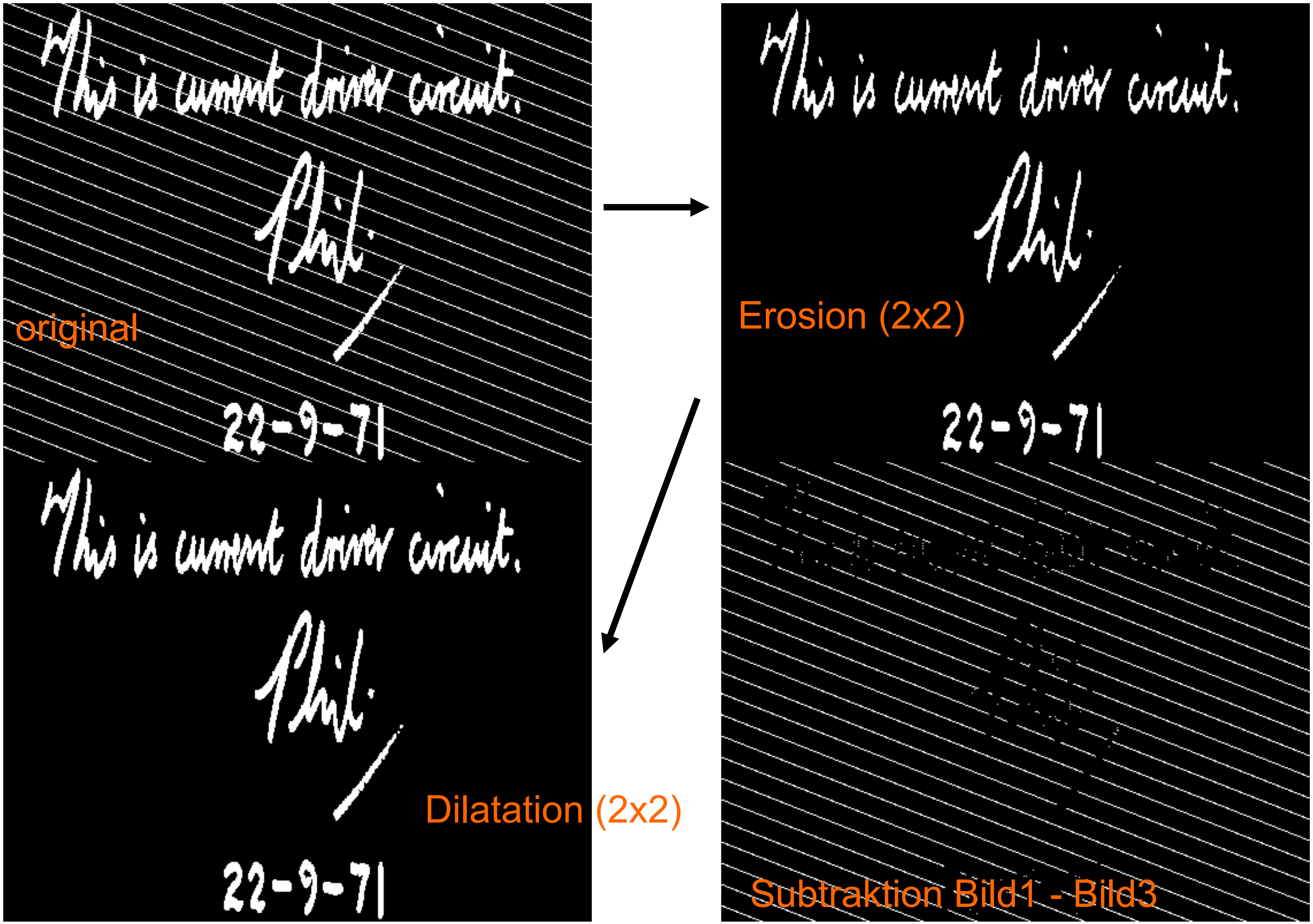
Beispiele für Opening und Closing

Original

Opening

Closing

Entfernung von Linien

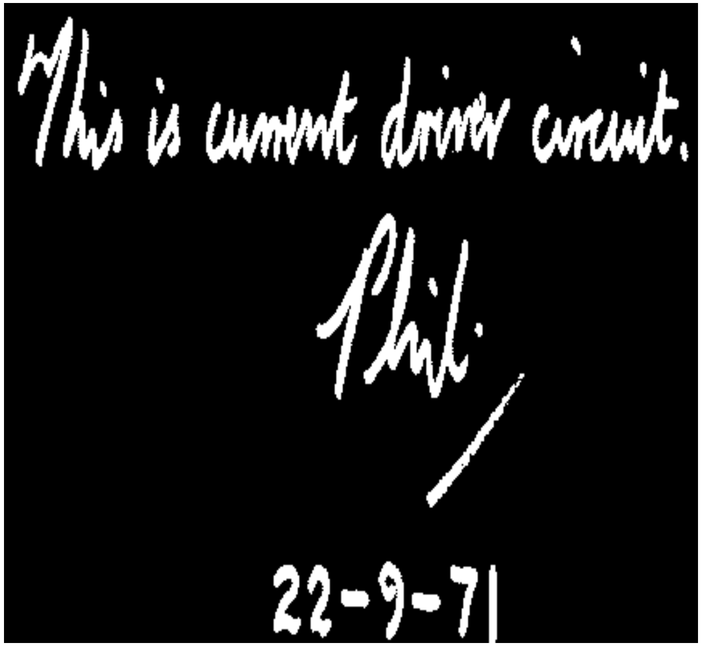


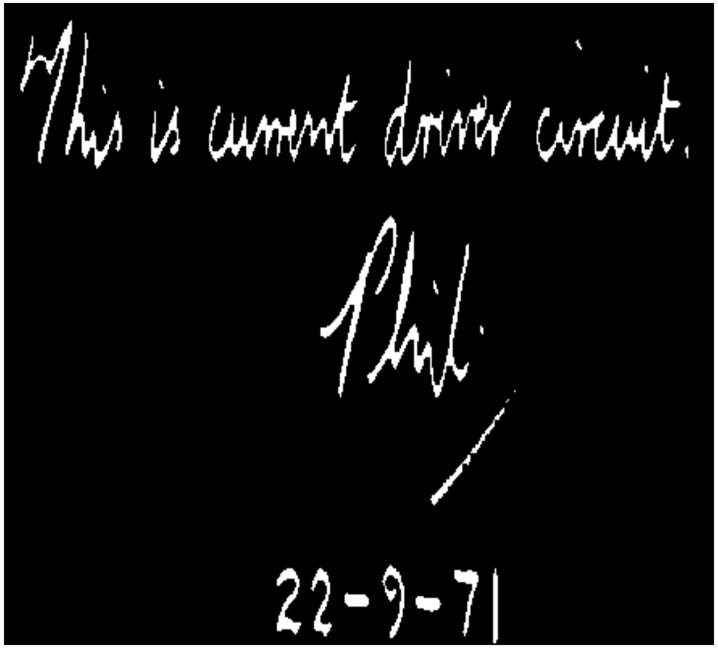
Extraktion von Rändern

$$S_{b4} = \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix} \qquad S_{b8} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Erosion mit S_{b4} bzw. S_{b8} entfernt alle Objekt-pixel, in deren 4- bzw. 8-Nachbarschaft sich Hintergrundpixel befinden.

