

Computergraphik 1

2. Teil: Bildverarbeitung

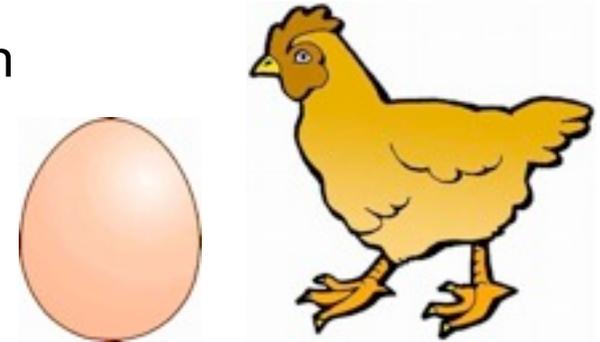
Modellbasierte Segmentierung,
Morphologische Operationen

Modellbasierte Segmentierung

- Interaktive Suche
 - Region Growing
 - Kantenverfolgung
 - Markerbasierte WST
- Vollständige Suche
 - Template Matching
 - Hough Transformation

Modellbasierte Segmentierung

- Segmentierung: Generierung von Symbolen (Bedeutungsträgern) aus Pixeln.
- Modell: Erwartete Bedeutung
- ▶ Henne-Ei-Problem??

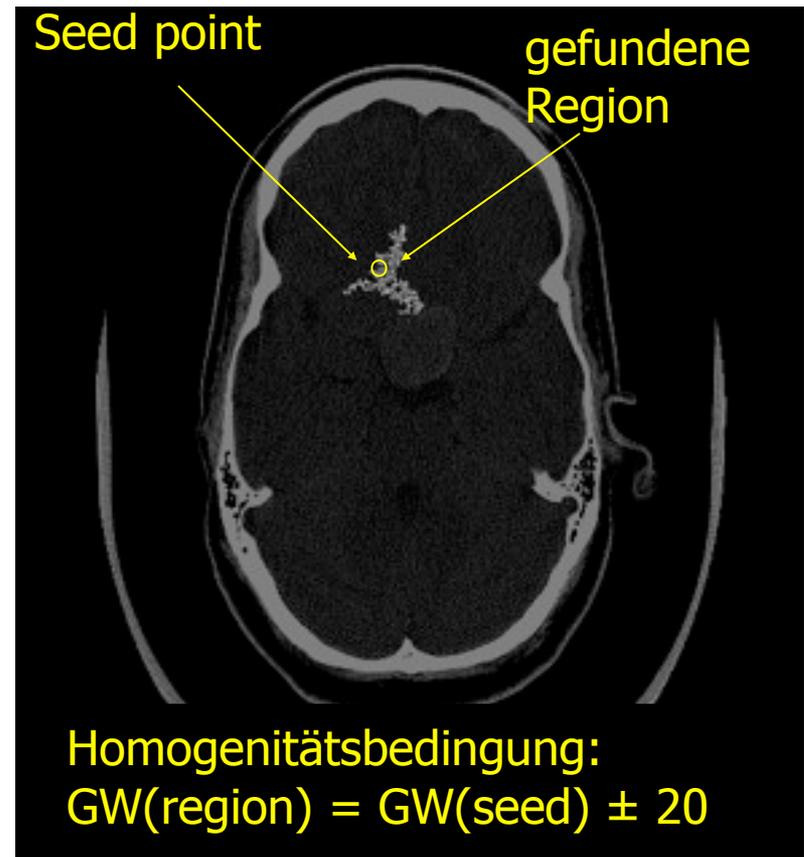


Modellbasierte Segmentierung: Mix aus Segmentierung und Analyse. Mit Vorwissen über ein bestimmtes Objekt wird nach Instanzen gesucht

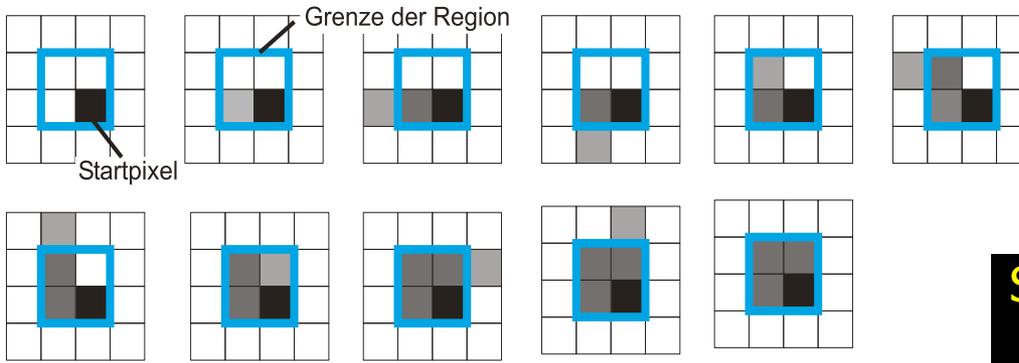
- Interaktive Suche: Benutzer gibt Vorwissen interaktiv ein
- Vollständige Suche: Instanzen eines Modells mit wenigen Parametern werden gesucht
- Iterative Suche: Instanzen eines Modells mit vielen Parametern werden gesucht.

Region Growing

- = Flood Fill auf Grauwertbild für einen einzigen (vorgegebenen) Saatpunkt.
- **Homogenitätsbedingungen:**
 - Grauwertbereich
 - Grauwertschwankung
- **Annahmen und Ziel:**
 - Gebiet ist intern von größerer Homogenität als an den Grenzen.
 - Selektion eines einzigen Gebiets.
 - Homogenitätsverhältnisse an anderen Orten interessieren nicht.

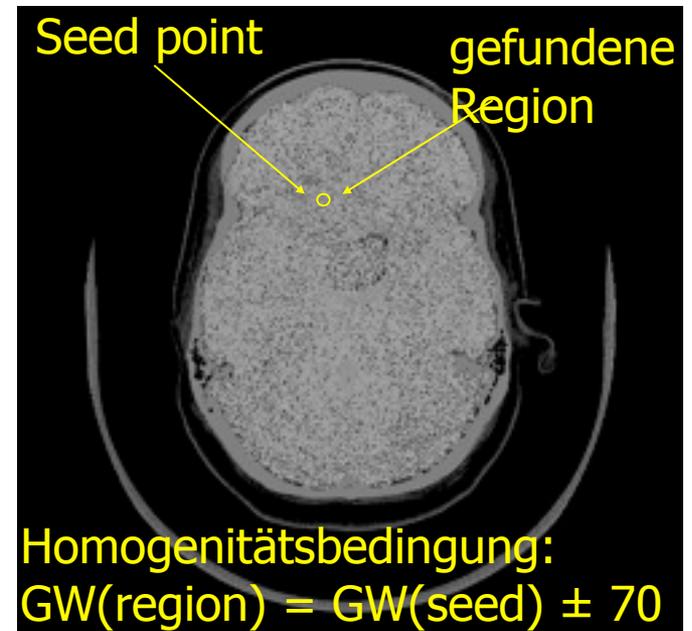


Region Growing

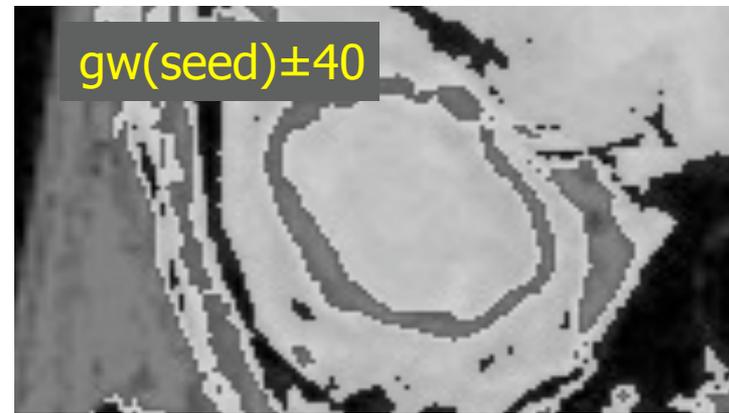
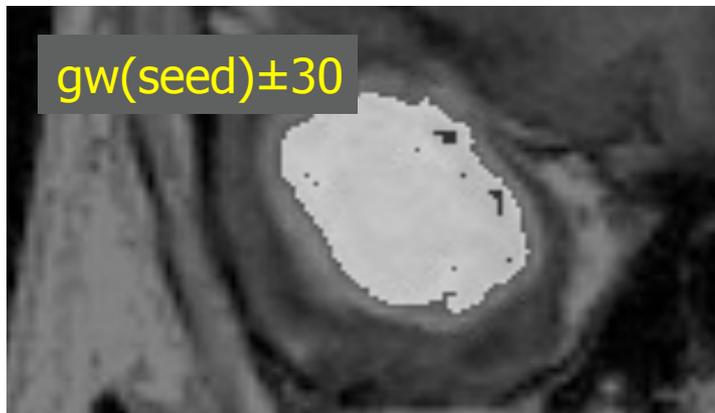
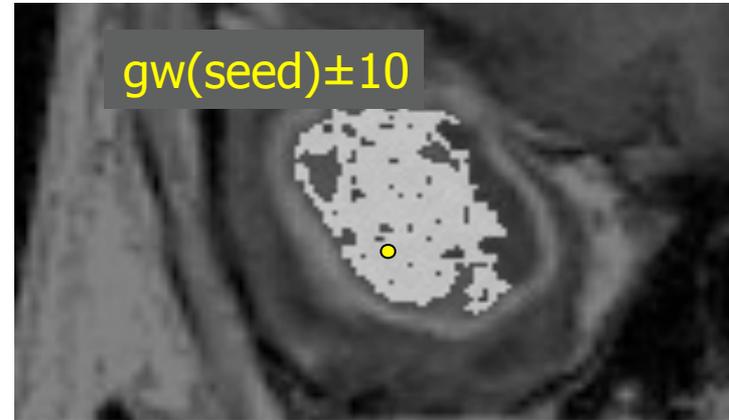
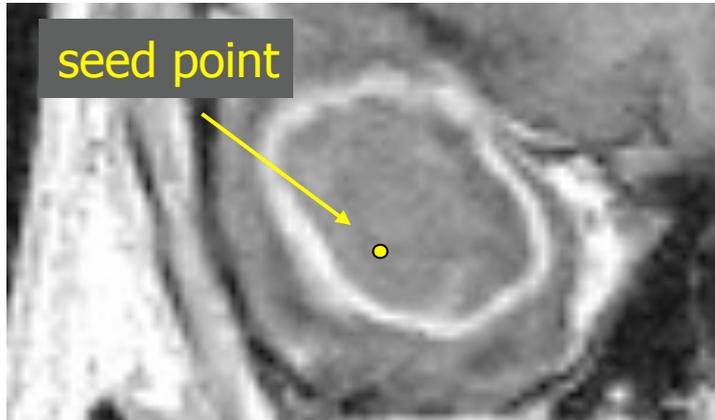


Probleme:

- „Auslaufen“ der Regionen
- zu kleine Regionen
- Rauschanfälligkeit
- Shading im Bild



