

2D Graphik: Modellbasierte und interaktive Segmentierung

Vorlesung „2D Graphik“

Andreas Butz, Otmar Hilliges

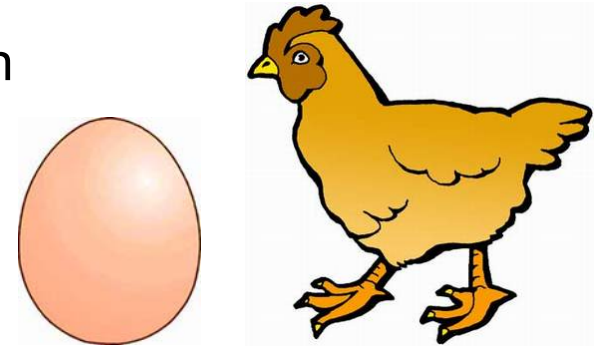
Freitag, 13. Januar 2006

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??

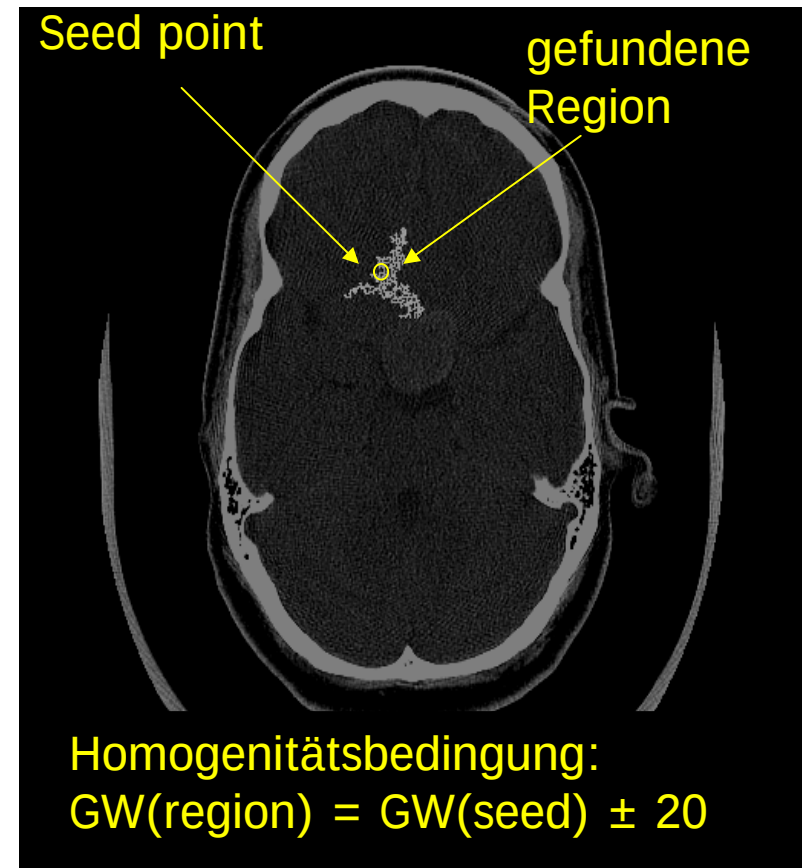


Modellbasierte Segmentierung: Mix aus Segmentierung und Analyse. Mit Vorwissen über ein bestimmtes Objekt wird nach Instanzen gesucht

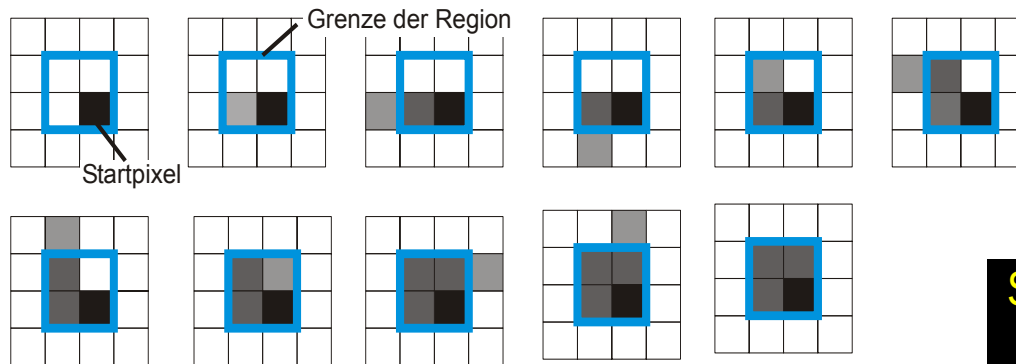
- Interaktive Suche: Benutzer gibt Vorwissen interaktiv ein
- Vollständige Suche: Instanzen eines Modells mit wenigen Parametern werden gesucht
- Iterative Suche: Instanzen eines Modells mit vielen Parametern werden gesucht.

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.

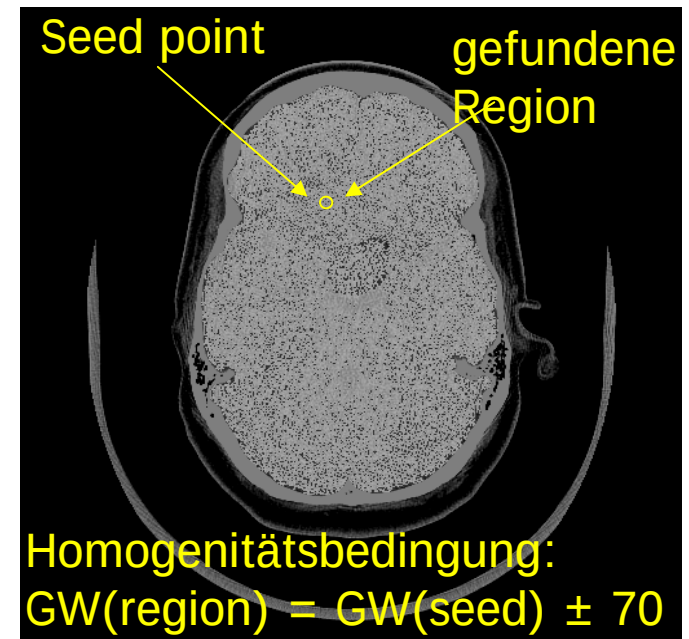


Region Growing

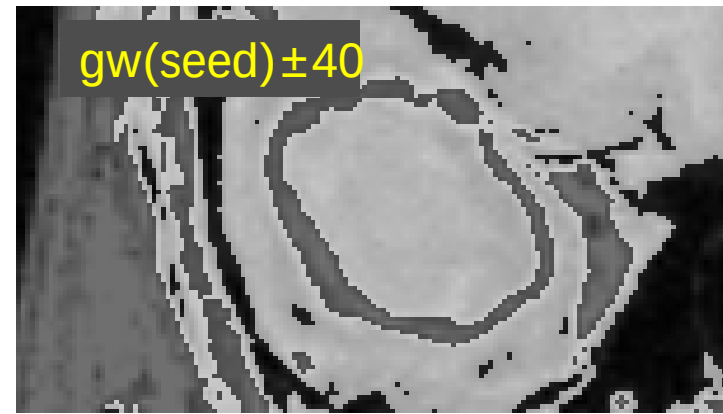
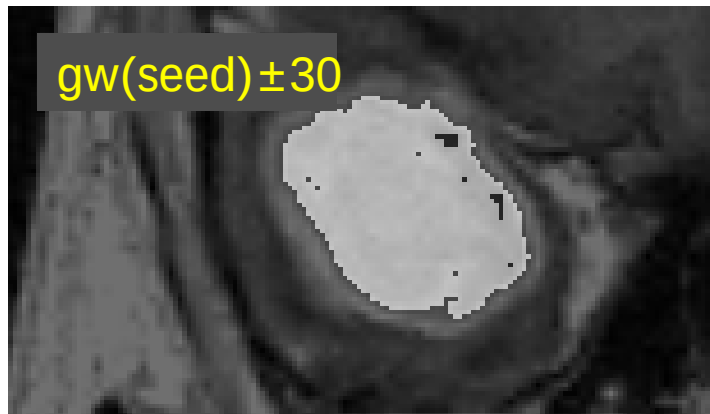
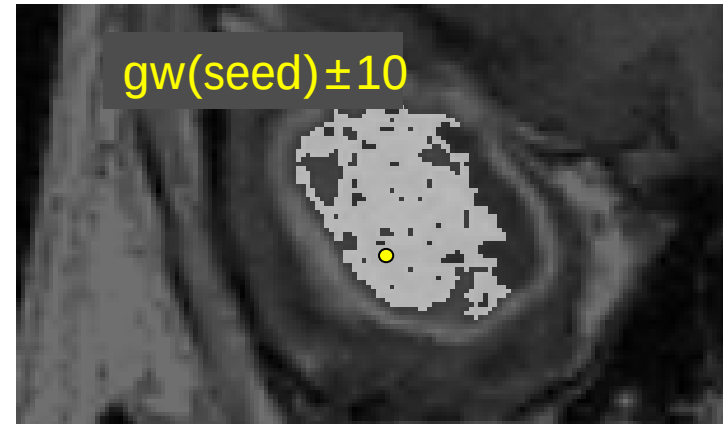
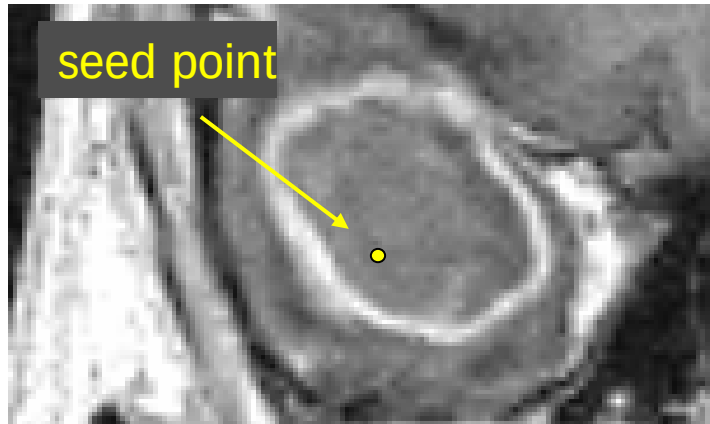