Der Rand kann nun durch Differenzbildung zwischen Ursprungsbild und erodiertem Bild erzeugt werden: $\partial G = G \setminus (G \ominus S_b)$





Extraktion von Rändern

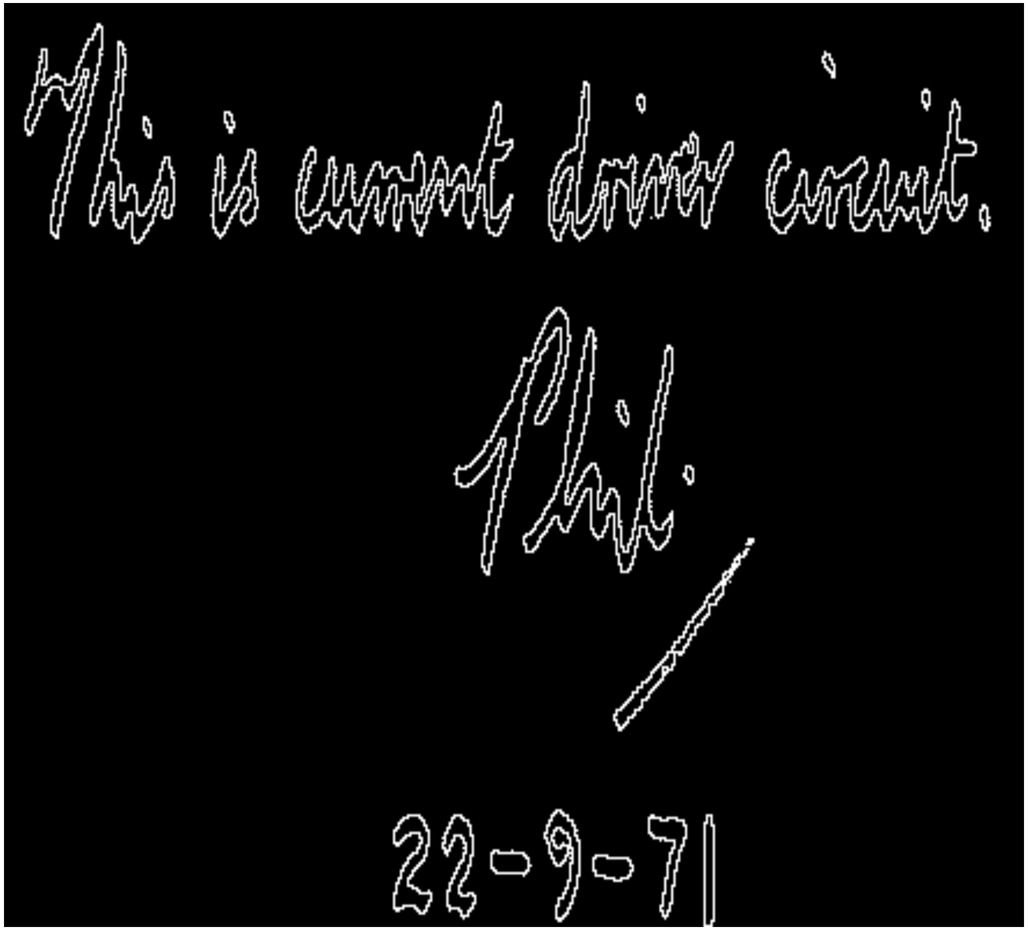
$$\partial G = G \setminus (G \ominus M_b)$$