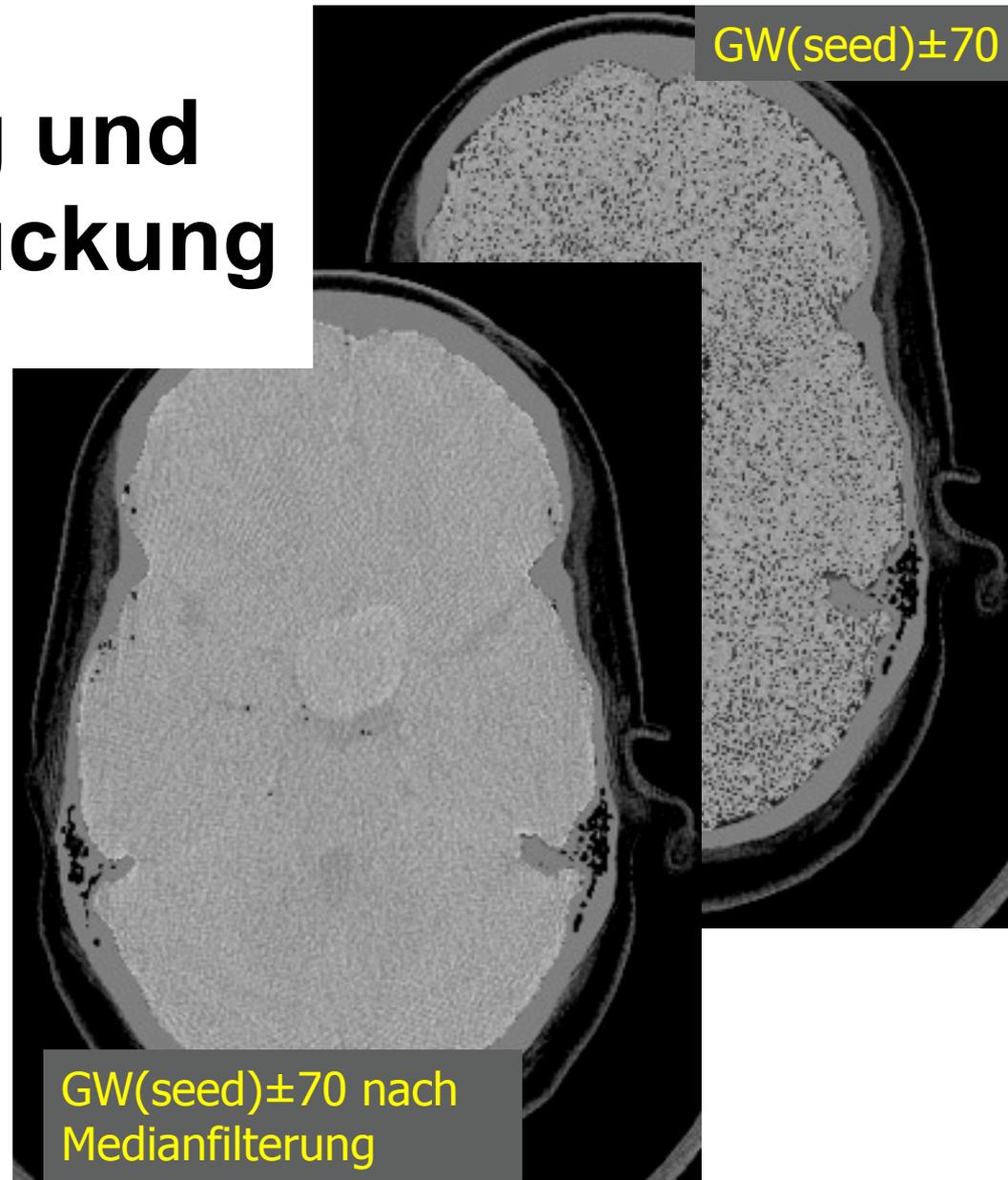
Auslaufen von Regionen



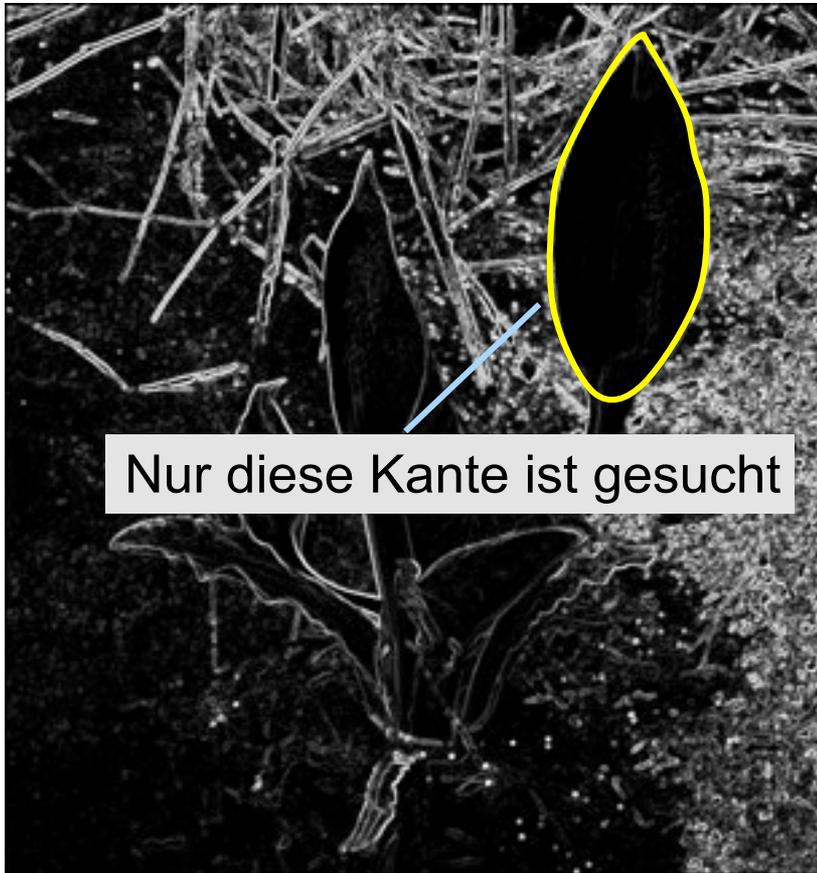
Region Growing und Rauschunterdrückung

Rauschen führt zu Anfälligkeit der Methode

→ vorherige Rauschunterdrückung oder Nachverarbeitung



Gezielte Kantensuche



Resultat der Kantenfilter:

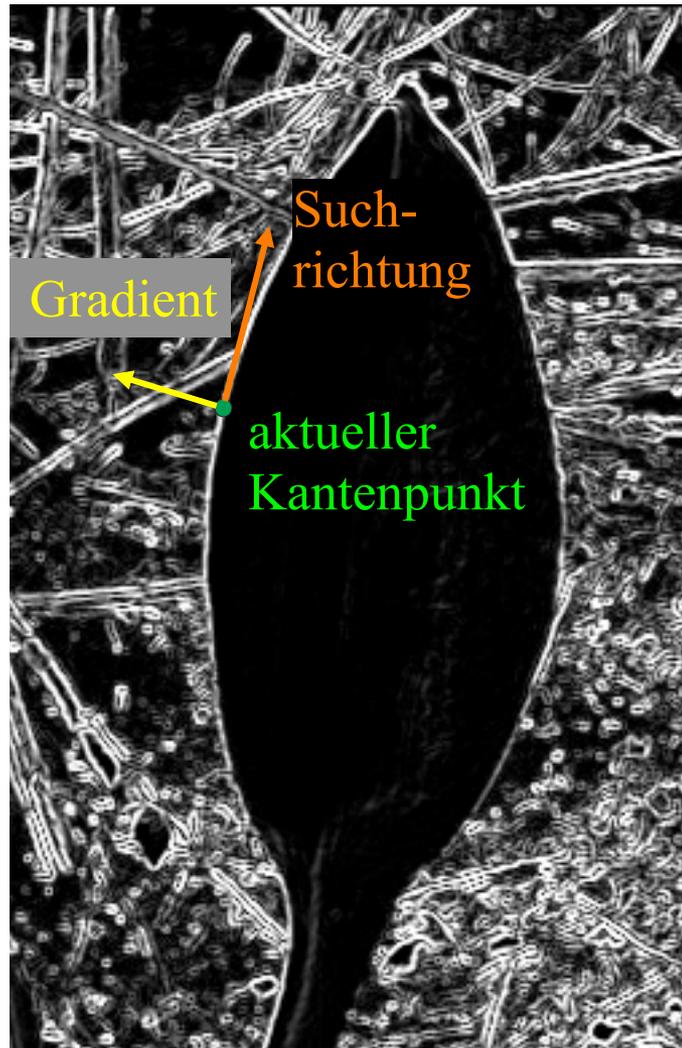
Liste von Kantenpunktkandidaten

- nicht alle Kandidaten gehören zur gesuchten Regionengrenze.
- die Regionengrenze kann Lücken aufweisen.

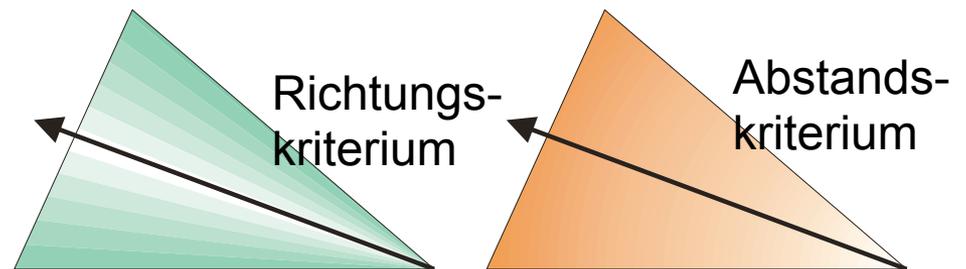
Strategien mit Nutzerinteraktion

- Kantenverfolgung
- Optimale Kantenzüge
- Hough Transformation

Kantenverfolgung



- Anfangspunkt bestimmen
- suche senkrecht zur aktuellen Gradientenrichtung
- Kantenpunkt ist gefunden, wenn
 - in **hinreichend kurzer Entfernung**,
 - mit **hinreichend geringer Richtungsabweichung**
 - ein **hinreichend großer Gradient** existiert.



Optimale Kantenzüge (Graphensuche)

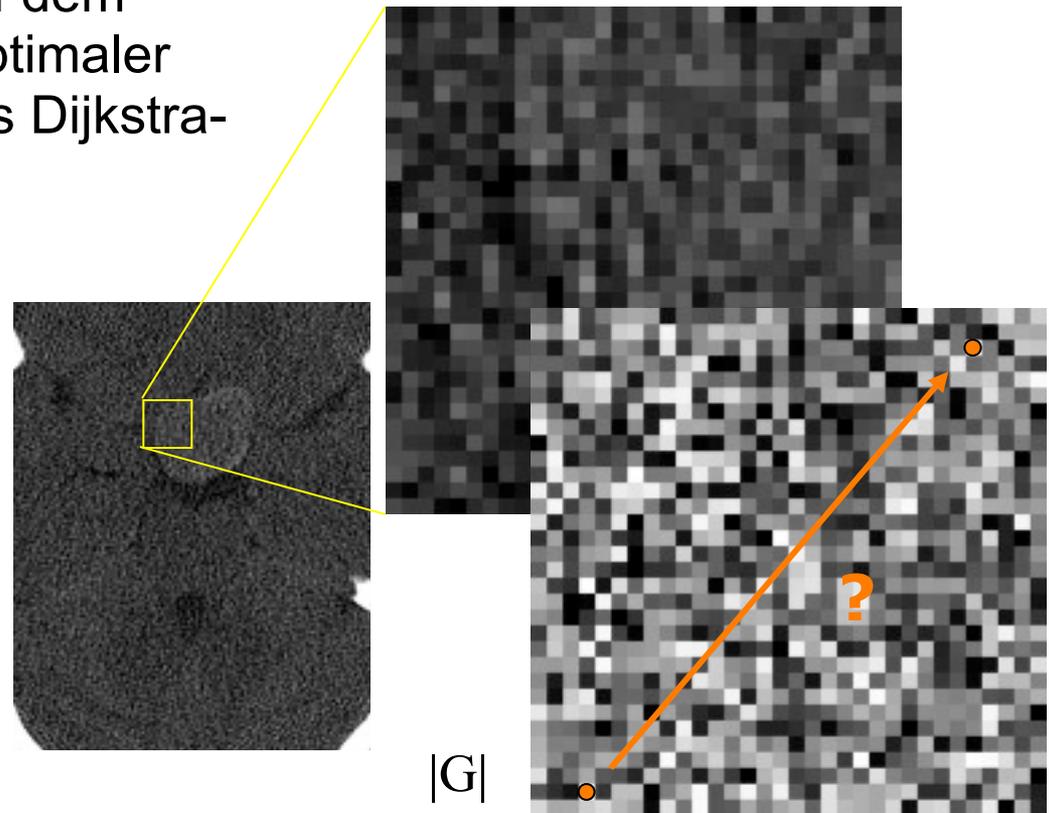
Das Resultat des Gradientenoperators wird als Graph aufgefasst, auf dem zwischen zwei Punkten ein optimaler Pfad gesucht wird (z.B. mittels Dijkstra-Algorithmus).