Probleme:

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



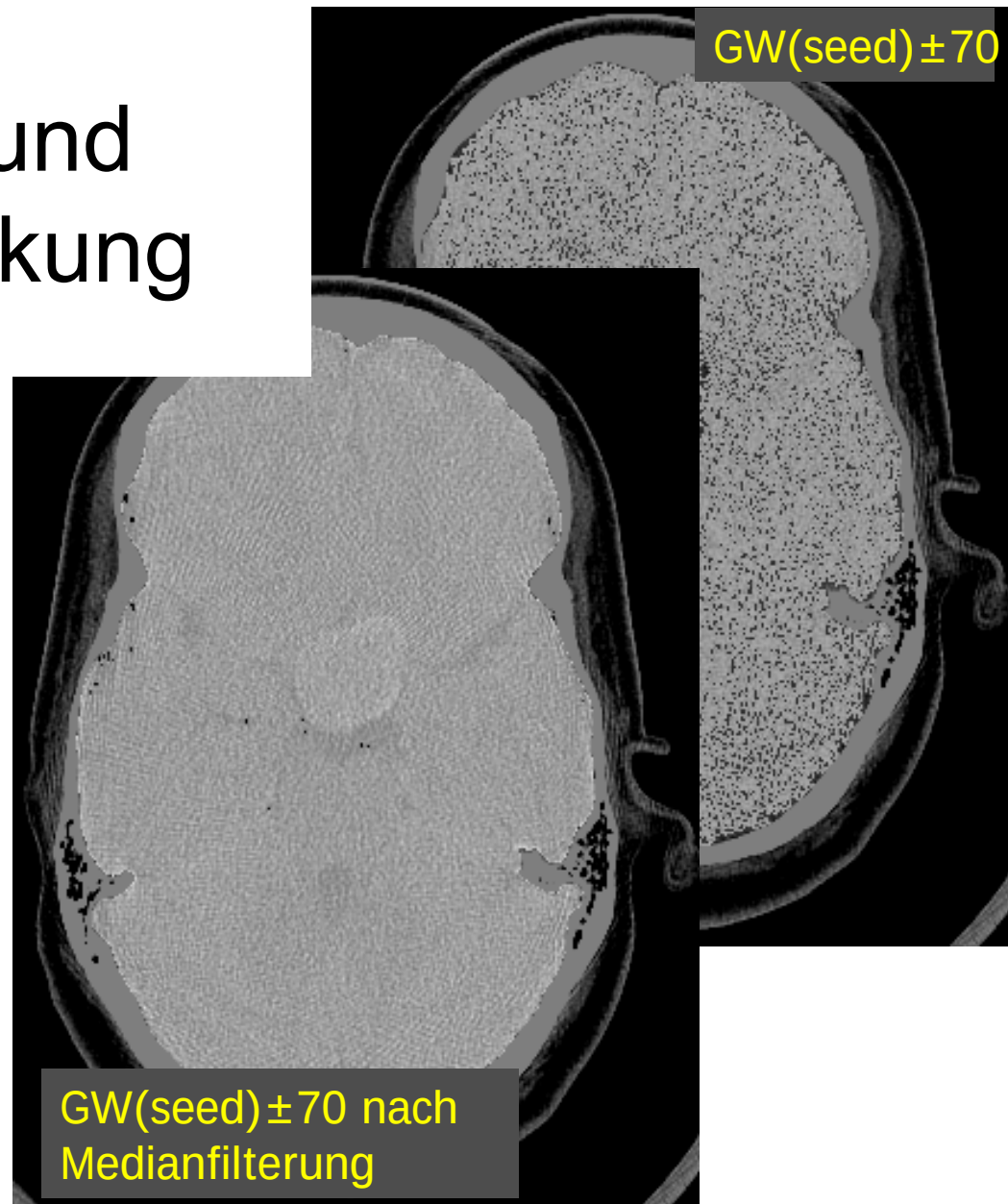
Auslaufen von Regionen



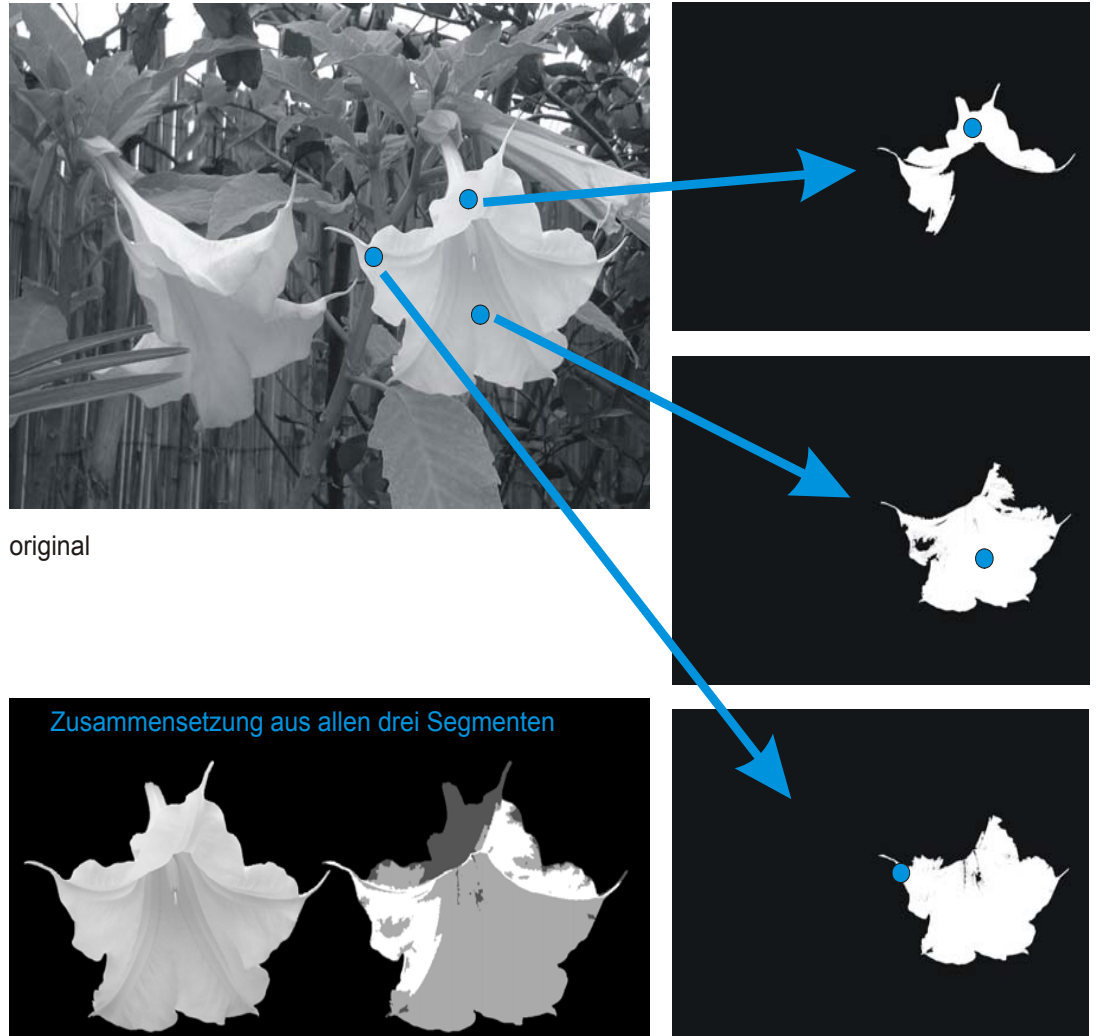
Region Growing und Rauschunterdrückung

Rauschen führt zu
Anfälligkeit der Methode

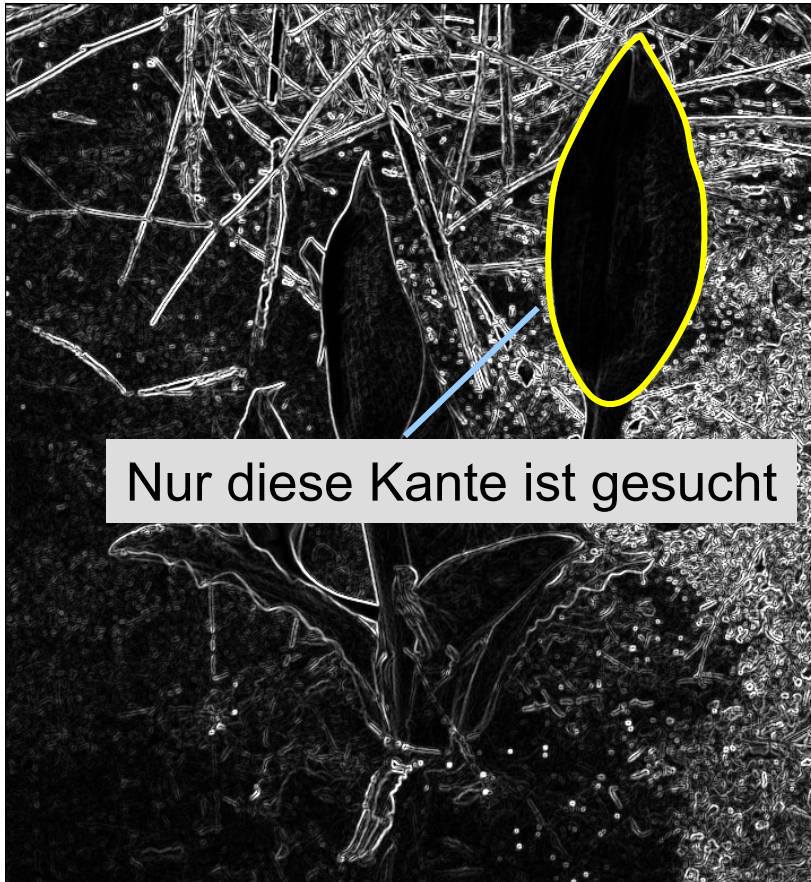
→ vorherige
Rauschunterdrückung
oder Nachverarbeitung