$$= G \cap \overline{(G \ominus M_b)}$$

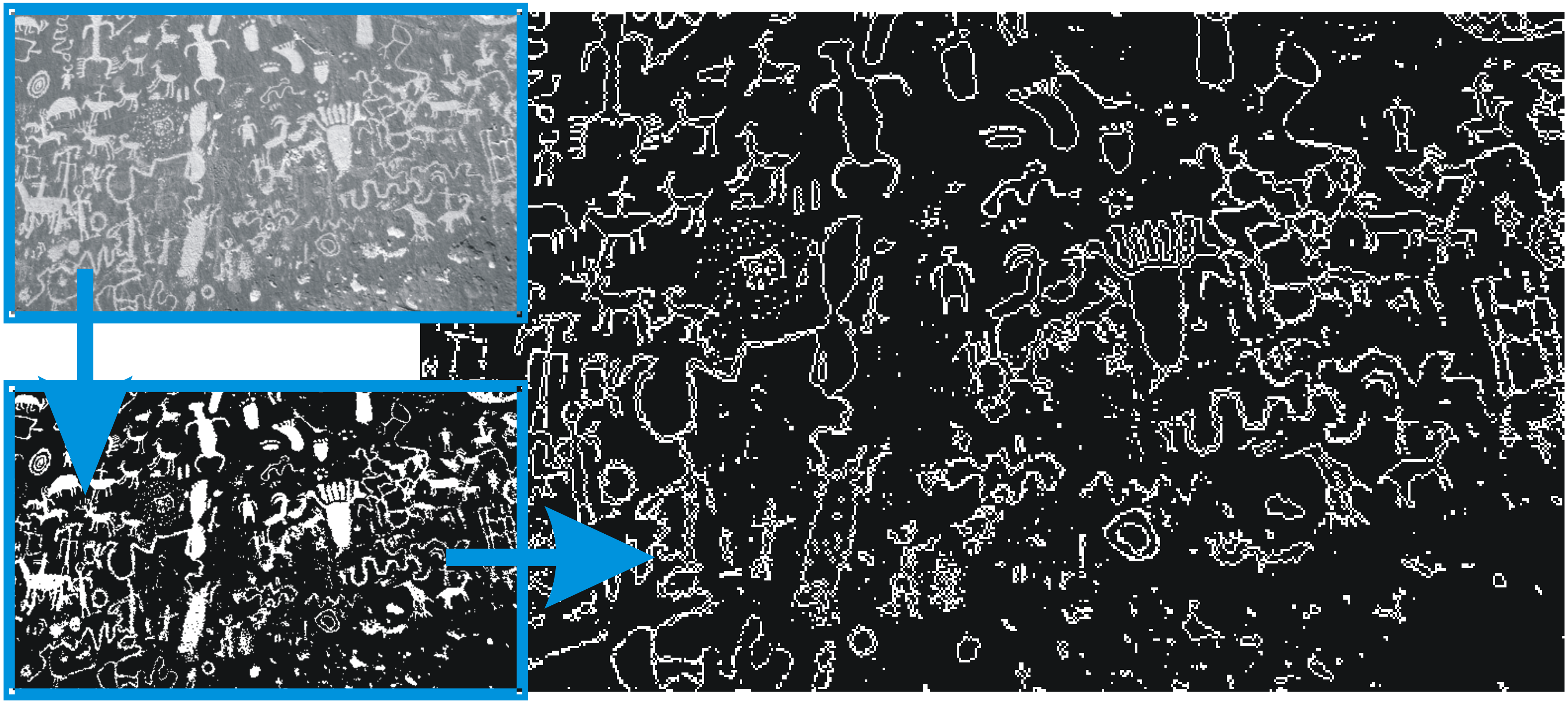
$$= G \cap (\overline{G} \oplus M_b)$$

Hintergrundrand:

$$\partial G_B = (G \oplus M_b) \setminus G$$



Beispiel



Distanztransformation

Resultat der Randoperation $\partial G_0 = G \setminus (G \ominus S_b)$:

Menge aller Pixel, die den Abstand 0 zum Rand haben.

Falls die gleiche Operation auf dem um den Rand verminderten Bild nochmals angewendet wird: $\partial G_1 = (G \ominus S_b) \setminus (G \ominus S_b \ominus S_b)$

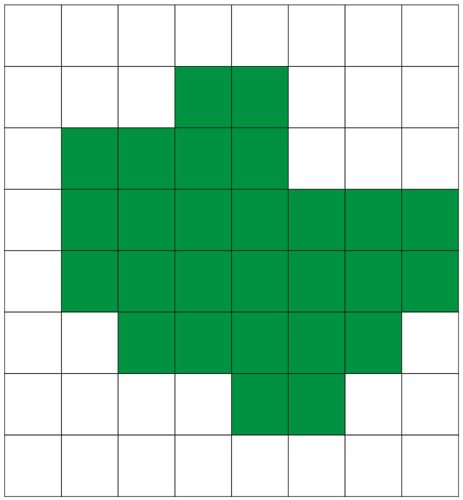
Menge aller Pixel, die den Abstand 1 zum Rand haben.

Fortgesetzte Extraktion von immer weiter vom Rand entfernten Linien und Multiplikation der jeweiligen Resultate mit der aktuellen Entfernung überführt das Binärbild in ein Distanzbild D:

$$D = \bigcup_{n=1,\infty} [\, (G \ominus S_b^{n-1}) \setminus (G \ominus S_b^{n}) \cdot n] \,,$$

wobei die Operation · die punktweise Multiplikation der *n*-ten Randkurve mit der Zahl *n* (dem aktuellen Abstand) darstellt.