Vorteil:

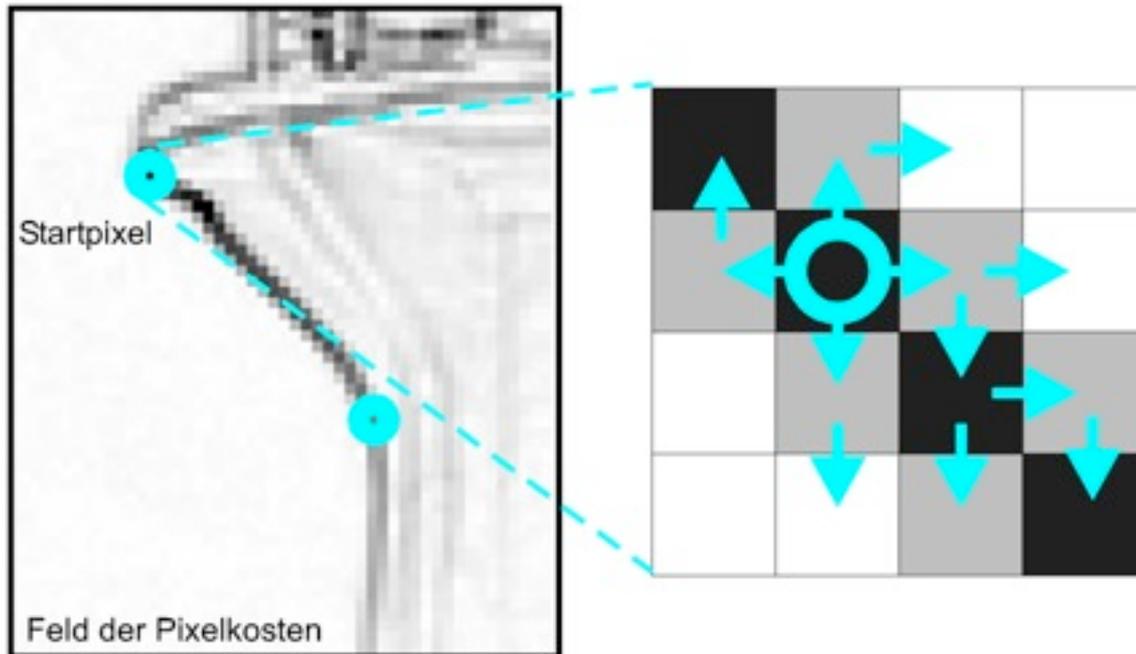
Globale Aspekte des Kantenzugs können eingebracht werden.
(z.B. Glattheitsbedingungen)

Nachteil:

Aufwand ist größer als bei
Kantenverfolgung.



Optimale Kantenzüge



Optimalitätskriterien:

- Maximierung der (durchschnittlichen) Gradientenlänge
- Minimierung der Pfadlänge
- Minimierung der Richtungsänderungen
- Minimierung der Grauwertänderungen

Resultate



Startpunkt



Hough Transformation

Modellbasierte Suche:

- Modell einer Regionengrenze ist vorgegeben.
- Information über mögliche Kantenorte ist gegeben (z.B. durch Gradientenlänge).
- Zielsetzung: Orte finden, an denen Modell und Bild optimal übereinstimmt.

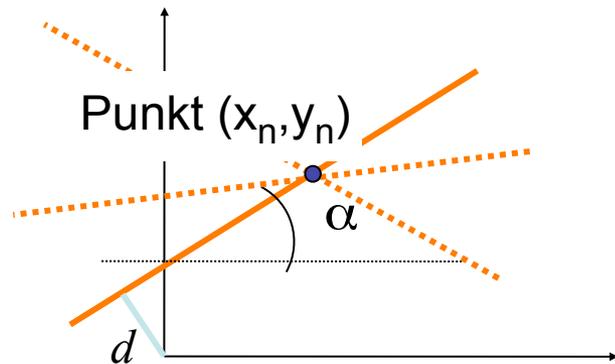
Hough-Transformation:

- Voting(Abstimmungs)-Mechanismus, bei dem jeder Ort in Abhängigkeit der lokalen Information für das Modell stimmt.
- entwickelt für Geraden, erweiterbar für beliebige Formen.

Hough Transformation (HT)

Suche von Geraden in einem Binärbild.

Geradenrepräsentation: $x \cos(\alpha) + y \sin(\alpha) - d = 0$

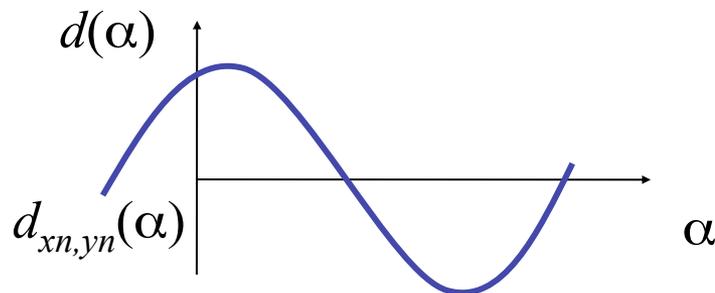


Hough-Transformation:

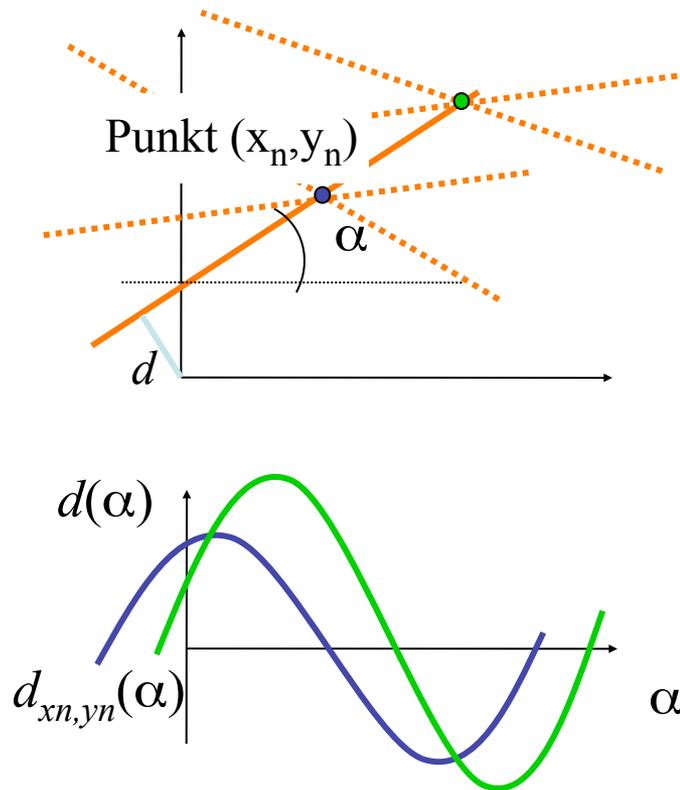
Suche alle Parameter (α, d) für Geraden, die durch einen Punkt (x_n, y_n) gehen

$$d(\alpha) = x_n \cos(\alpha) + y_n \sin(\alpha)$$

Der Raum, der durch (α, d) aufgespannt wird, heißt Hough-Raum.