Mehrfaches Region Growing



Gezielte Kantensuche



Resultat der Kantenfilter:

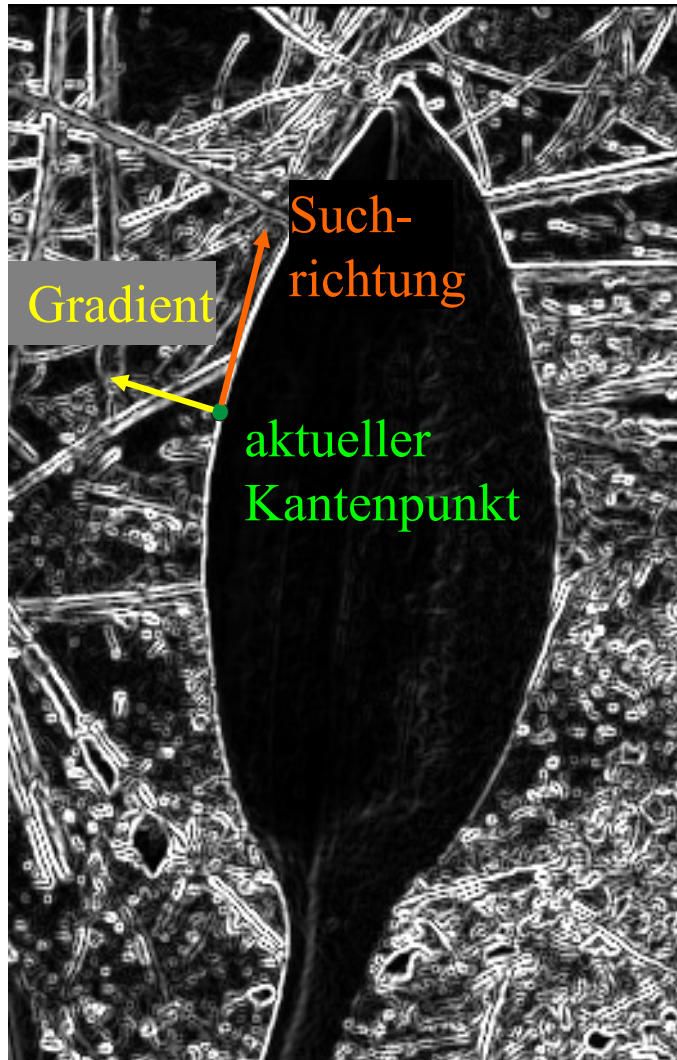
Liste von Kantenpunktkandidaten

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

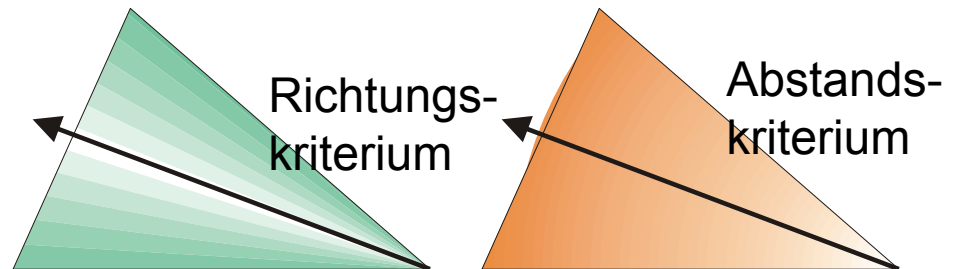
Strategien mit Nutzerinteraktion

- 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)

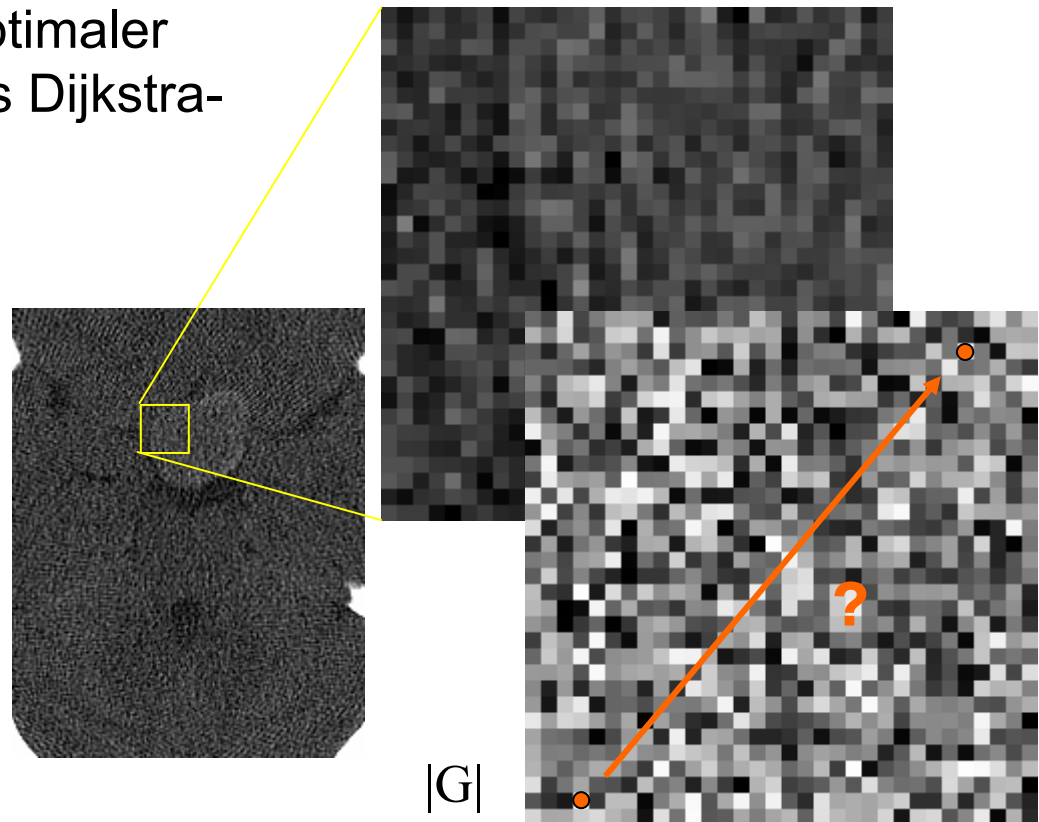
Das Resultat des Gradientenoperators wird als Graph aufgefasst, auf dem zwischen zwei Punkten ein optimaler Pfad gesucht wird (z.B. mittels Dijkstra-Algorithmus).

Vorteil:

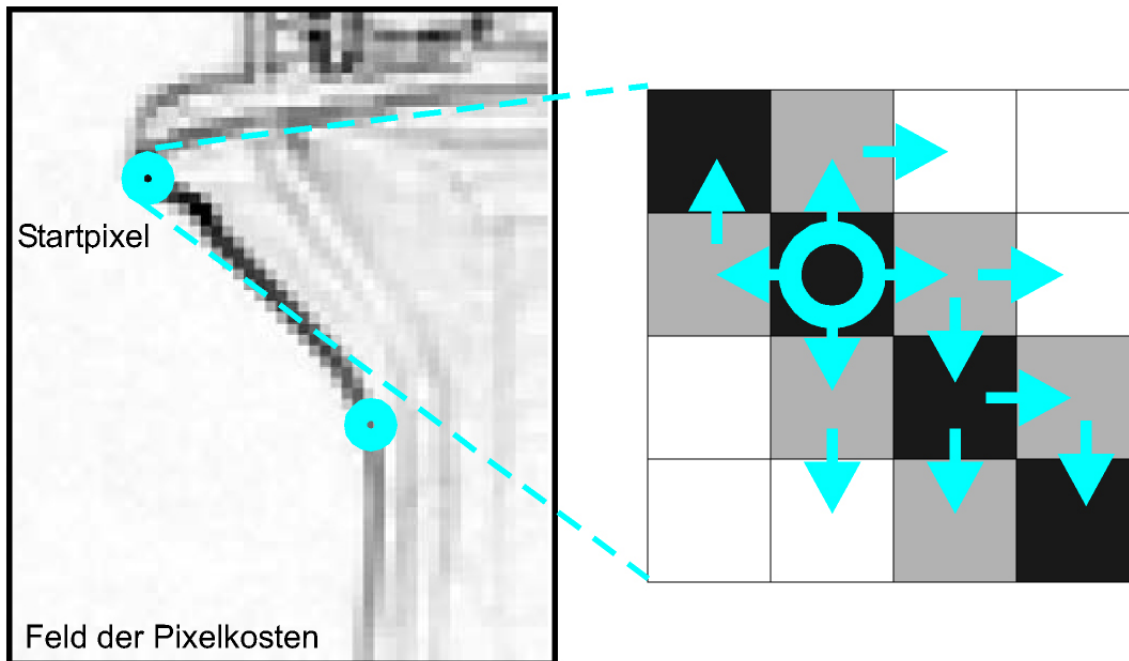
Globale Aspekte des Kantenzugs können eingebracht werden.
(z.B. Glattheitsbedingungen)

Nachteil:

Aufwand ist größer als bei
Kantenverfolgung.