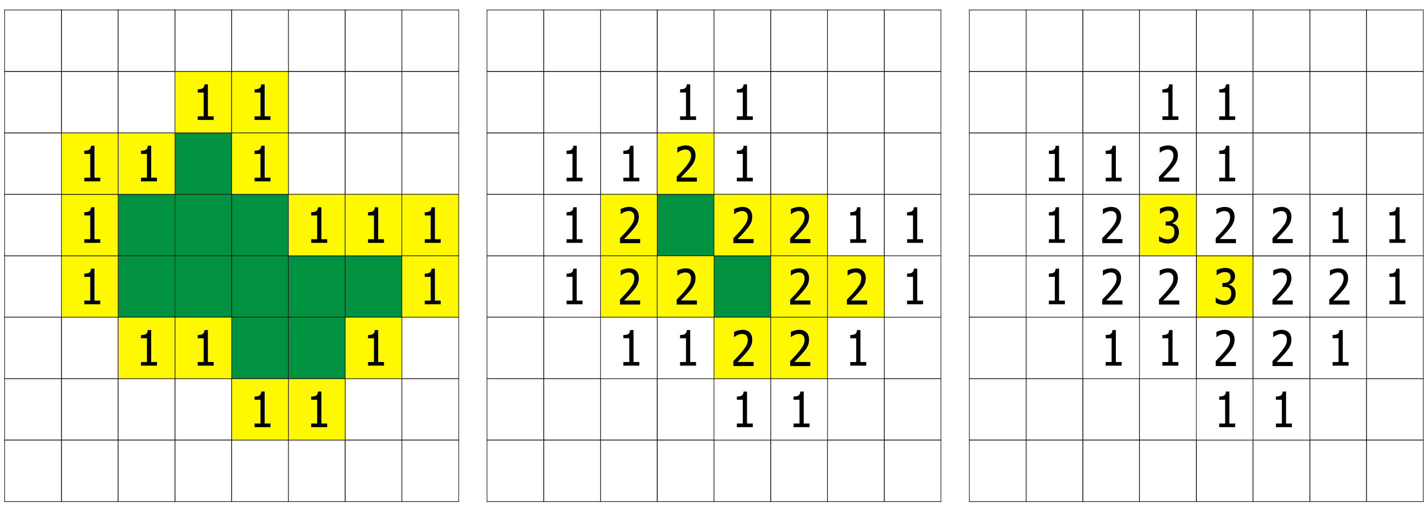
Beispiel



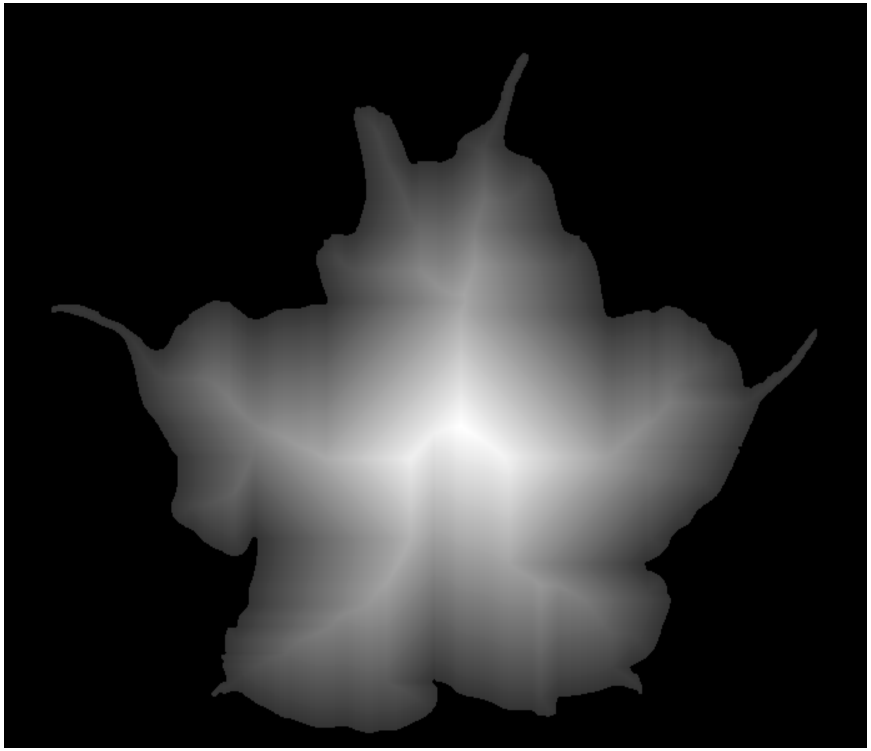
Originalbild

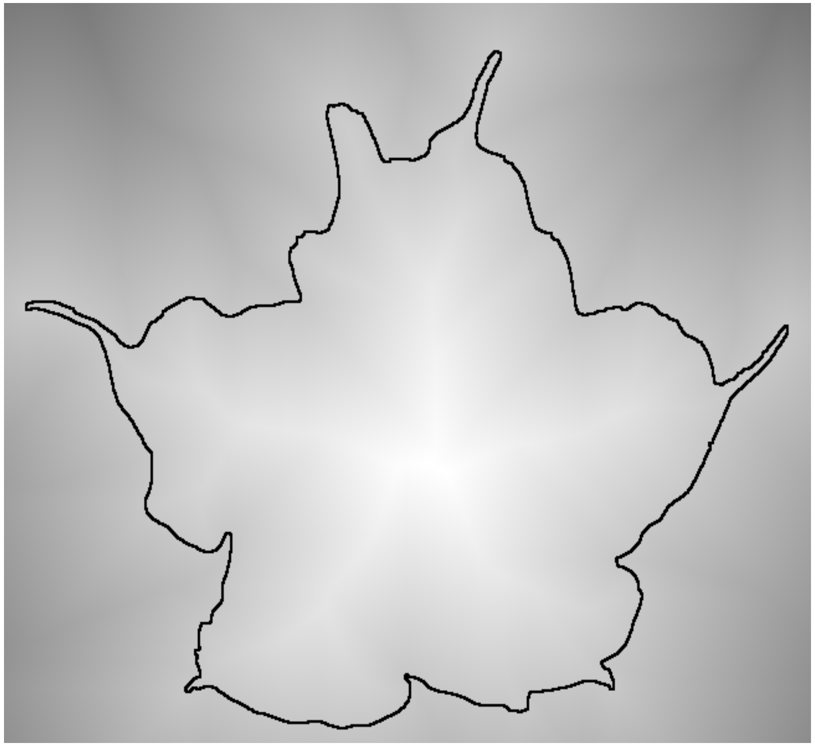
Objektinneres (nach fortgesetzter Erosion)

Randpixel nach der n-ten Erosion einschließlich Distanz



Beispiel





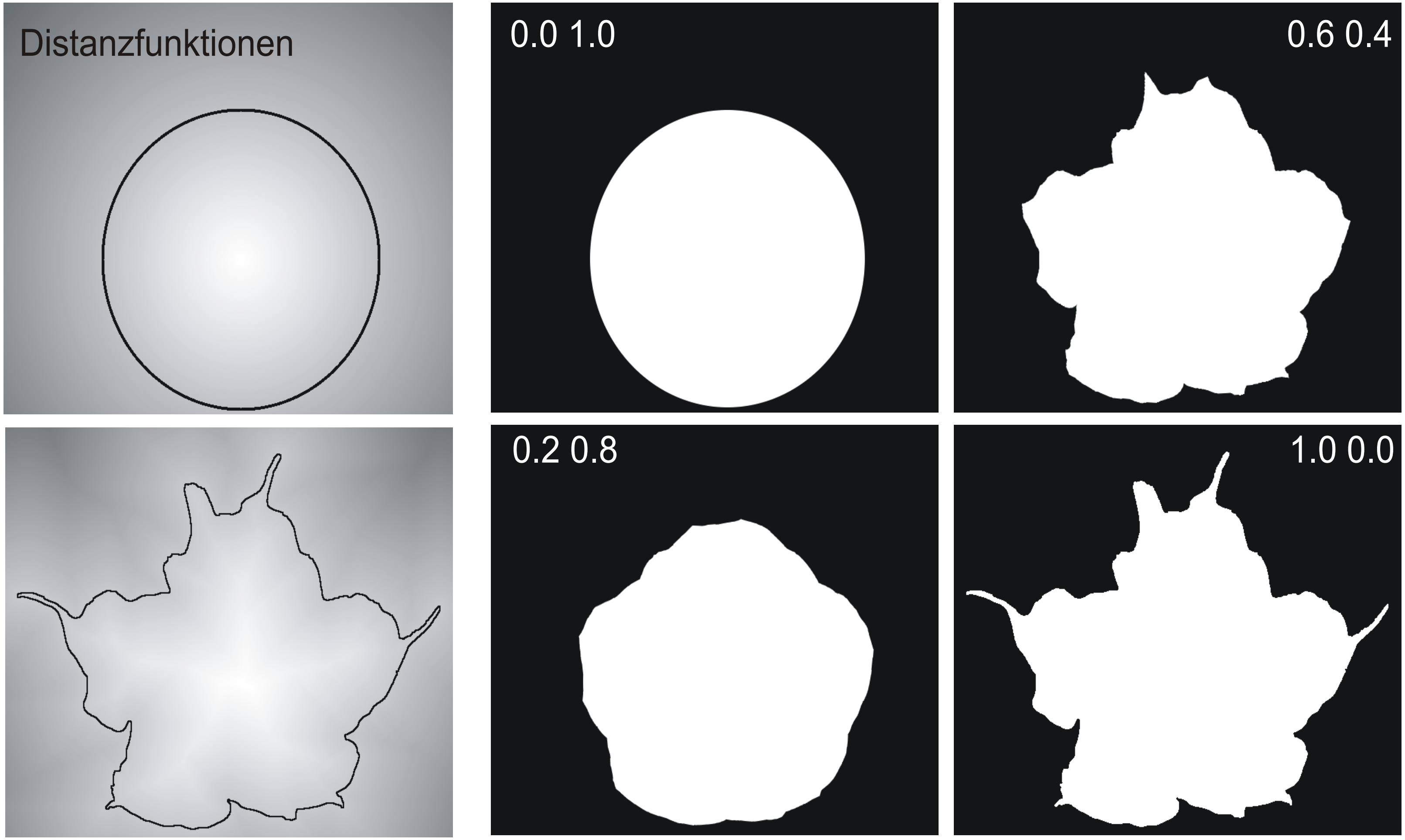
Morphing

- Vorzeichenbehaftete Distanztransformation auf Binärbildern b_A und b_B durchführen.
- Für i=0,N-1 Distanzbilder linear aus den Distanzbildern A_A und A_B interpolieren