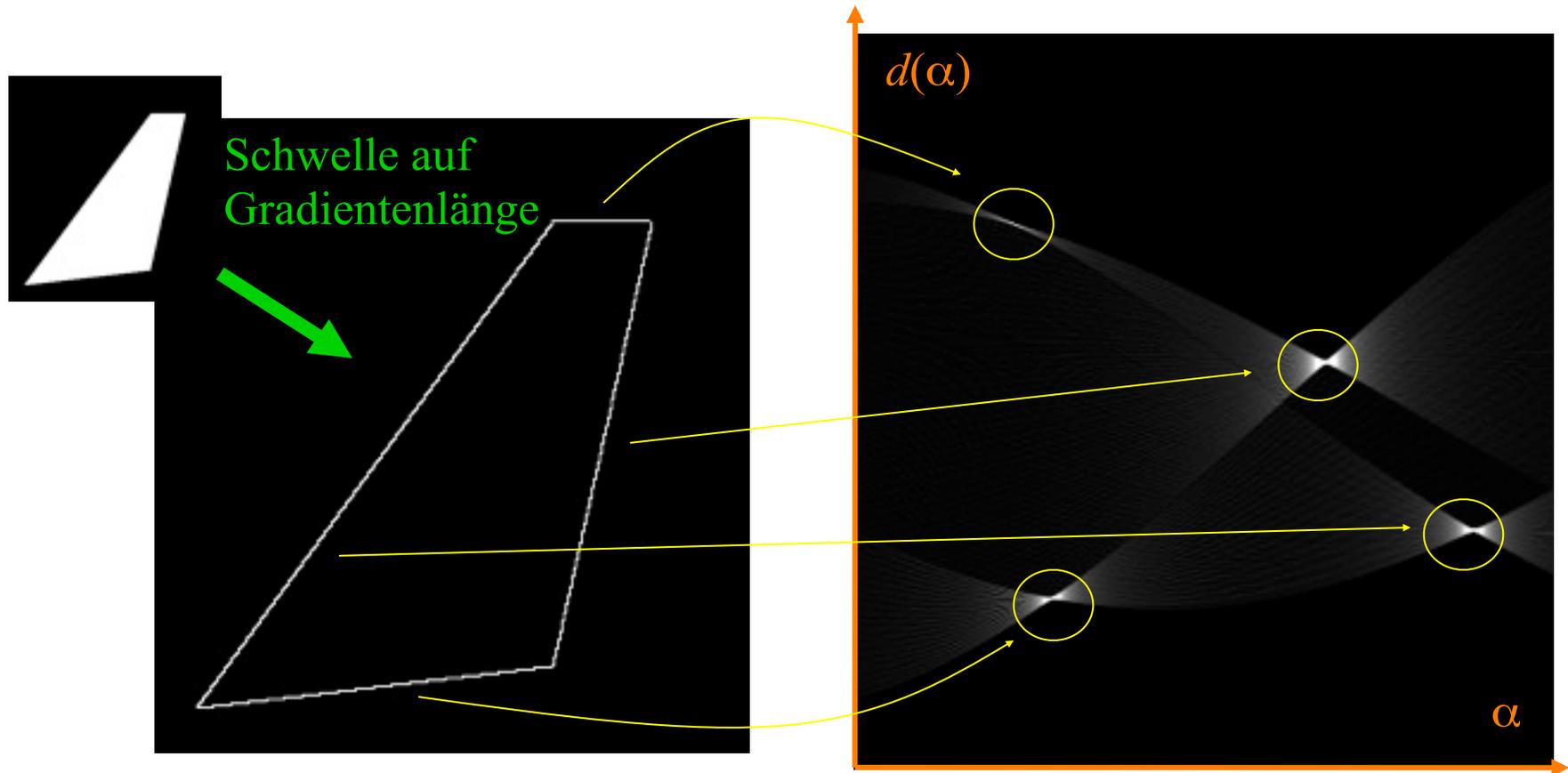


Berechnung der HT



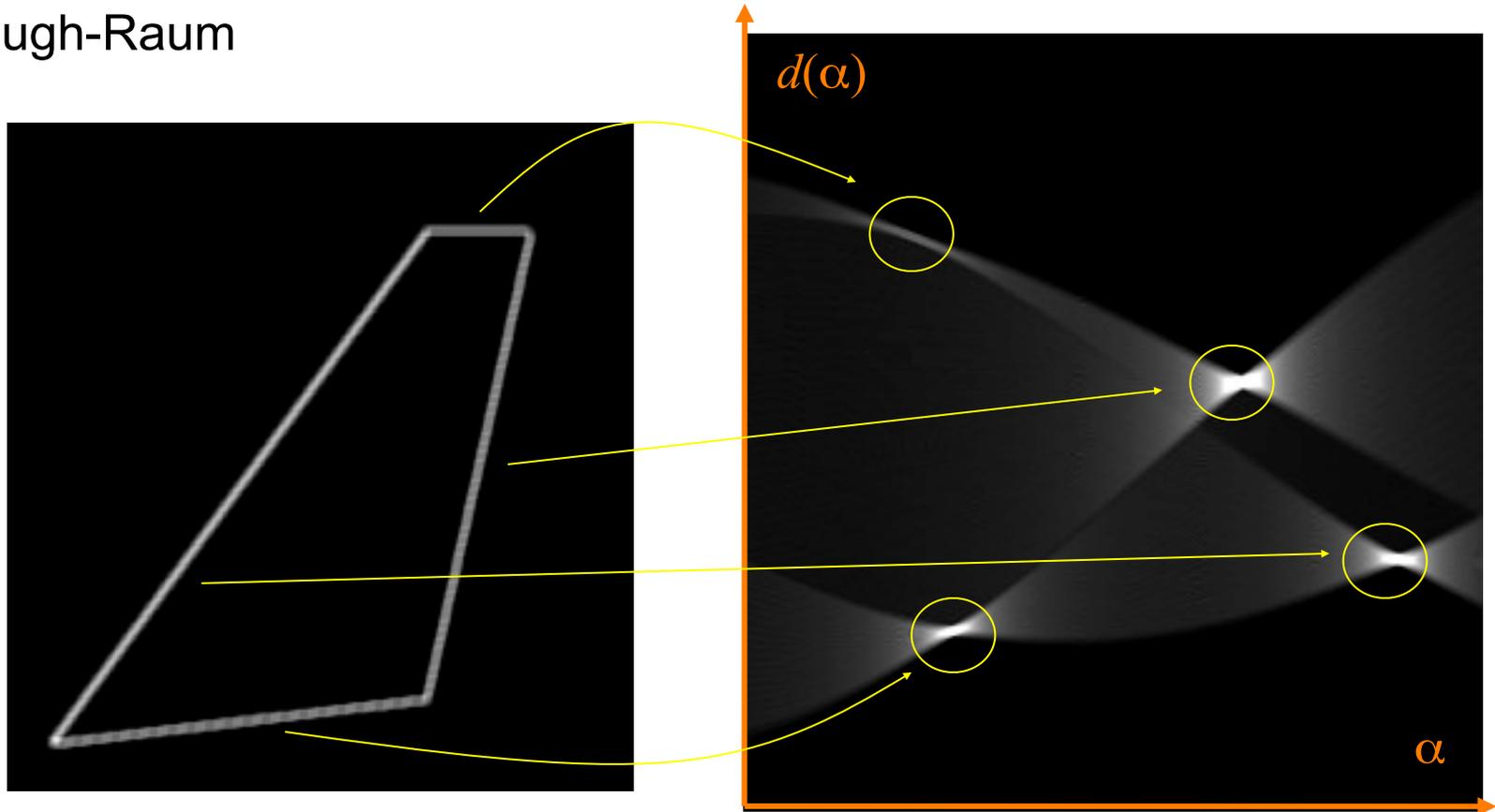
- Erzeugung eines Kantenbilds durch Schwellenwertsetzung auf Gradientenlängen.
- Diskretisierung des (α, d) -Raums (Zerlegung in Akkumulatoren)
- Für jeden Punkt x_n, y_n wird eine Kurve im (α, d) -Raum diskretisiert.
- Jeder Akkumulator wird inkrementiert, sobald eine Kurve durch in verläuft.
- Parameter von Linien im Ortsraum sind durch (α, d) -Kombinationen gegeben, deren Wert (Stimmenanzahl, votes) nach Ausführung der Transformation am höchsten sind.

Hough Transformation



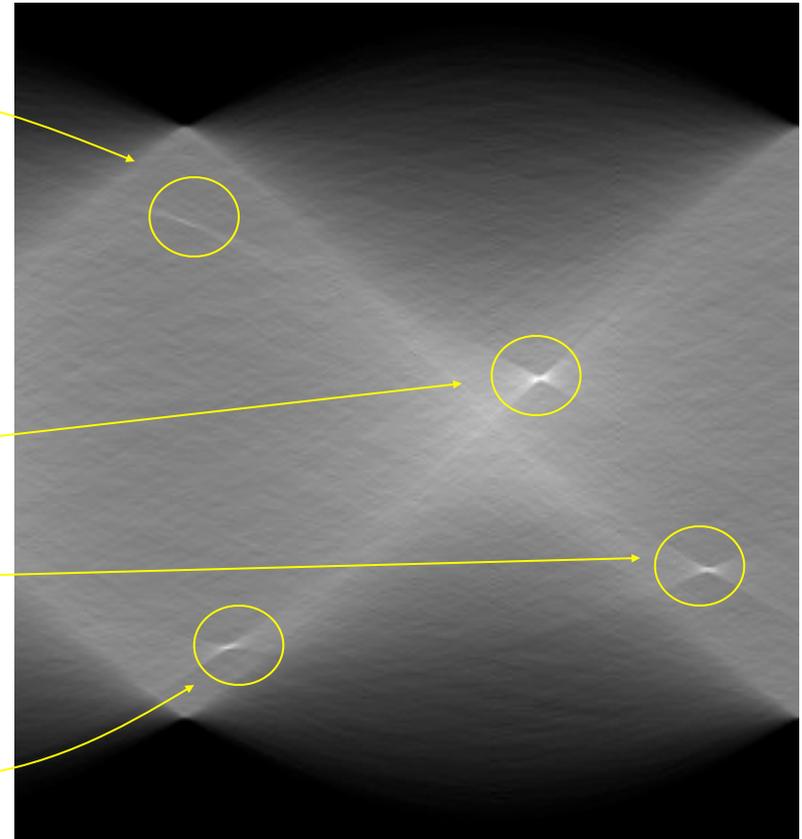
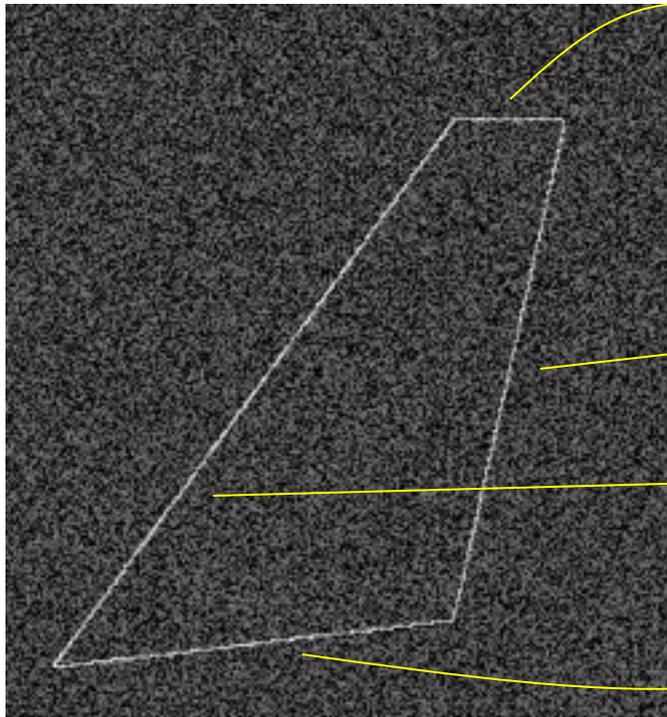
Hough Transformation

Breite Kanten führen zu flacheren Maxima im Hough-Raum



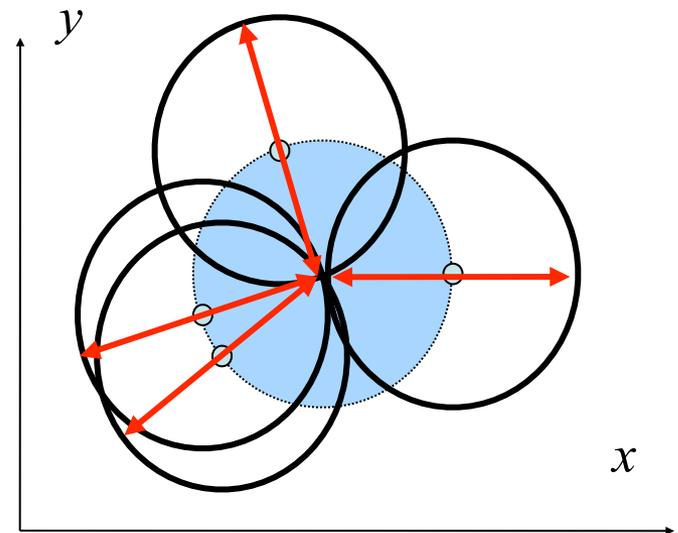
Hough Transformation in nicht-binären Bildern

Bei Gewichtung der Stimmanzahl durch die Kantenstärke lassen sich Kanten von Rauschen unterscheiden.

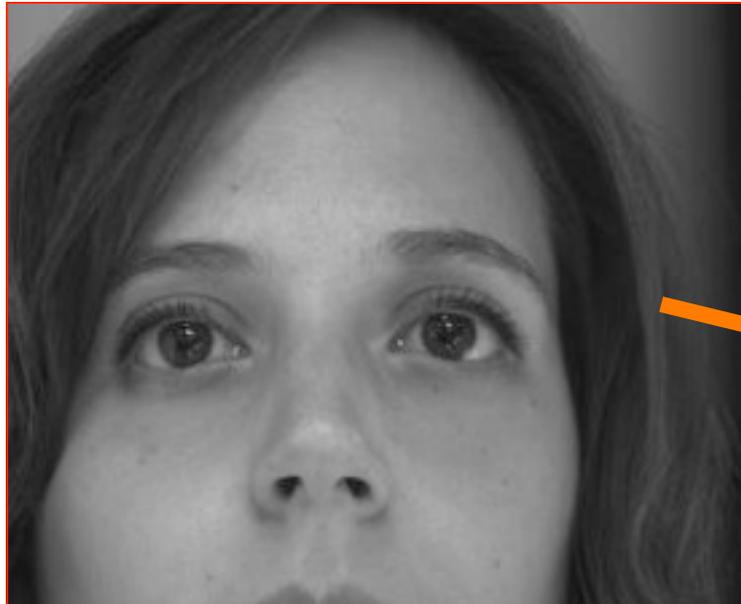


Hough Transformation für Kreise

- Kreisgleichung für Kreis mit Mittelpunkt (x_c, y_c) und Radius r : $(x-x_c)^2+(y-y_c)^2-r^2=0$.
- Falls der Radius bekannt ist, ist nur der Verschiebevektor (x_c, y_c) gesucht
 - Hough-Raum = Ortsraum
 - Um jeden Kantenpunkt wird ein Kreis mit Radius r diskretisiert.
- Beschleunigung: Akkumulator wird nur in Distanz r in und entgegen der Gradientenrichtung inkrementiert.



Hough Transformation für Kreise



Akkumulatorzellen mit mehr als 33%
der maximalen Stimmenanzahl.



selektierte Kreise mit $r=4.5\text{mm}$



Zusammenfassung bis hier hin:

- Rolle des Modellwissens bei der Segmentierung
- Methoden mit interaktivem Einbringen von Modellwissen
 - Welche Art von Modellwissen
 - Wo und warum erfolgreich
- Methoden, die eine vollständige Suche verwenden
 - Welche Art von Modellen
 - Voraussetzungen

Morphologische Operationen

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

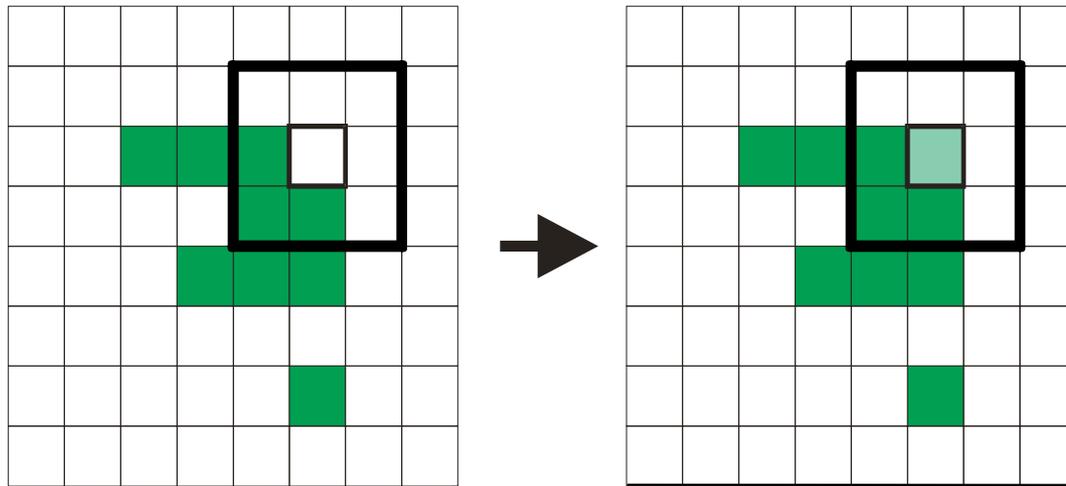
Morphologische Operationen

- 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)