Optimale Kantenzüge (Graphensuche)



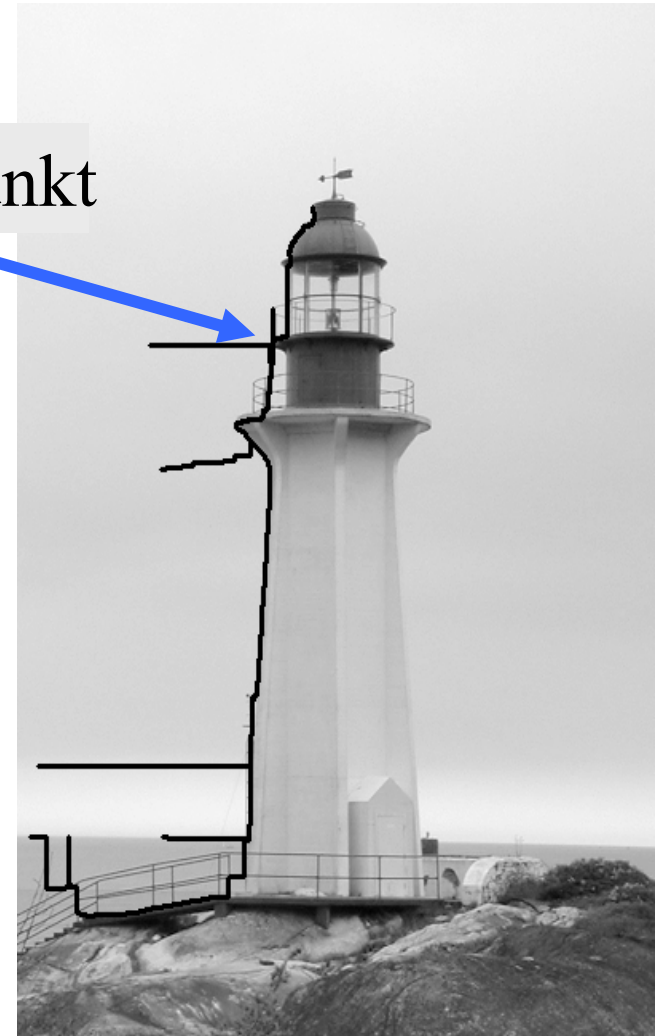
Optimalitätskriterien:

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

Resultate



Startpunkt

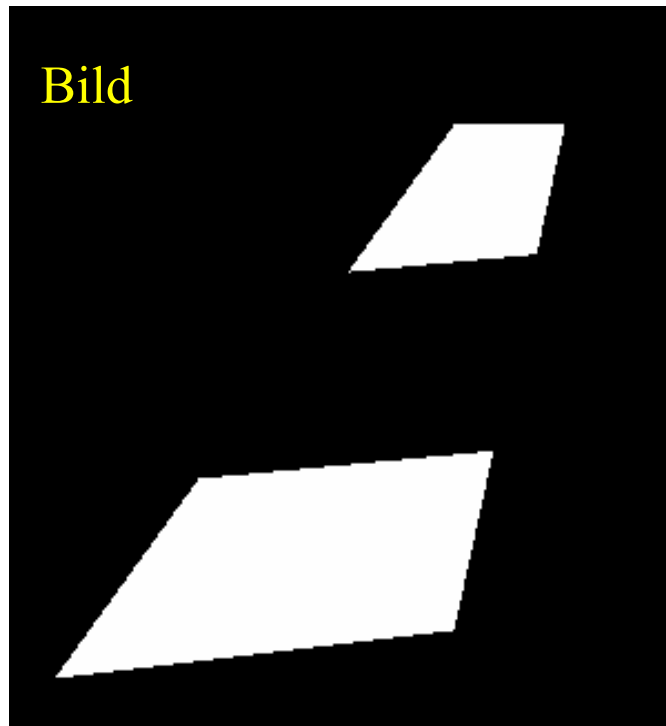


Template Matching

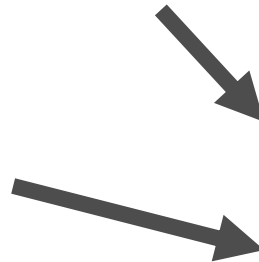
Segmentierung durch vollständige Suche:

- Gezielte Suche nach einer vorgegebenen Form.
- Für jeden Ort im Bild wird ein Abstandsmaß zwischen Form und Bild berechnet.
- Der Ort, an dem das Maß am höchsten ist, ist die gesuchte Position des Objekts.
- Abstandsmaße zwischen Bild $f(x,y)$ und template $t(x,y)$:
 - MAD: mean absolute difference:
$$\text{MAD}(x,y) = 1/MN \cdot \sum_{xy} |f(x+m,y+n) - t(x,y)|$$
 - Korrelationskoeffizient $cc(x,y)$