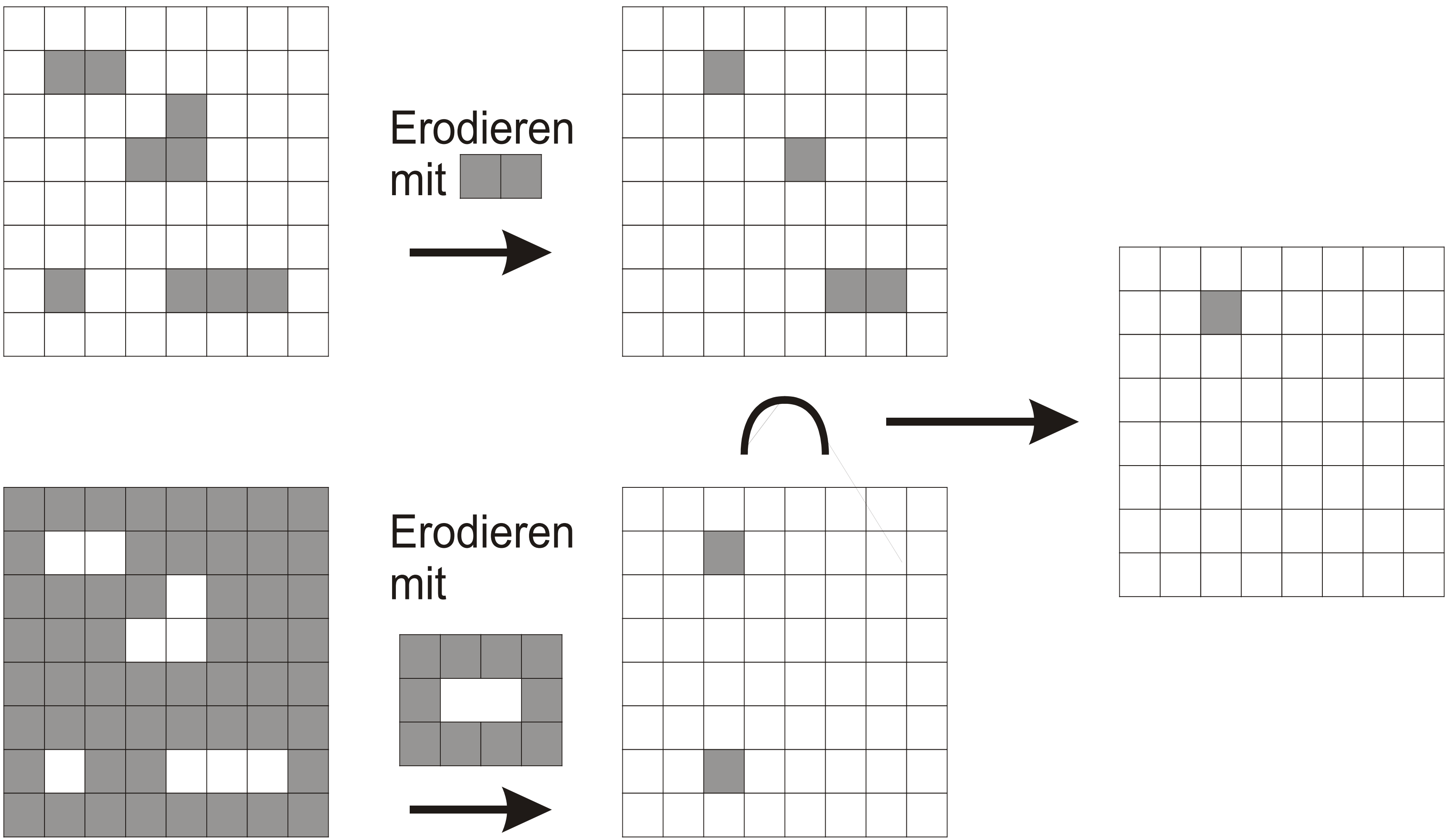
$$A_i = \frac{i \cdot A_B + (L - i) \cdot A_A}{L}$$

- Objekt einer Zwischenstufe i sind diejenigen Pixel, für die im i-ten Distanzbild A_i die Distanzen positiv sind.

Beispiel



Hit-or-Miss Operator



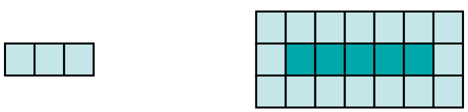
Hit-or-Miss Operator

Hit-or-Miss Operator: $G \otimes (S_1,S_2) = (G \ominus S_1) \cap (\bar{G} \ominus S_2)$

$= (G \ominus S_1) \cap (\overline{G \oplus S_2})$

mit $S_1 \cap S_2 = \emptyset$ (sonst wäre das Resultat der Operation die leere Menge)

Hit-or-Miss-Operator für variable Strukturgrößen, z.B.:



Hit Miss

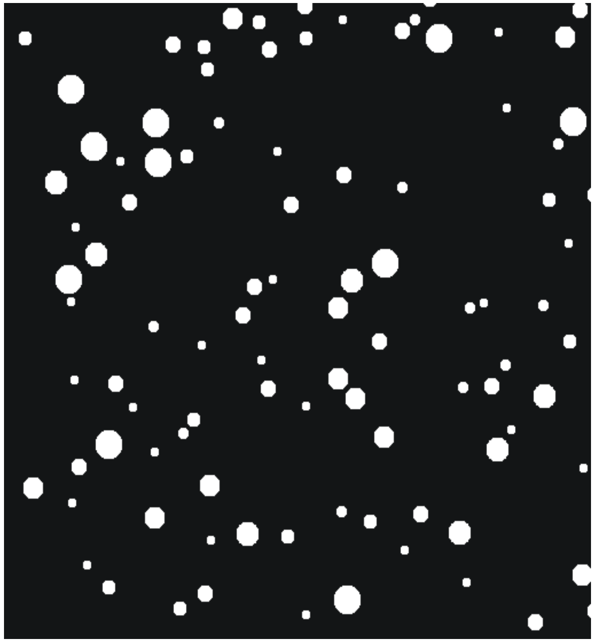
führt zur Akzeptanz von horizontalen Linien von 3,4, und 5 Pixeln Länge.