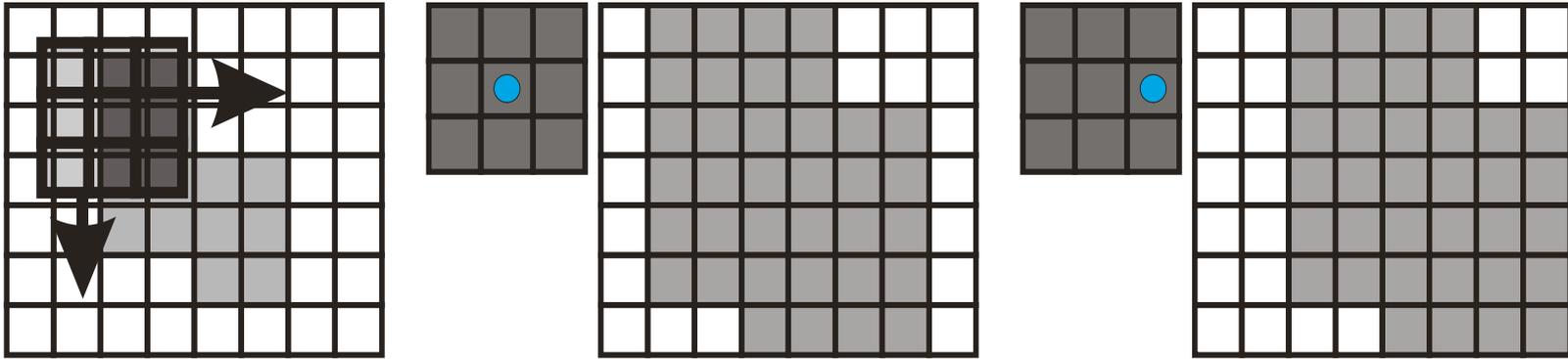
Dilatation

Dilatation (Ausdehnung): $G \oplus S$ mit Strukturelement S

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



Dilatation



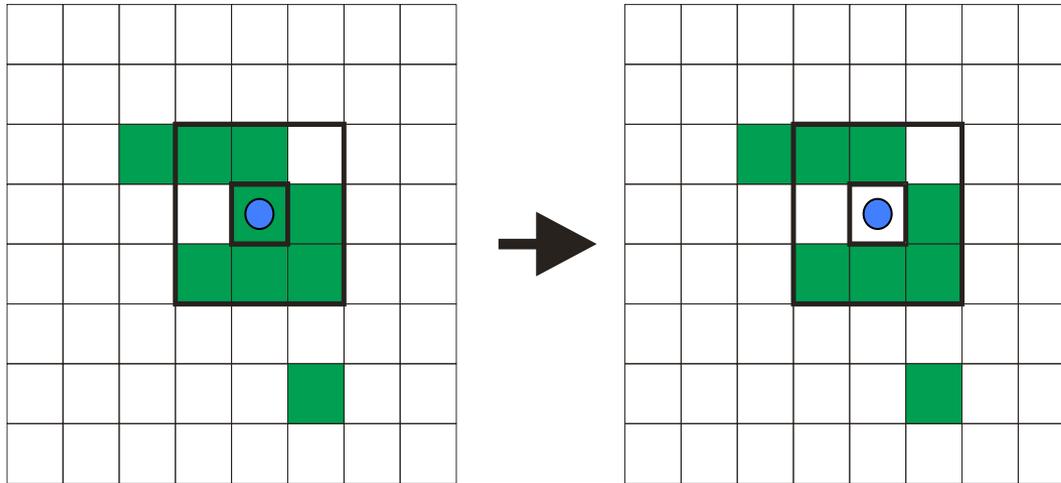
Dilatation wird (wie jede morphologische Operation) für einen **Ankerpunkt** ausgeführt.

Dilatation:

- verbindet Strukturen
- füllt Löcher
- vergrößert

Erosion

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

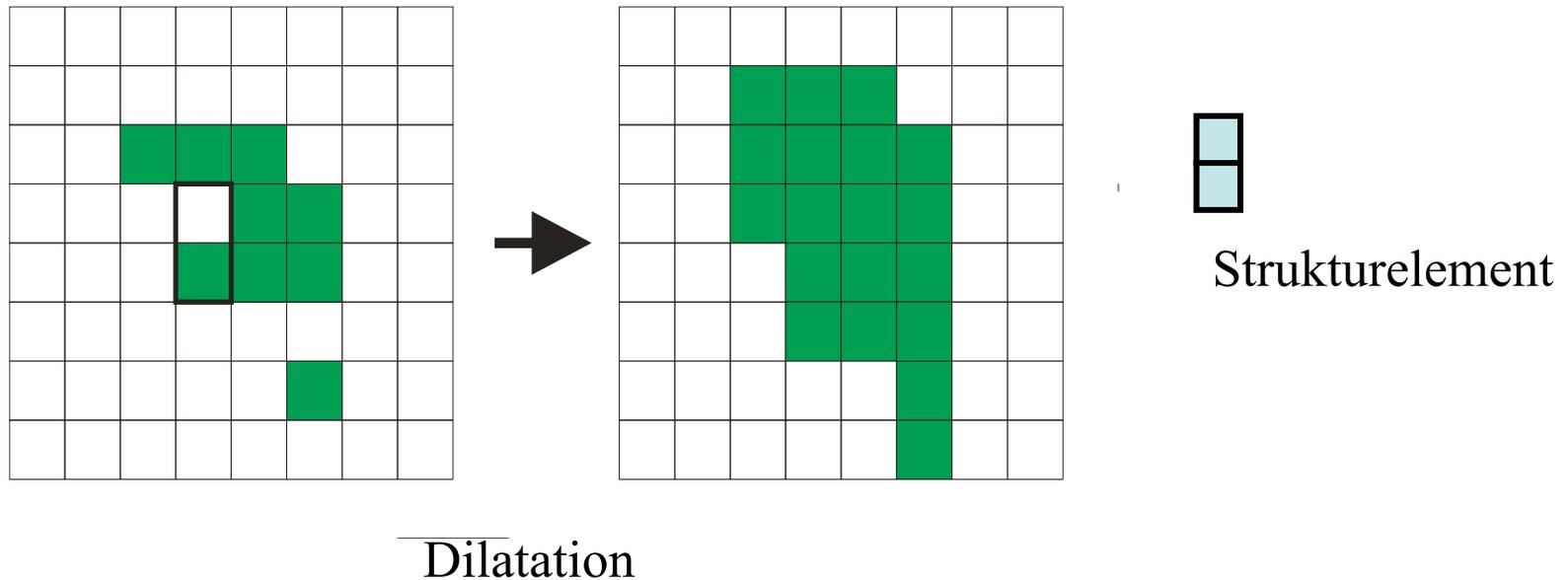


Erosion: $G \ominus S$ mit
Strukturelement S

- 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

Gentzel Sabellen dem Schermeister eine Tochter Ite g-
läufft hi Odette: Andreas Cleven, Hans Müller, der ...
Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, Ite Valide hat sel parson
fuhls. Thia Cleven f: Susanna Bafelgen, Dem Sgragfoma
Aaar der. 28. Januarg.

M. Hans Wintern dem Wändt: Müller eine Jange Tochter Ag-
nes gelaufft, hi Odette: Carsten Bafelgen, Hans Müller, Hans
... .. Capmaris

Gentzel Sabellen dem Schermeister eine Tochter Ite g-
läufft hi Odette: Andreas Cleven, Hans Müller, der ...
Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, Ite Valide hat sel parson
fuhls. Thia Cleven f: Susanna Bafelgen, Dem Sgragfoma
Aaar der. 28. Januarg.

M. Hans Wintern dem Wändt: Müller eine Jange Tochter Ag-
nes gelaufft, hi Odette: Carsten Bafelgen, Hans Müller, Hans
... .. Capmaris

Gentzel Sabellen dem Schermeister eine Tochter Ite g-
läufft hi Odette: Andreas Cleven, Hans Müller, der ...
Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, Ite Valide hat sel parson
fuhls. Thia Cleven f: Susanna Bafelgen, Dem Sgragfoma
Aaar der. 28. Januarg.

M. Hans Wintern dem Wändt: Müller eine Jange Tochter Ag-
nes gelaufft, hi Odette: Carsten Bafelgen, Hans Müller, Hans
... .. Capmaris

Gezielter Einsatz

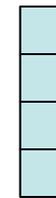
This is current driver circuit.

Phil.