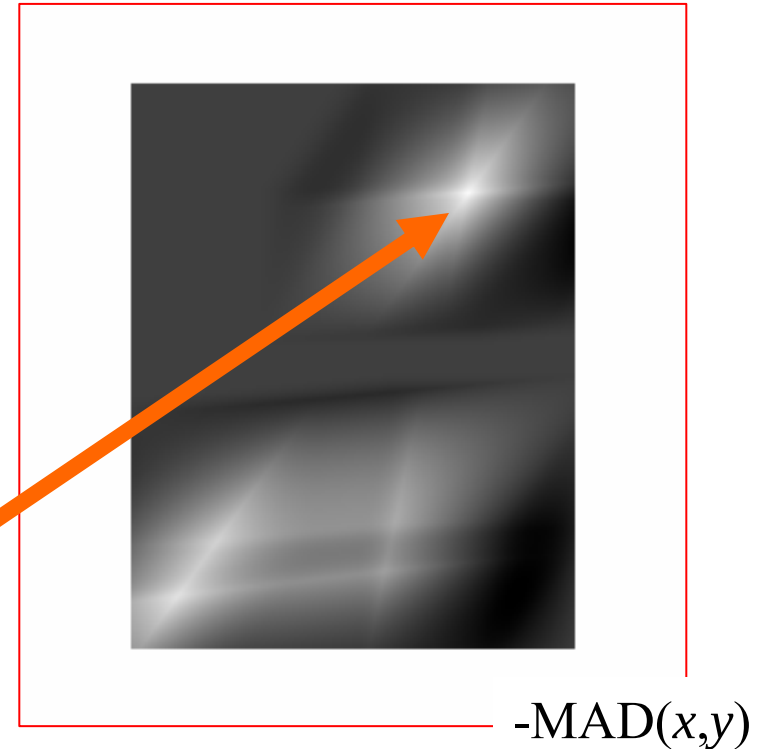
Template Matching



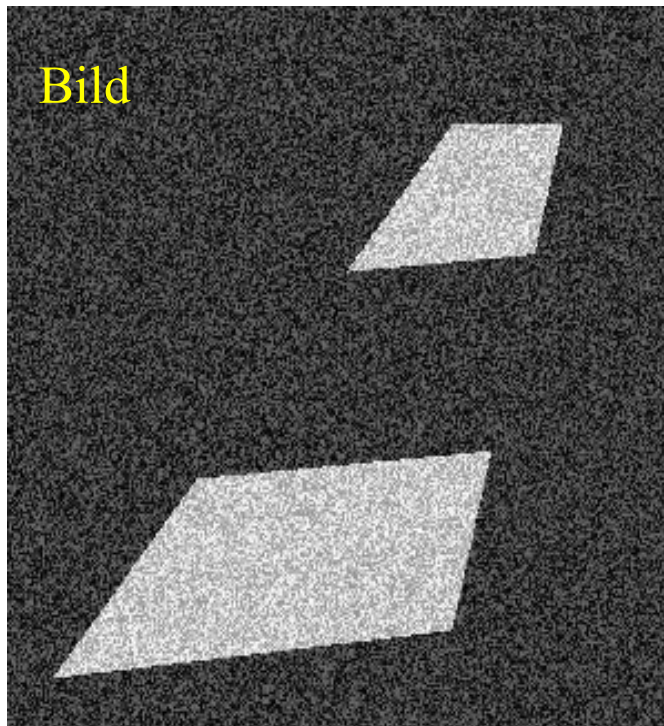
Template



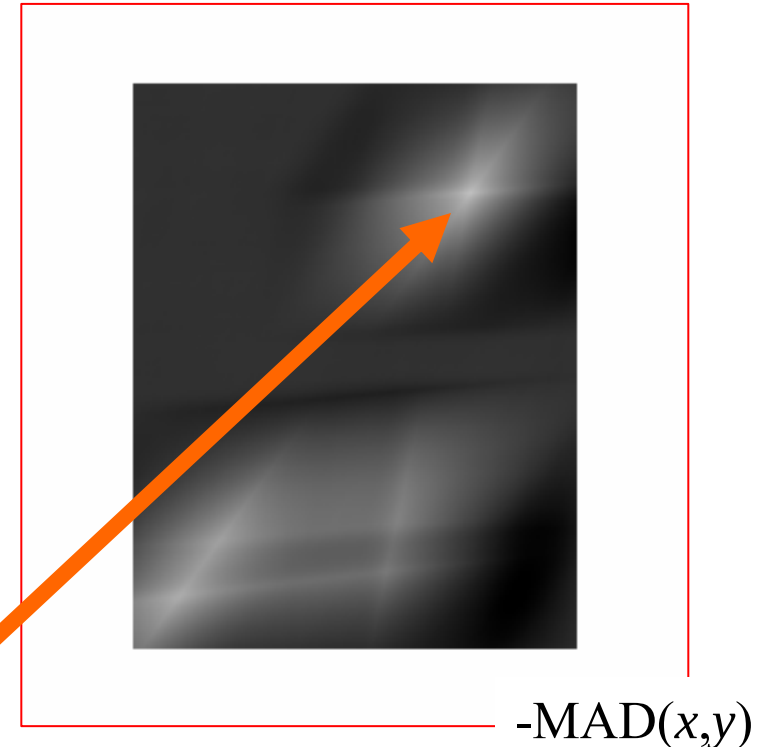
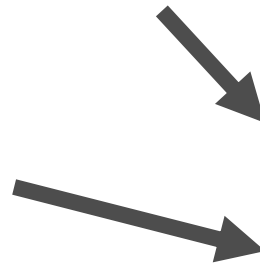
Maximum ist im
Mittelpunkt der
gesuchten Struktur.



Template Matching - Rauschen

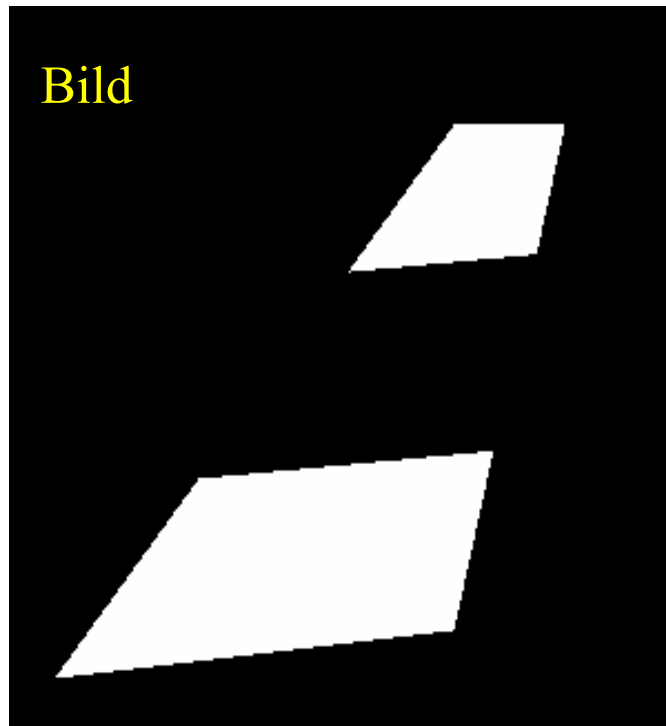


Template T_{org}

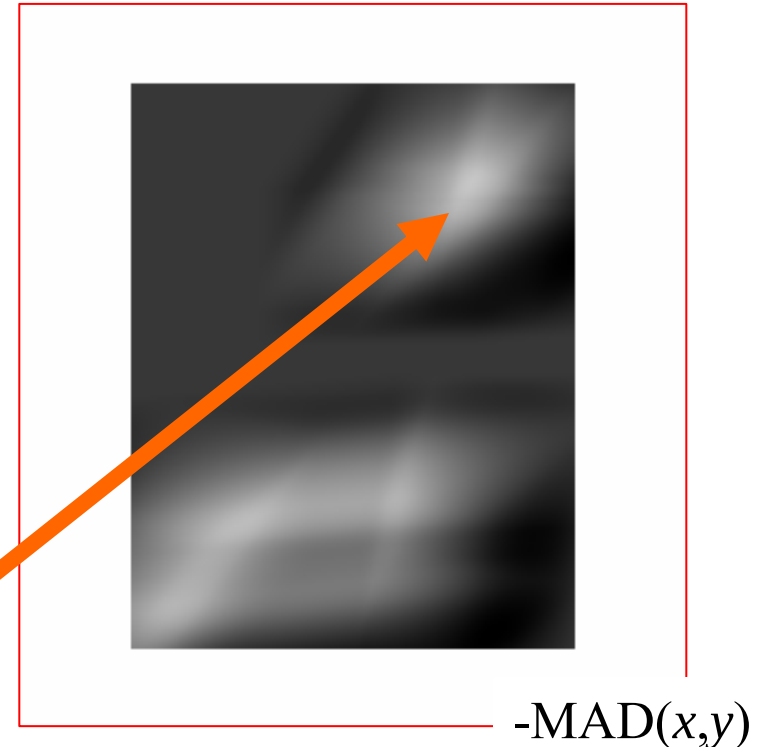
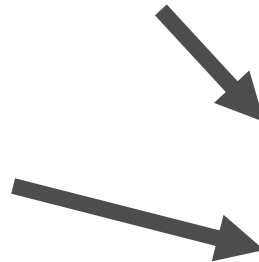


Wegen der integrierenden Komponente
ist Template Matching unempfindlich
gegenüber Rauschen

Template Matching - Probleme

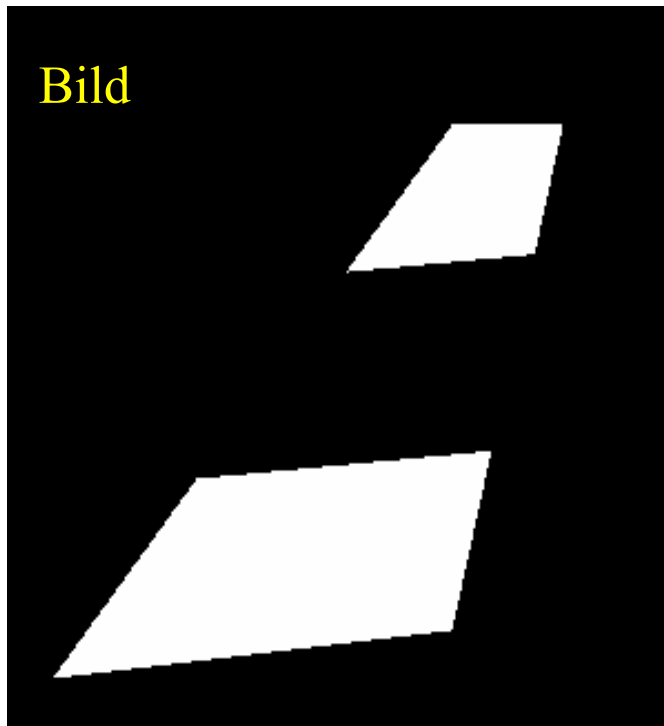


Template ($\text{Rot}[T_{org}, 15^\circ]$)

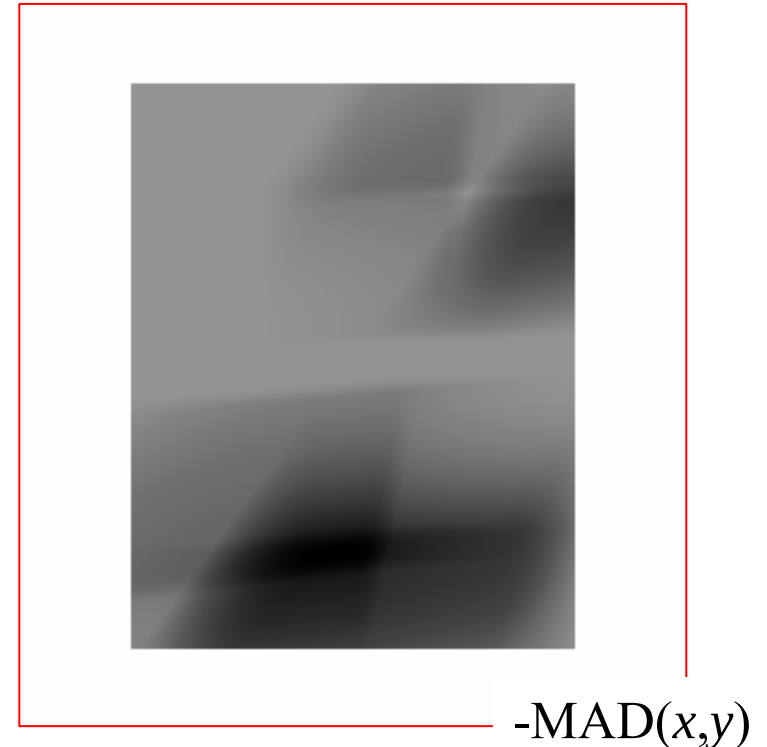
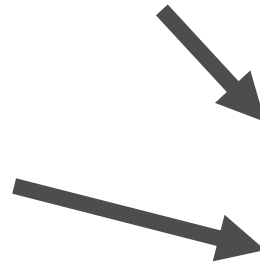


Match ist nicht perfekt: Werte der lokalen Maxima gleichen sich an.