Notation für Hit-or-Miss-Operator:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & 1 & 1 & 1 & x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

0 - Miss
1 - Hit
x - weder Miss noch Hit

Beispiel



Kreise mit Radius von 6 Pixel

Kreise mit Radius 6-7 Pixel

Hit-or-Miss-Operatoren

$$M_I = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

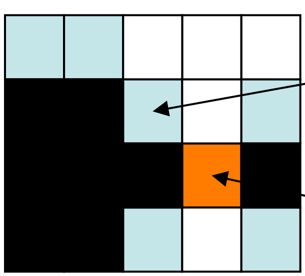
Entfernung einzelner Pixel

$$M_C = \begin{matrix} x & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

detektiert untere, rechte Ecken eines Objekts

$$M_{T1} = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

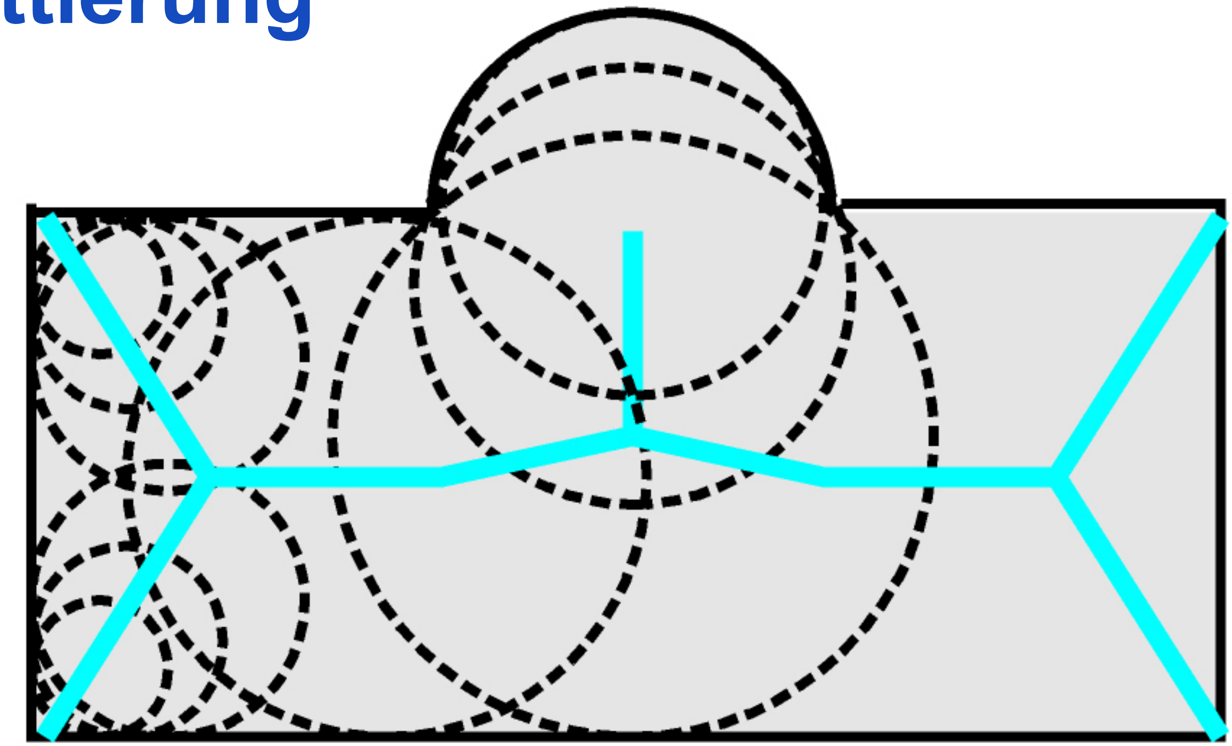
findet Randpunkte von oben, die ein Objekt nicht teilen würden, wenn sie entfernt würden



Diese Punkte würden gefunden werden

Diese Punkte würden nicht gefunden werden

Skelettierung



- Das Skelett eines Segments ist die Menge aller Mittelpunkte von Kreisen mit maximalem Radius, die vollständig innerhalb des Segments liegen
- Trägt wichtige Eigenschaften für die Klassifizierung

Thinning mit Hit-or-Miss-Operatoren

$$S_{T1} = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} \qquad S_{T5} = \begin{matrix} 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 1 \\ x & 1 & 1 \end{matrix}$$

$$S_{T2} = \begin{matrix} 0 & x & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & x & 1 \end{matrix} \qquad S_{T6} = \begin{matrix} x & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & x \end{matrix}$$

$$S_{T3} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ x & 1 & x \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix} \qquad S_{T7} = \begin{matrix} 1 & 1 & x \\ 1 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{matrix}$$

$$S_{T4} = \begin{matrix} 1 & x & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & x & 0 \end{matrix} \qquad S_{T8} = \begin{matrix} x & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & x \end{matrix}$$

Ziel: Skelettierung

Methode: Randpixel solange entfernen, bis die zusammenhängende Form aufgelöst werden würde.

Thinning-Operator von oben:

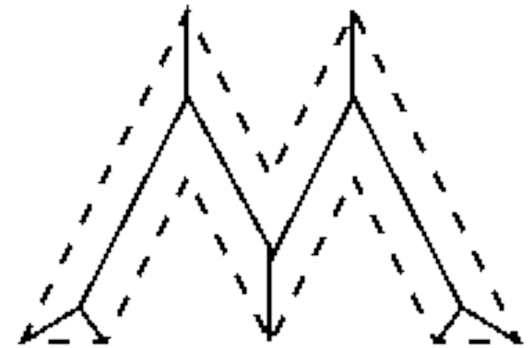
$G \varnothing S_T = G \setminus (G \otimes S_{T1})$