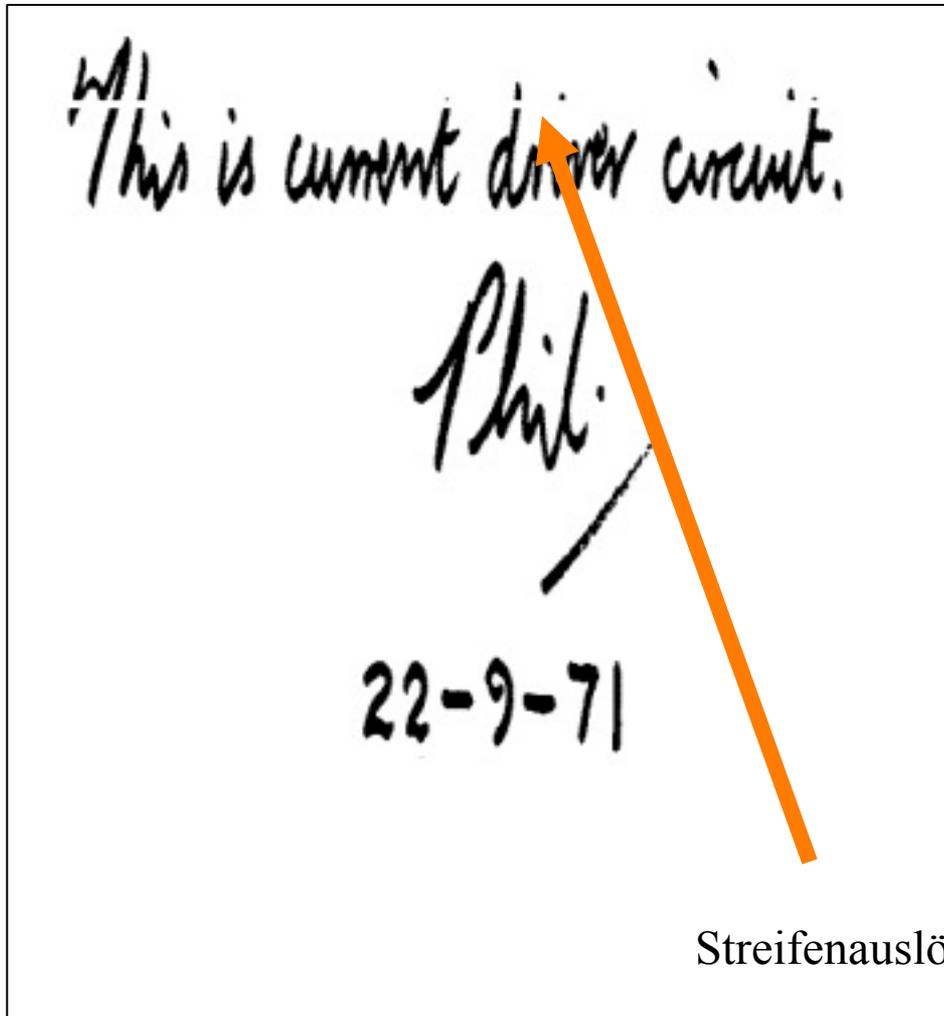
22-9-71

Ungestörtes Binärbild

Gezielter Einsatz

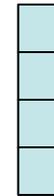


Strukturelement zum Schließen des Streifens

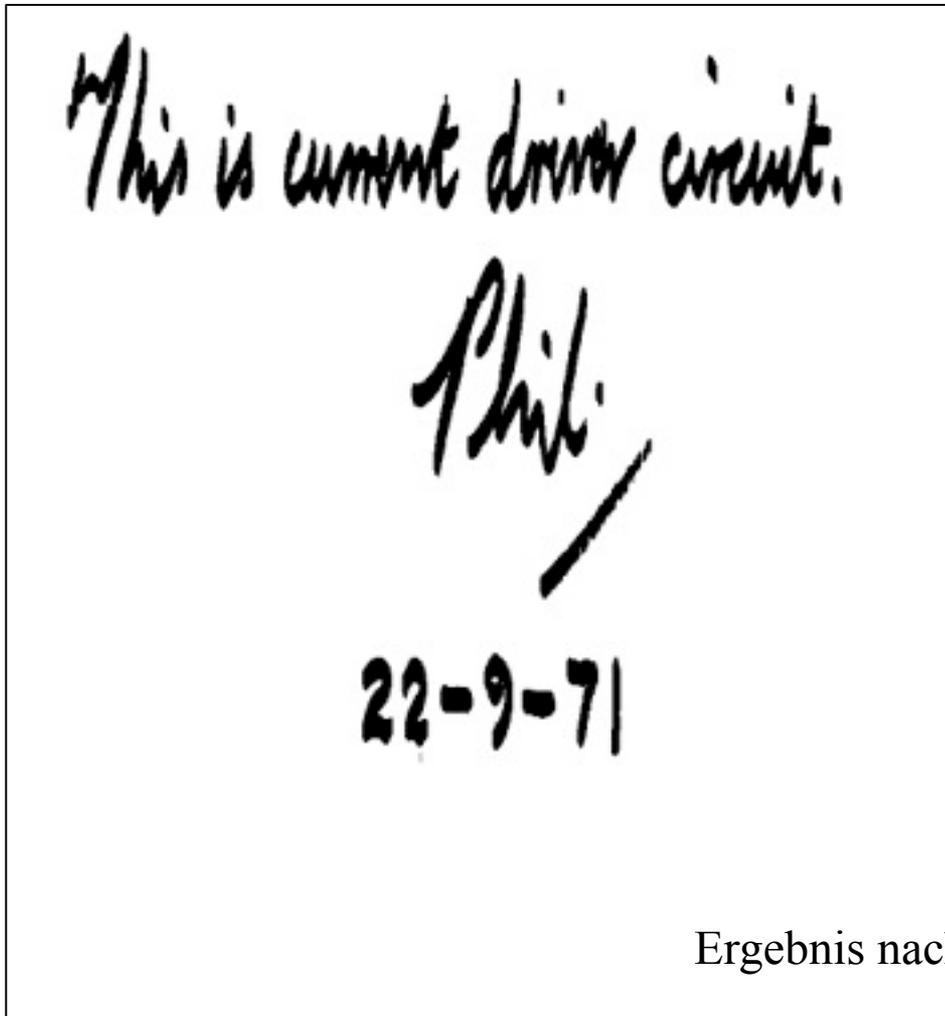


Streifenauslöschung

Gezielter Einsatz

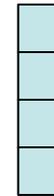


Strukturelement zum Schließen des Streifens

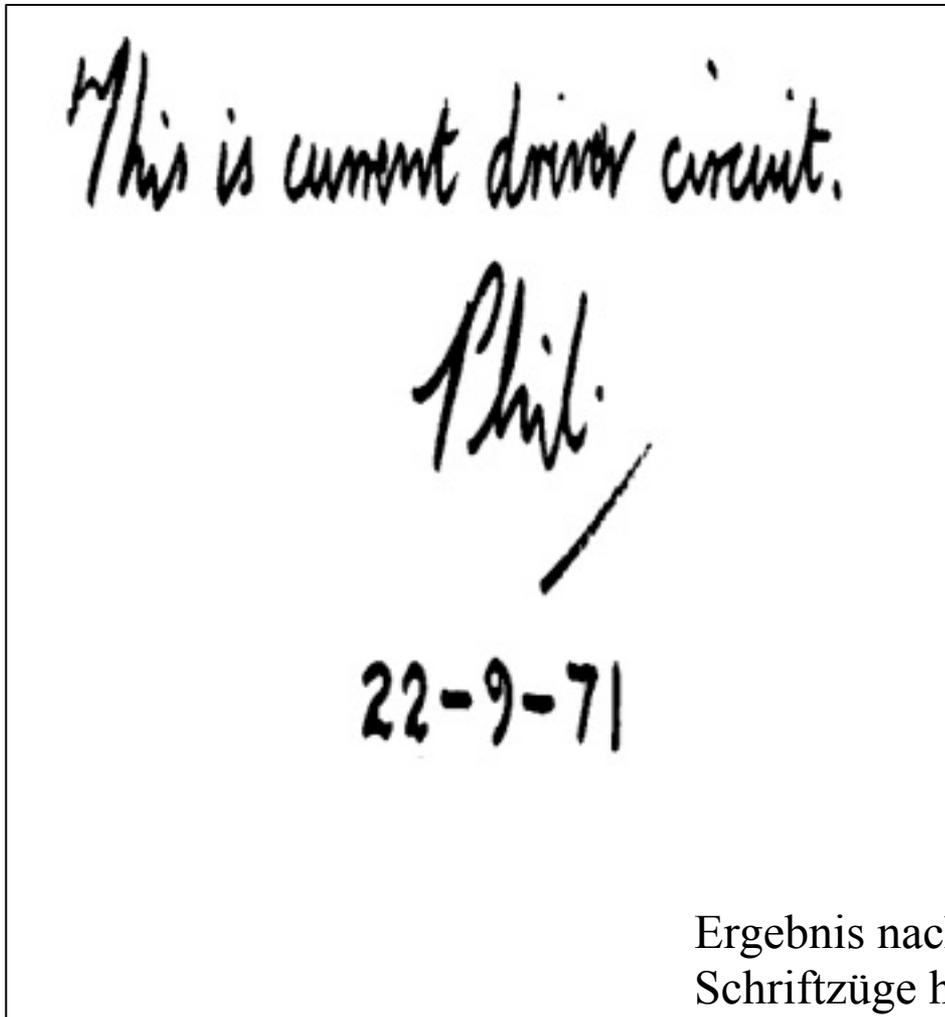


Ergebnis nach Dilatation: Streifen ist geschlossen

Gezielter Einsatz



Strukturelement zur Erosion
des zu breiten Schriftzugs

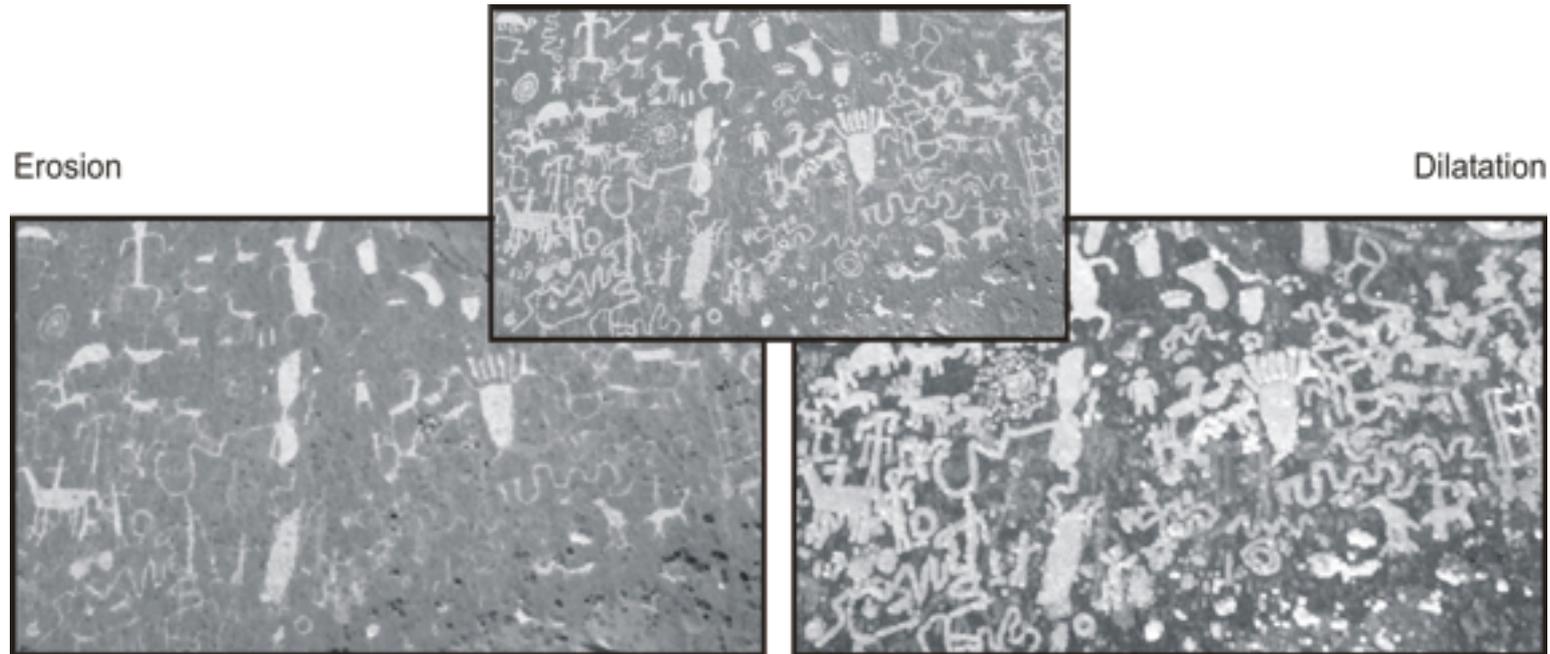


Ergebnis nach nachfolgender Erosion:
Schriftzüge haben ihre Ursprungsstärke

Morphologische Operationen auf Grauwertbildern

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

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



Opening and closing

Opening (Öffnen): Kombination von Erosion gefolgt von einer Dilatation 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 Opening and closing