Template Matching - Probleme

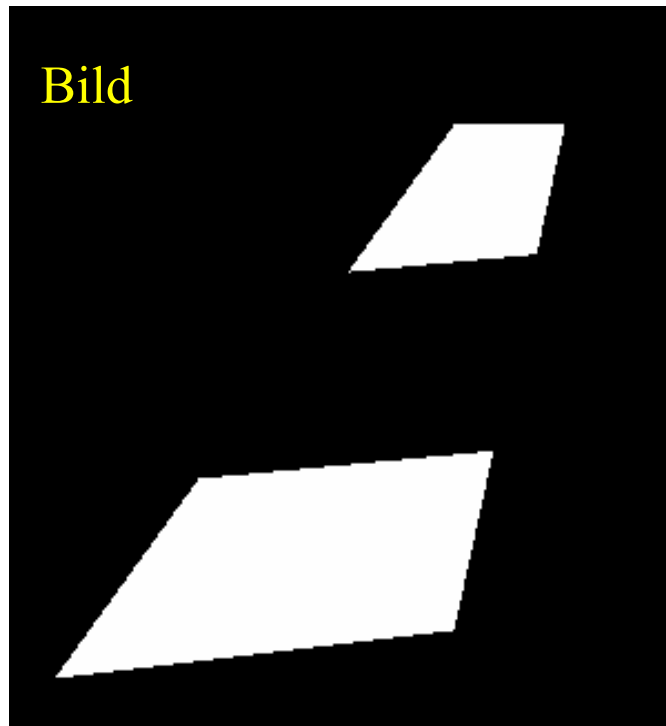


Template ($0.5 \cdot T_{org}$)

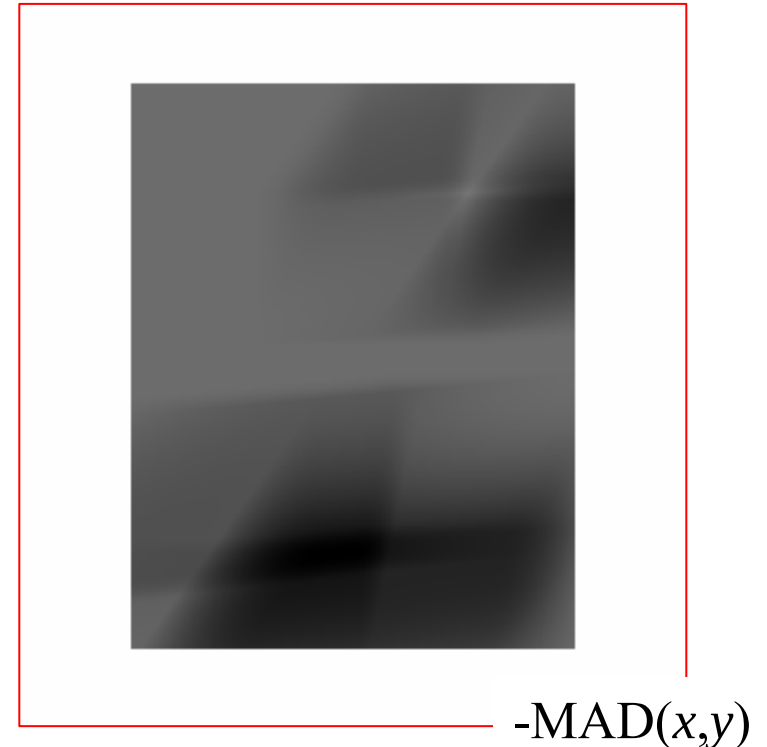
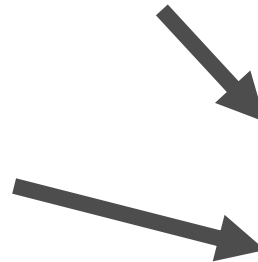


Falsch skalierte Grauwerte des
Template: Lokale Maxima beginnen
zu verschwinden.

Template Matching - Probleme



Template ($T_{org}-120$)



Falscher Durchschnittsgrauwert:
Lokale Maxima beginnen zu
verschwinden.

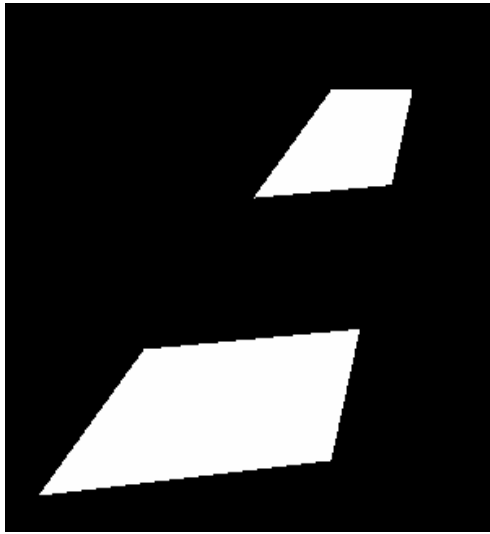
Korrelationskoeffizient

- Der Korrelationskoeffizient zwischen zwei Funktionen f und g ist ein Wert zwischen 1 und -1 .
- Der Korrelationskoeffizient ist definiert als $c = \frac{\sigma(f, g)}{\sigma(f) \cdot \sigma(g)}$,

wobei $\sigma(f)$, $\sigma(g)$ die Standardabweichungen von f und g , sowie $\sigma(f, g)$ die Kovarianz zwischen f und g ist

- Der Korrelationskoeffizient
 - ist 1, falls es einen positiven Skalar s gibt, so dass $f=s \cdot g$.
 - Ist -1 , falls es einen negativen Skalar s gibt, so dass $f=s \cdot g$.
 - Ist 0, falls f und g voneinander linear unabhängig sind.
- Der Korrelationskoeffizient ist damit als Ähnlichkeitsmaß unempfindlich gegenüber Skalierungen und Mittelwertveränderungen des Template.

Template Matching mit Korrelationskoeffizient



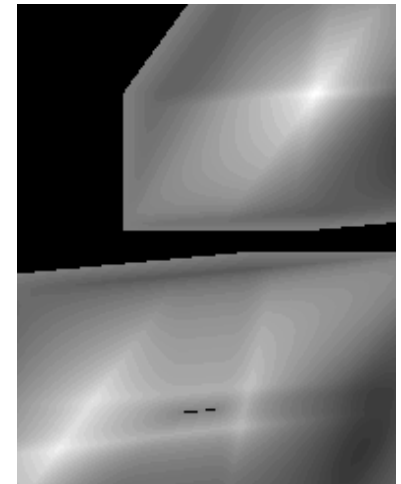
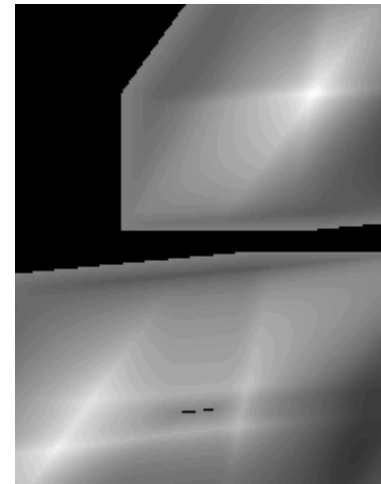
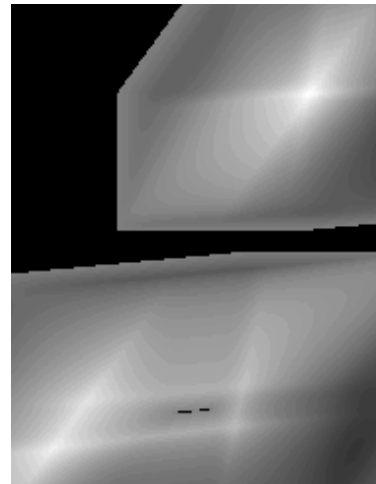
T_{org}



$0.5 T_{org}$



$T_{org} - 120$



Resultate der Korrelation mit optimalem, skalierten und geminderten Templatewerten

Korrelation durch FFT

$$c(m, n) = \frac{\sigma(f, t)}{\sigma(f) \cdot \sigma(t)} = \frac{\sum_{i,j} (f(i+m, j+n) - \mu_f)(t(i, j) - \mu_T)}{\sigma(f) \cdot \sigma(T)}$$