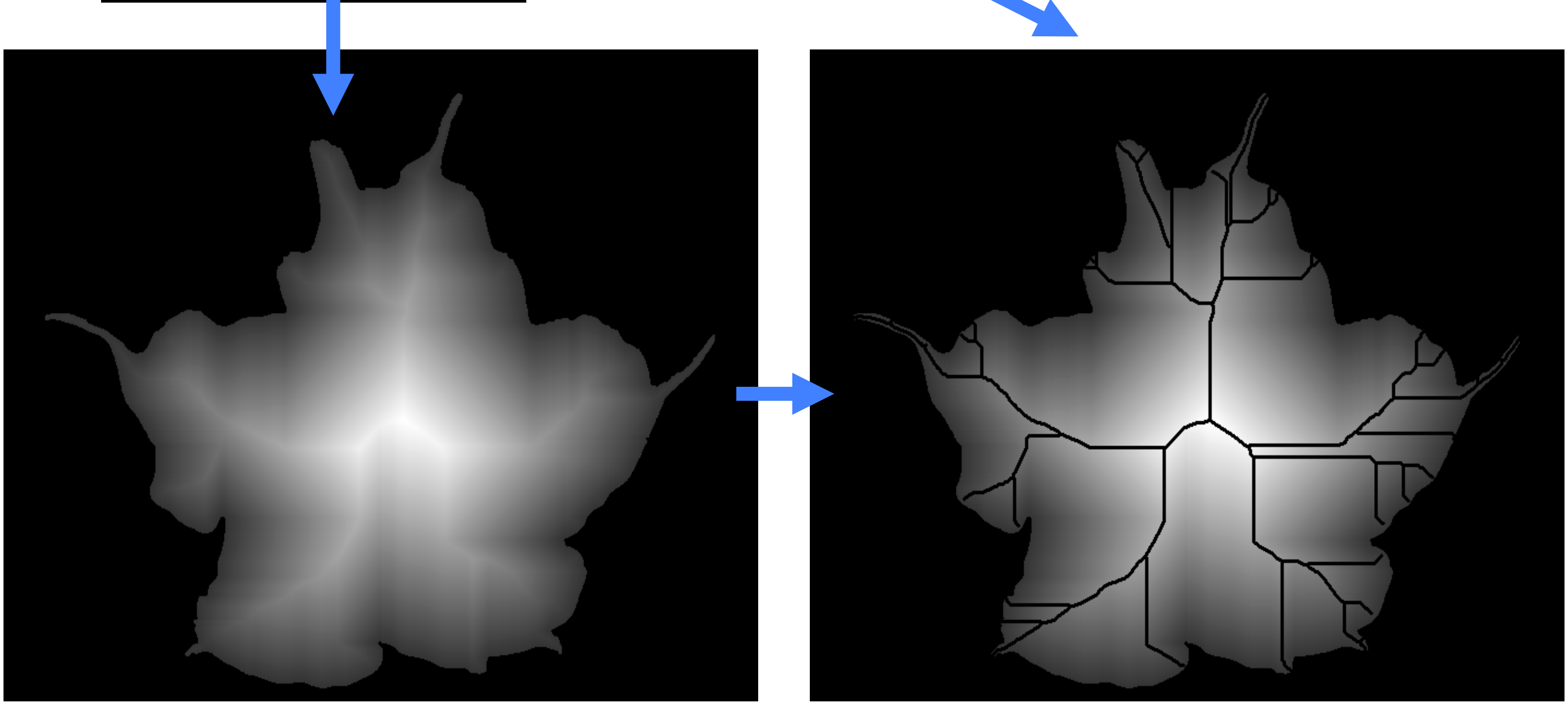
Symmetrisches Thining:

$G \varnothing S_T = G \setminus \bigcup_{i=1,8} G \otimes S_{Ti})$

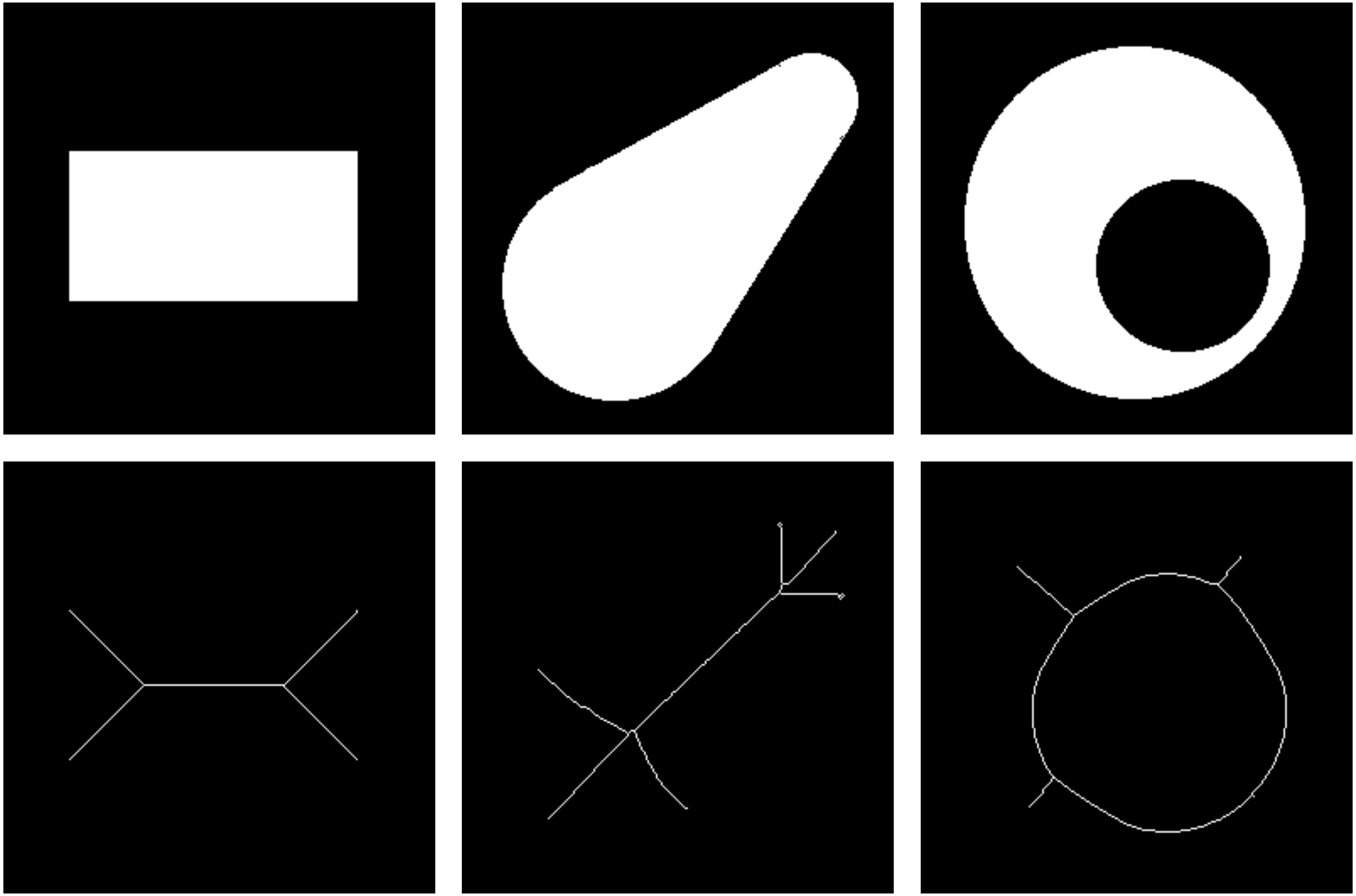
Thinning wird wiederholt, bis $G \varnothing S_T = G$ ist.