Original

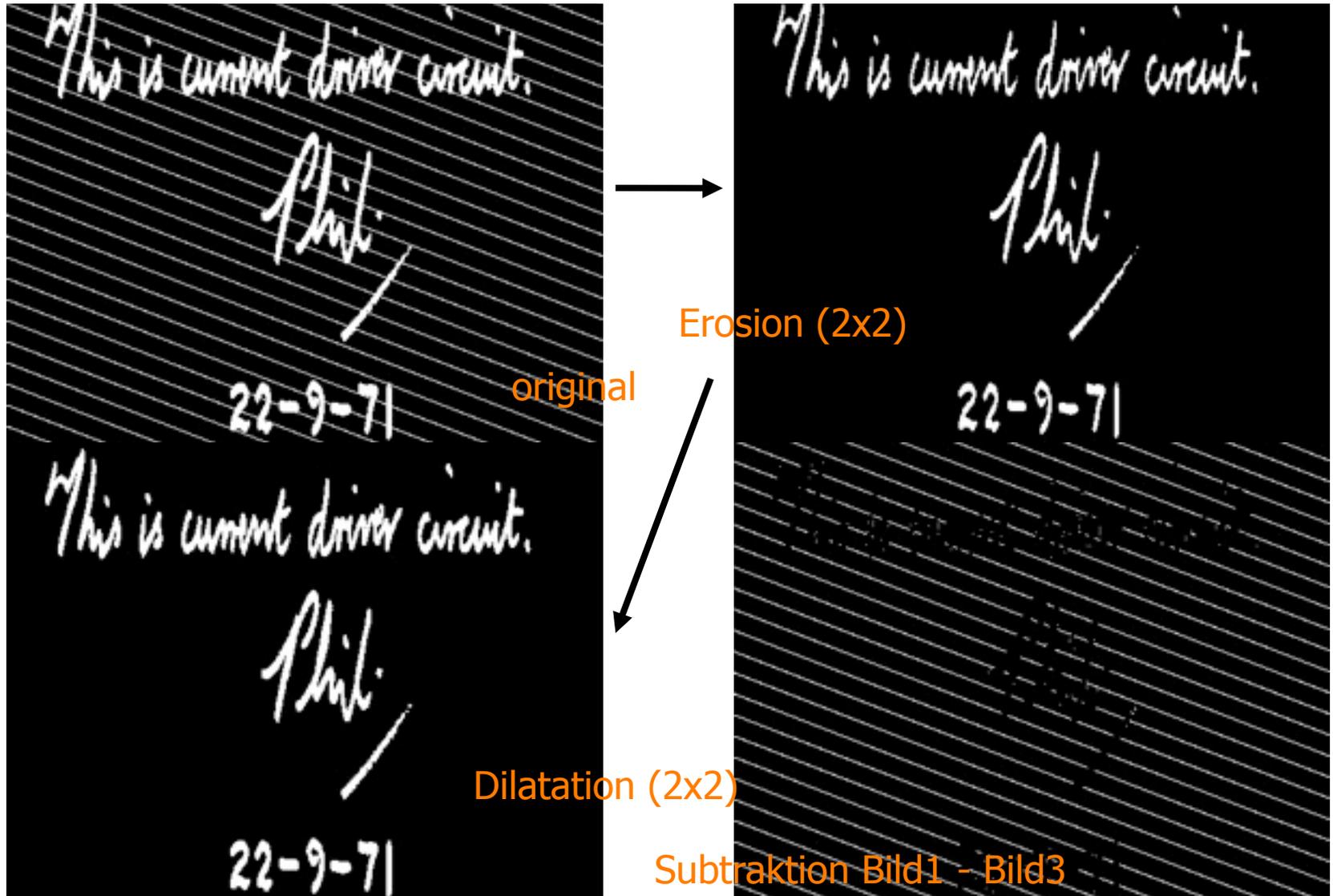


opening



closing

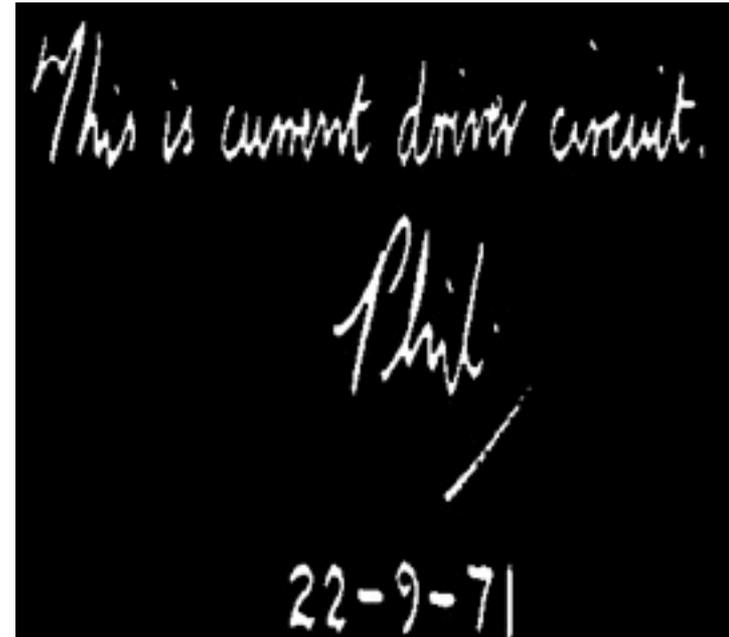
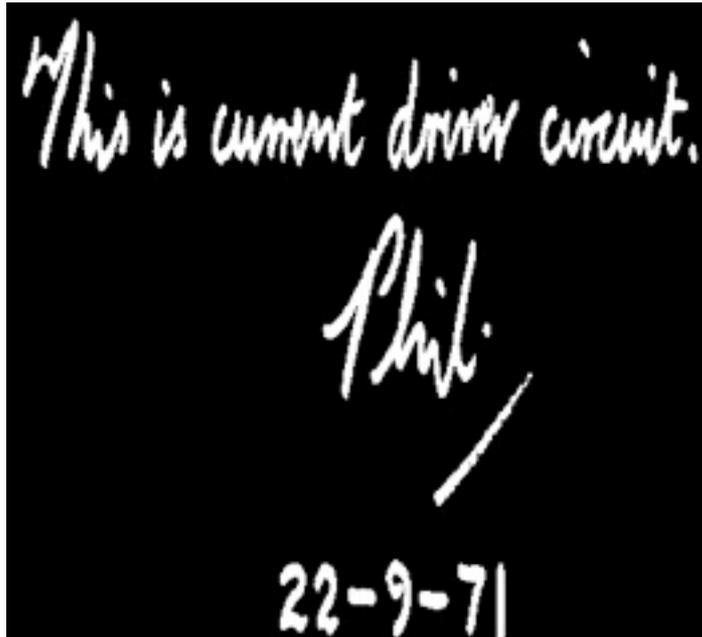
Entfernung von Linien



Extraktion von Rändern

$S_{b4} = \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$ $S_{b8} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$ 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: $\partial G = G \setminus (G \ominus S_b)$

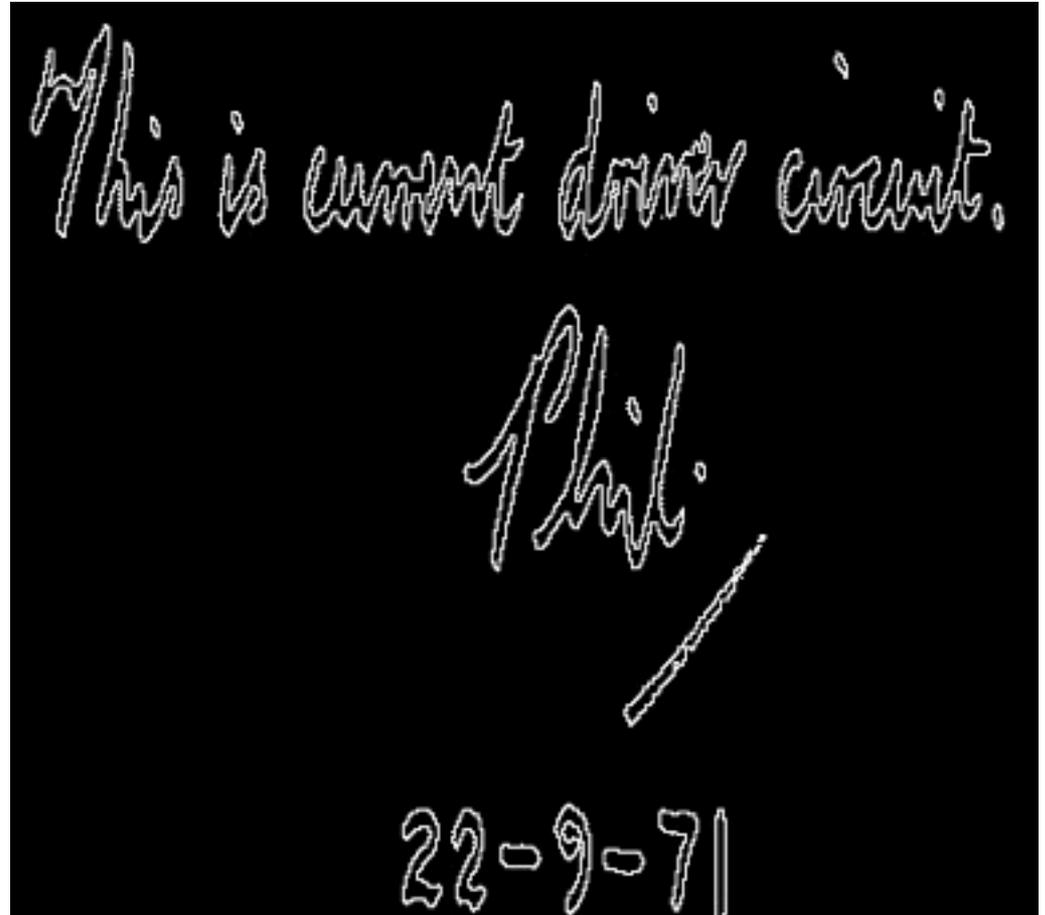


Extraktion von Rändern

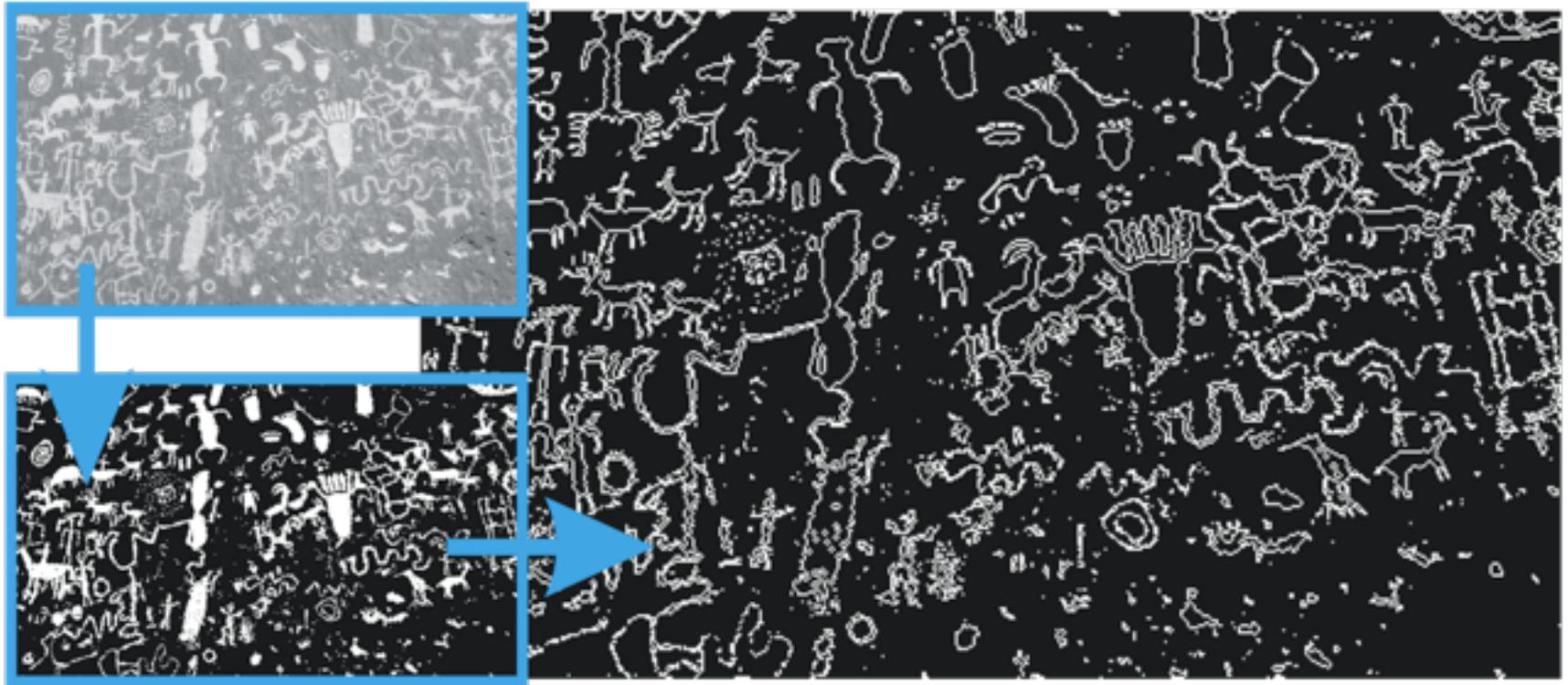
$$\begin{aligned}\partial G &= G \setminus (G \ominus M_b) \\ &= G \cap \overline{(G \ominus M_b)} \\ &= G \cap (G \oplus M_b)\end{aligned}$$

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:

$$\partial G_1 = (G \ominus S_b) \setminus (G \ominus S_b \ominus S_b)$$

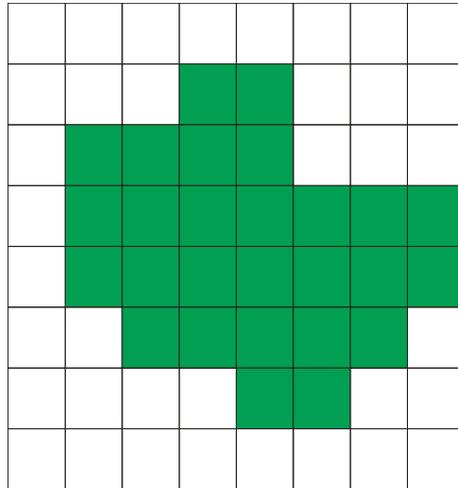
Menge aller Pixel, die den **Abstand 1** zum Rand haben.

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**:

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

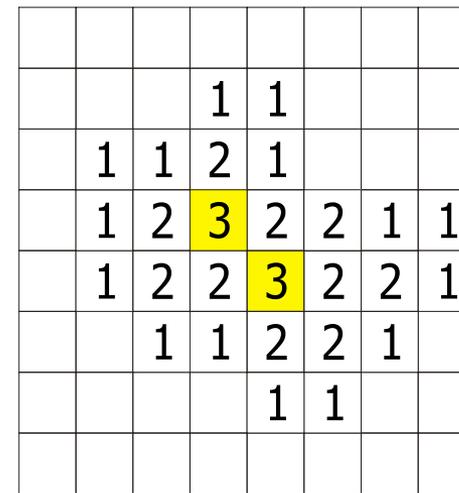
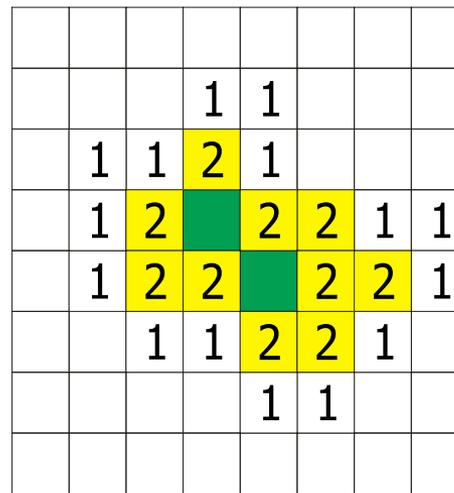
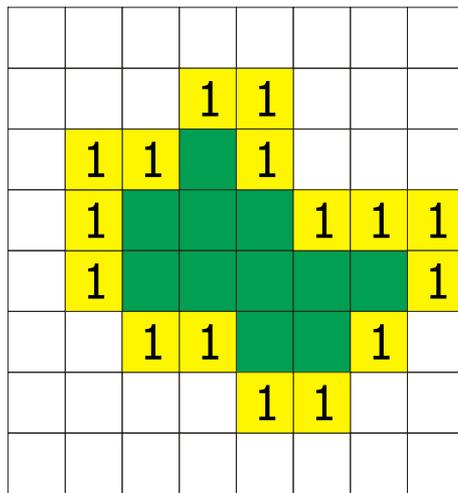
wobei die Operation \cdot die punktweise Multiplikation der n -ten Randkurve mit der Zahl n (dem aktuellen Abstand) darstellt.