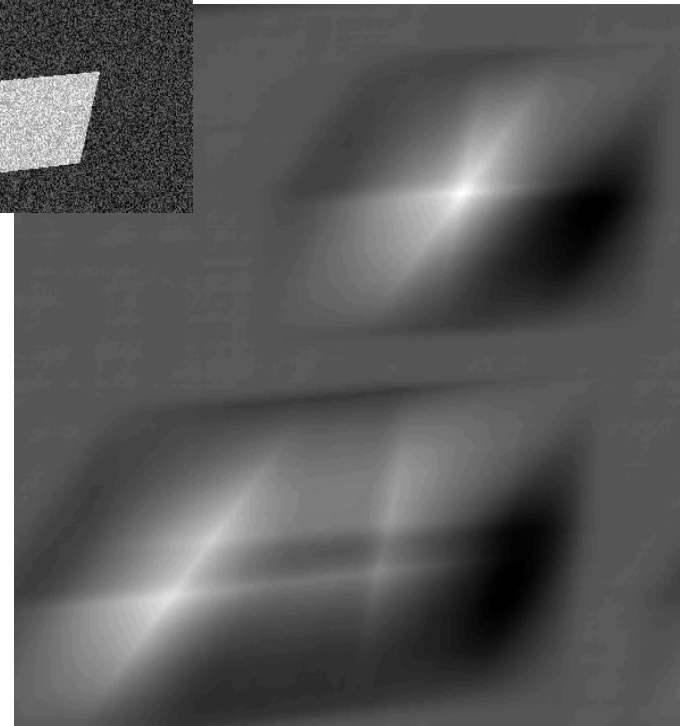
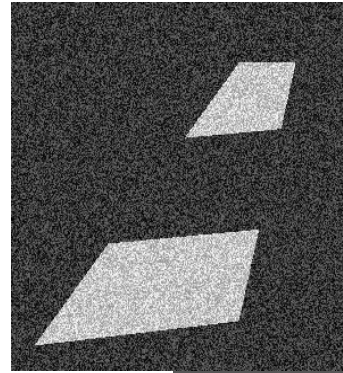
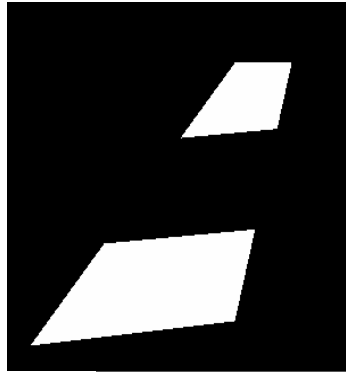
Für $\mu_T=0$ kann die Korrelation durch die Kovarianz abgeschätzt werden¹:

$$c_F(m, n) = \sum_{i,j} (f(i+m, j+n) - \mu_f) \cdot (t(i, j) - \mu_T) = \sum_{i,j} f(i+m, j+n) \cdot t(i, j)$$

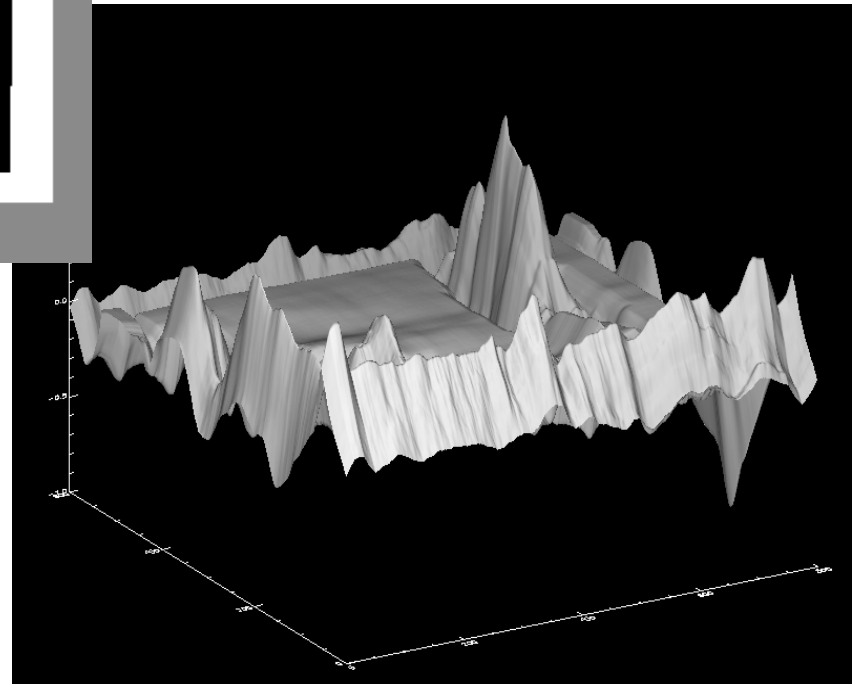
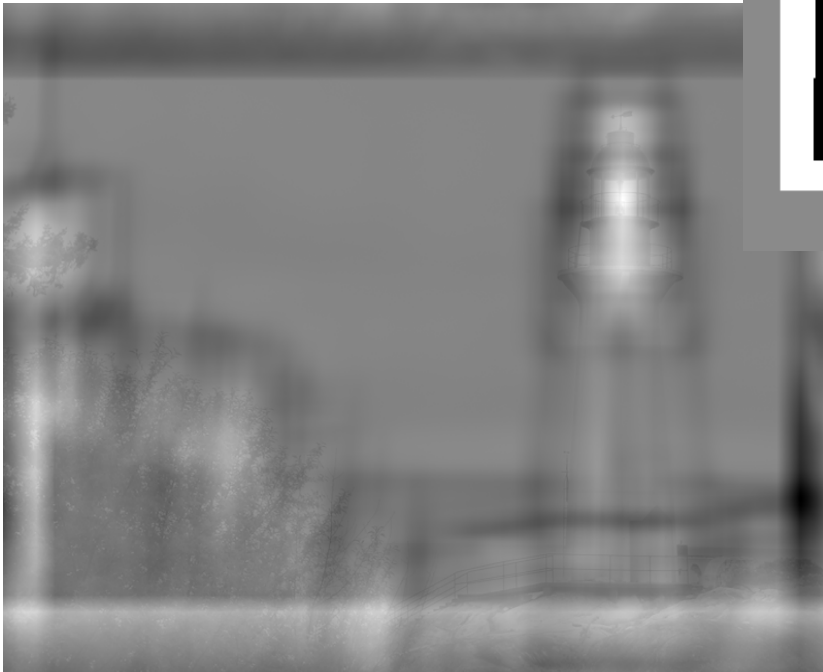
$$FT(c_F(m, n)) = F(u, v) \cdot T^*(u, v)$$

¹bis auf einen von Standardabweichungen von Template und überdeckter Region abhängigen Skalierungsfaktor.

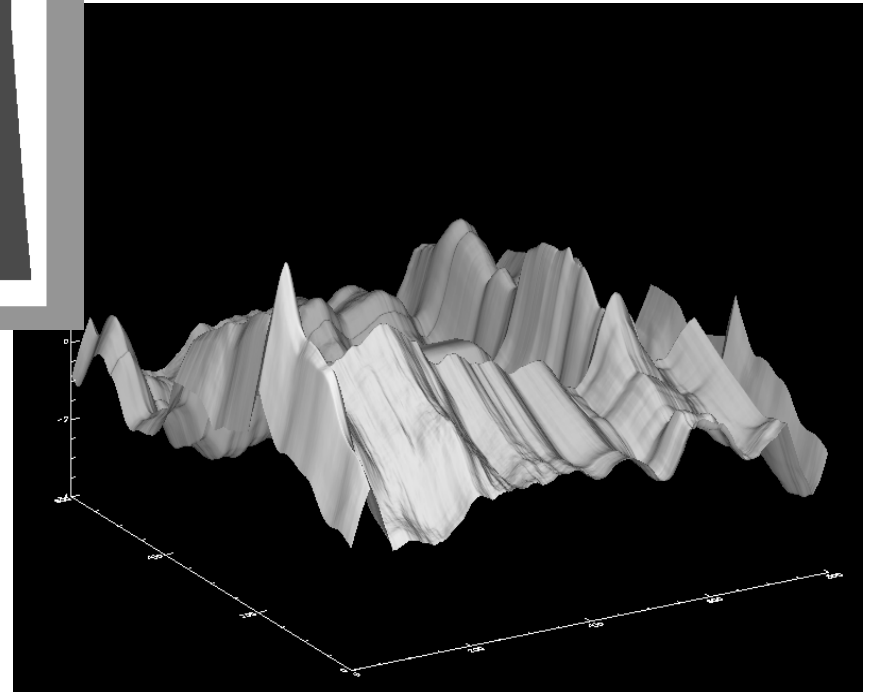
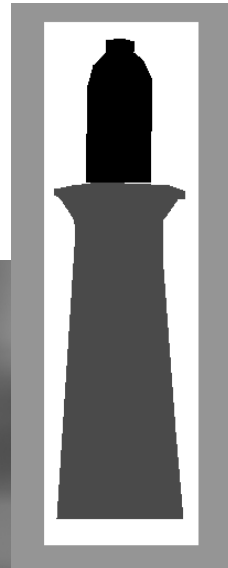
Korrelation durch FFT