Beispiel

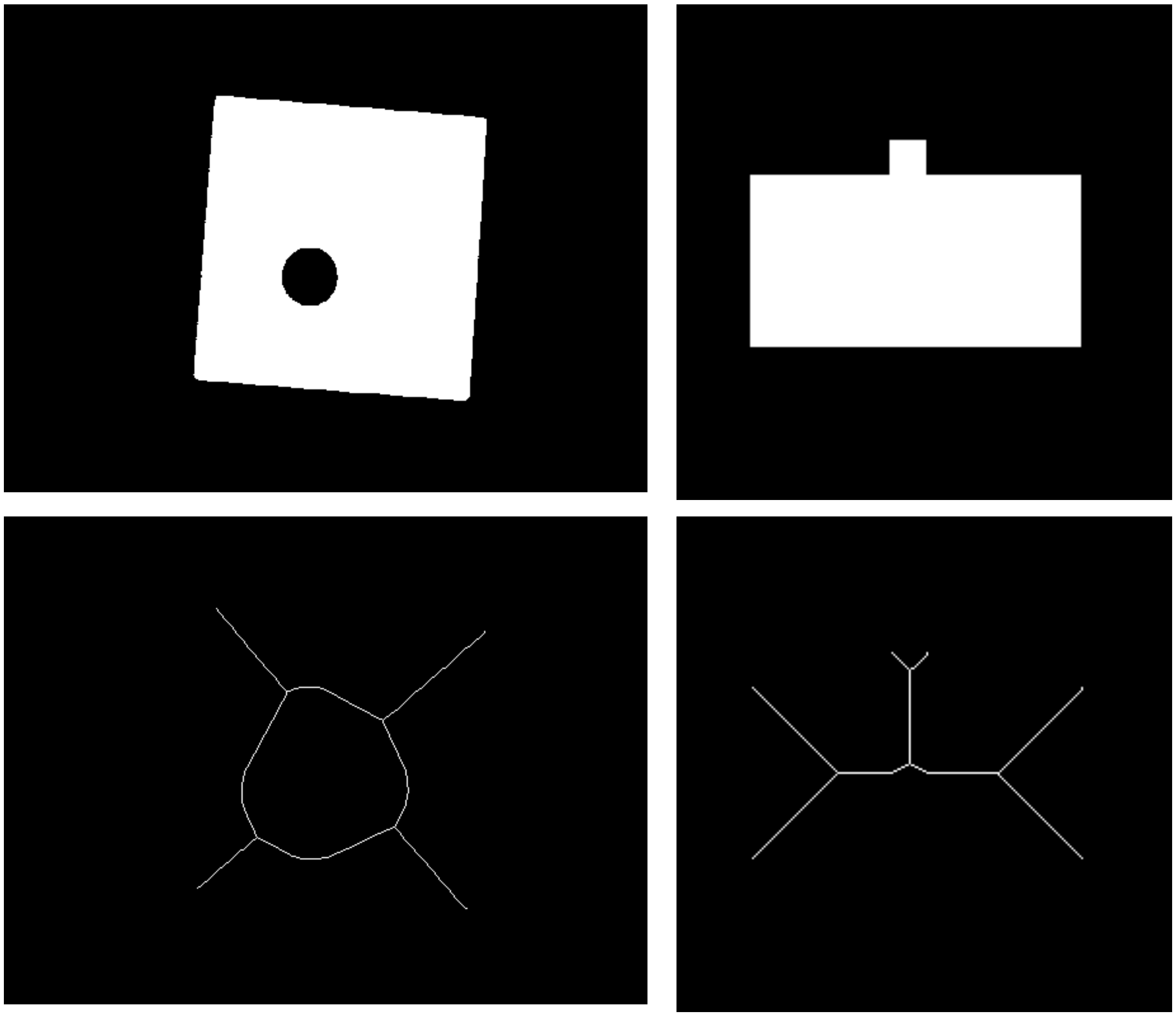


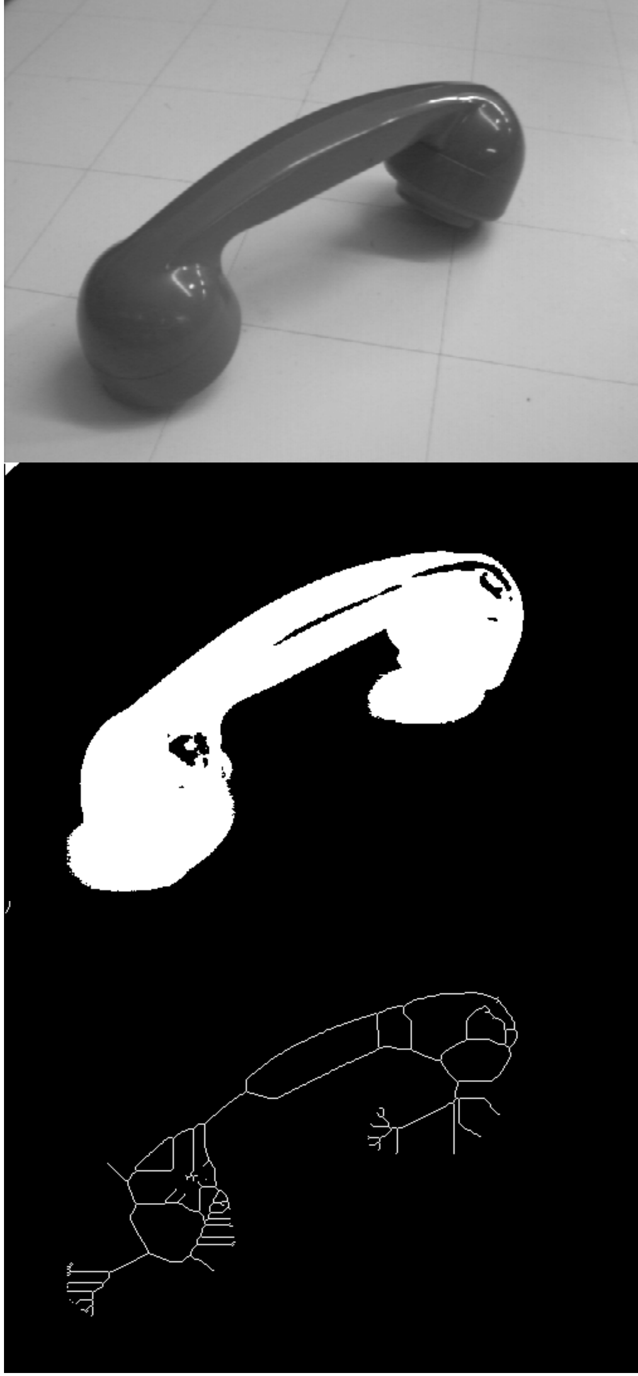


Beispiele



Beispiele





Zusammenfassung

- Morphologische Operationen: Formverändernde oder formauswertende Operationen auf Segmenten
- Morphologische Filter zur
  - Unterdrückung von Artefakten nach einer Segmentierung
  - Suche nach vorgegebenen Formen
  - Randbestimmung, Distanztransformation und Morphing
  - Skelettierung von Segmenten