Beispiel

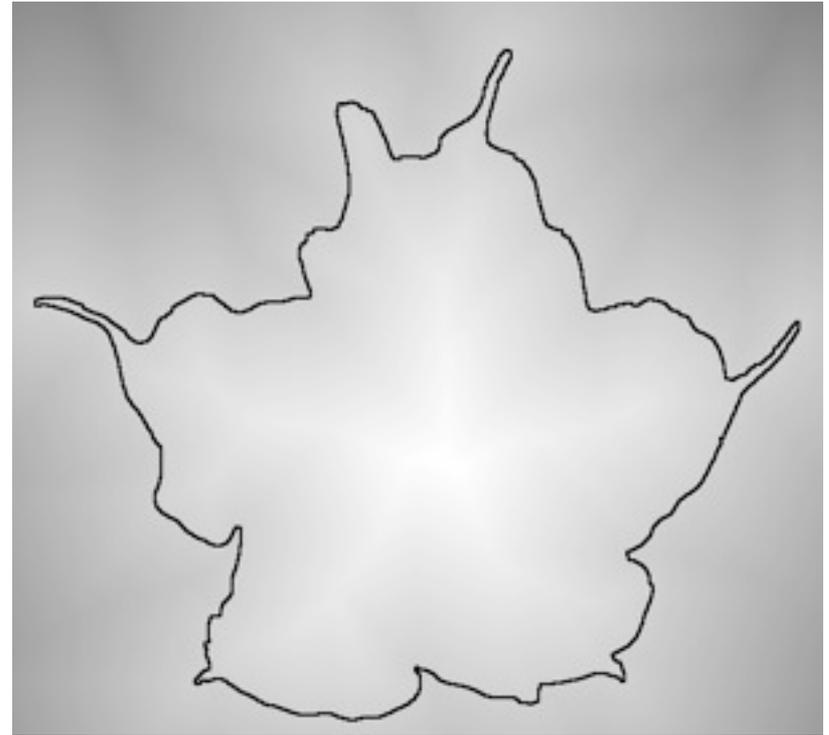
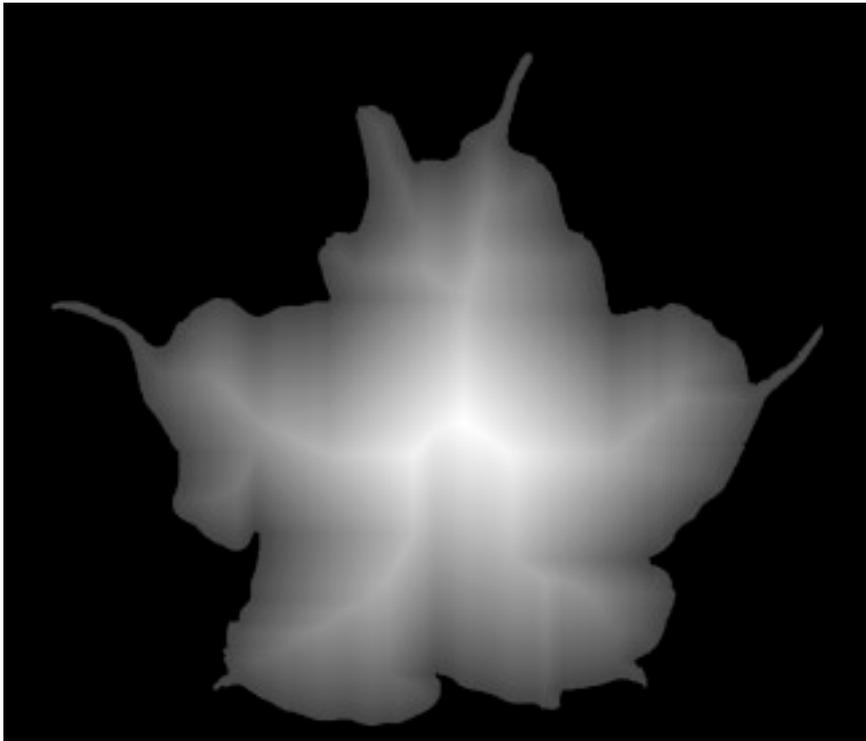


Originalbild

- Objektinneres (nach fortgesetzter Erosion)
- Randpixel nach der n-ten Erosion einschließlich Distanz



Beispiel



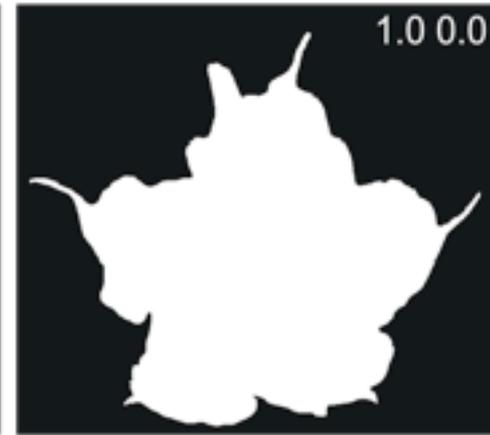
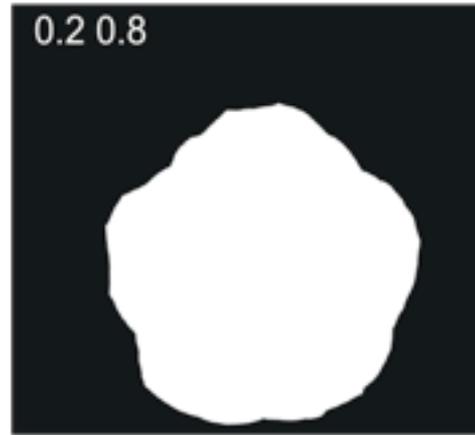
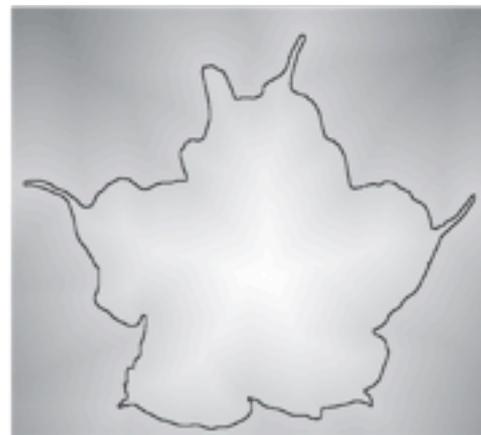
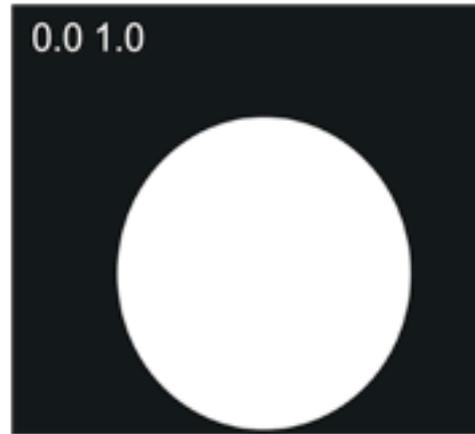
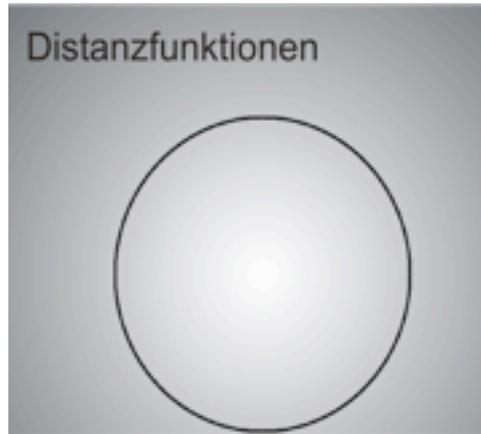
Morphing

- 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

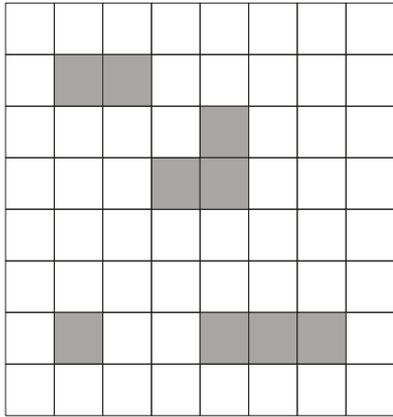
$$A_i = \frac{i \times A_B + (L - i) \times A_A}{L}$$

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

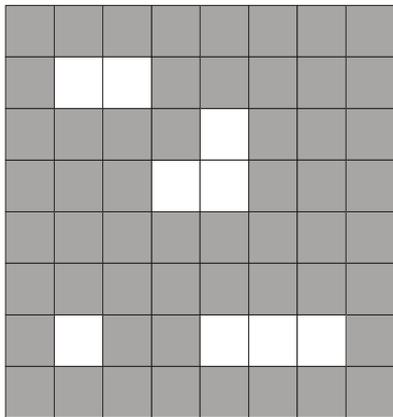
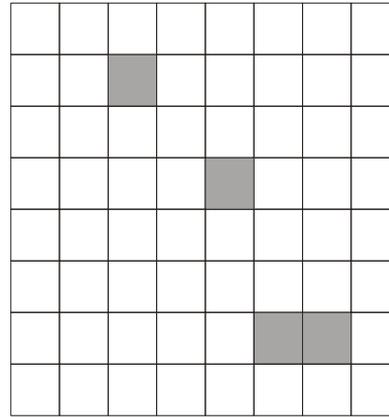
Beispiel



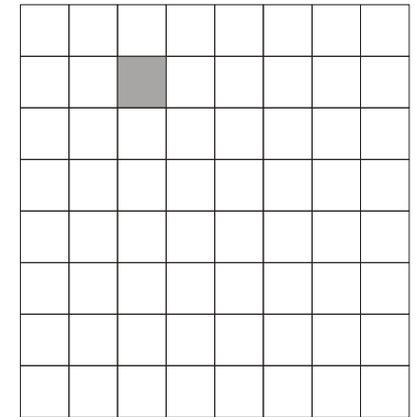
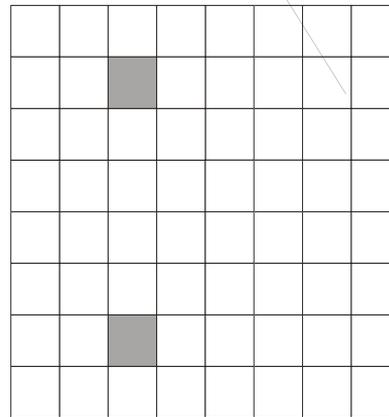
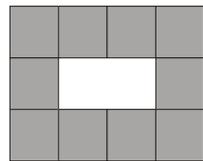
Hit-or-Miss Operator



Erodieren
mit



Erodieren
mit



Hit-or-Miss Operator

Hit-or-Miss Operator:

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

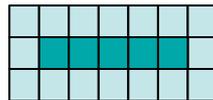
$$= (G \ominus S_1) \cap (G \oplus S_2)$$

mit $M_1 \cap M_2 = \emptyset$ (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

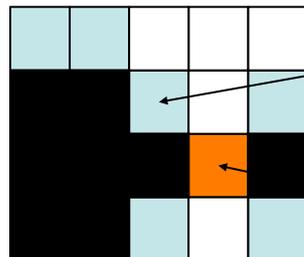
$M_C = \begin{matrix} x & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$

detektiert untere, rechte Ecken eines Objekts

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

findet alle Randpunkte von oben, die ein Objekt nicht teilen

würden, wenn sie entfernt würden.



Diese Punkte würden gefunden werden.

Diese Punkte würden nicht gefunden werden.

Zusammenfassung 2. Teil

- 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