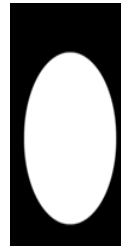


Resultate

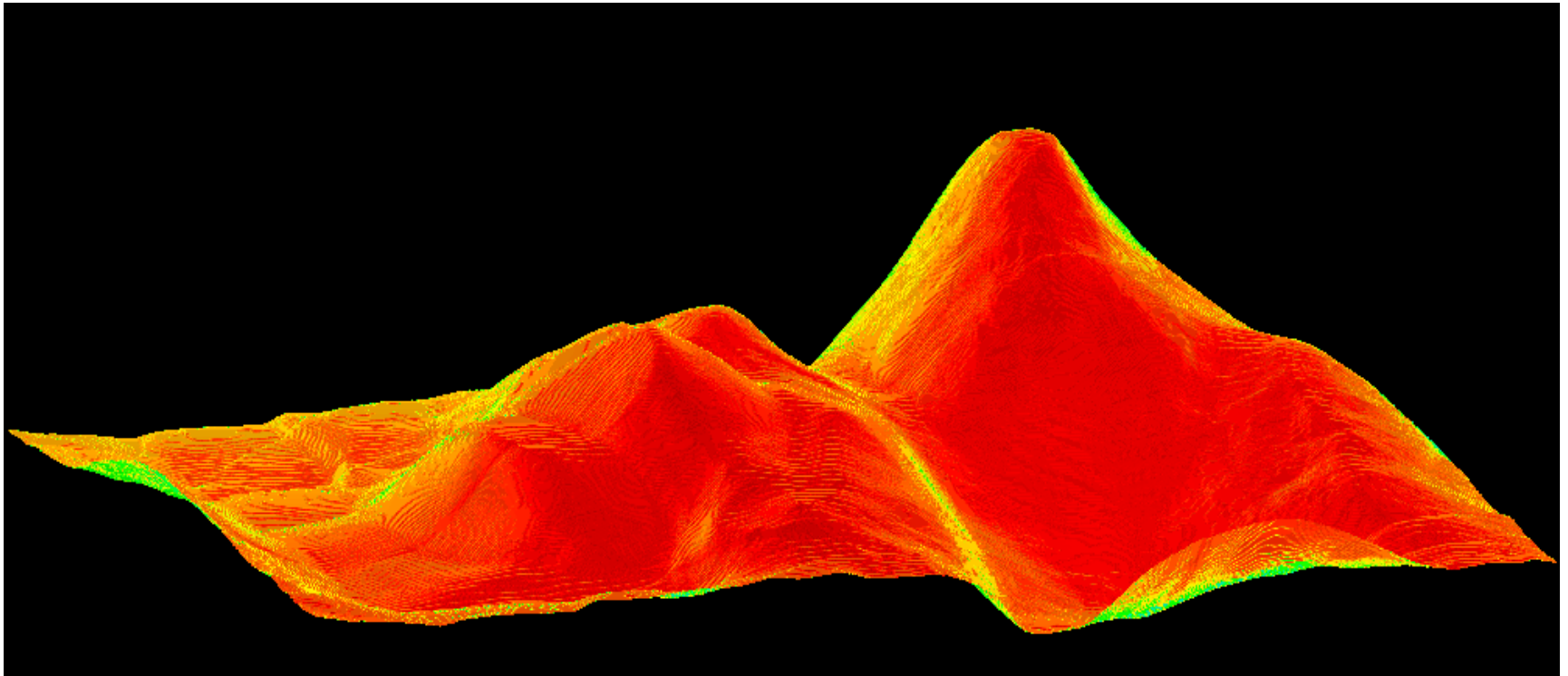


Resultate





Resultate



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.

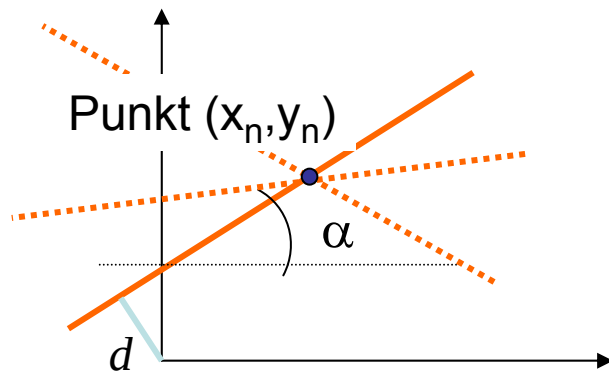
Hough-Transformation:

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

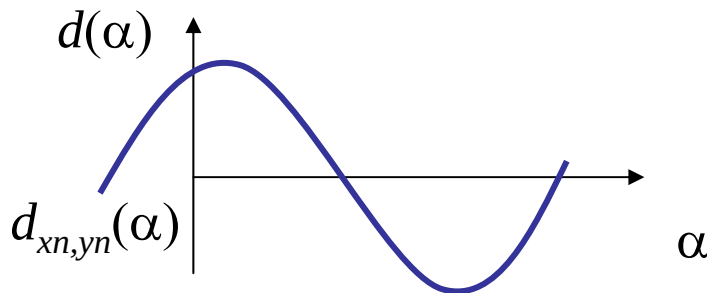


Hough-Transformation:

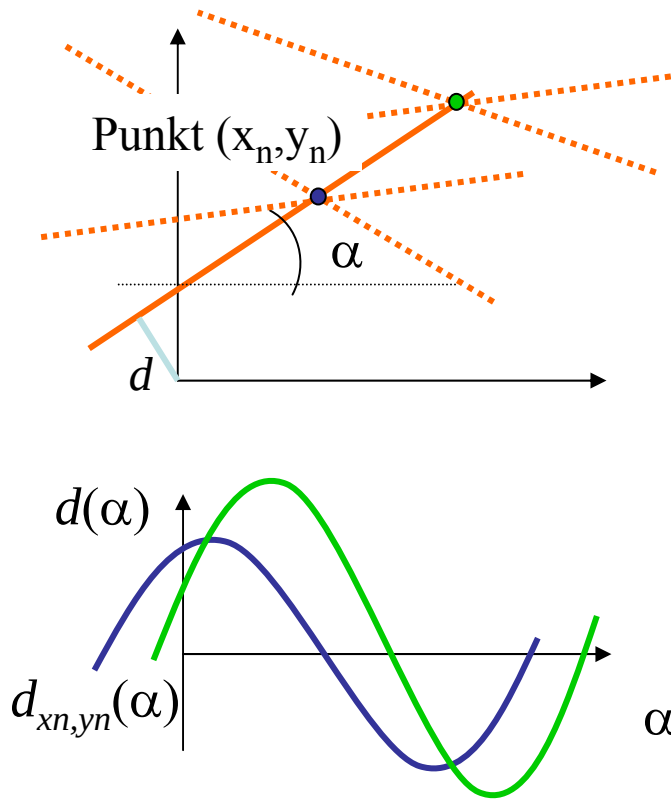
Suche alle Parameter (α, d) für Geraden, die durch einen Punkt (x_n, y_n) gehen

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

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

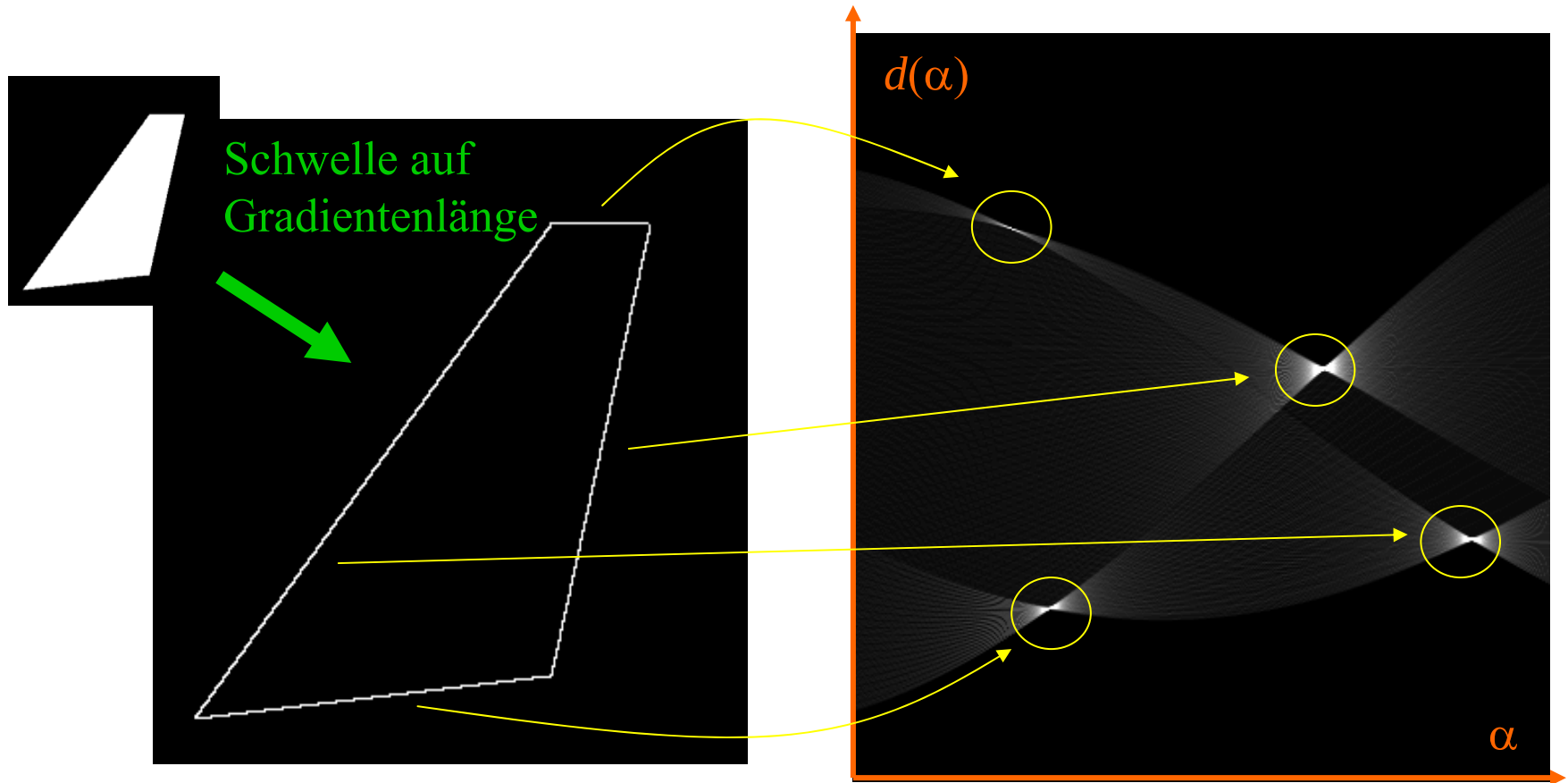


Berechnung der HT



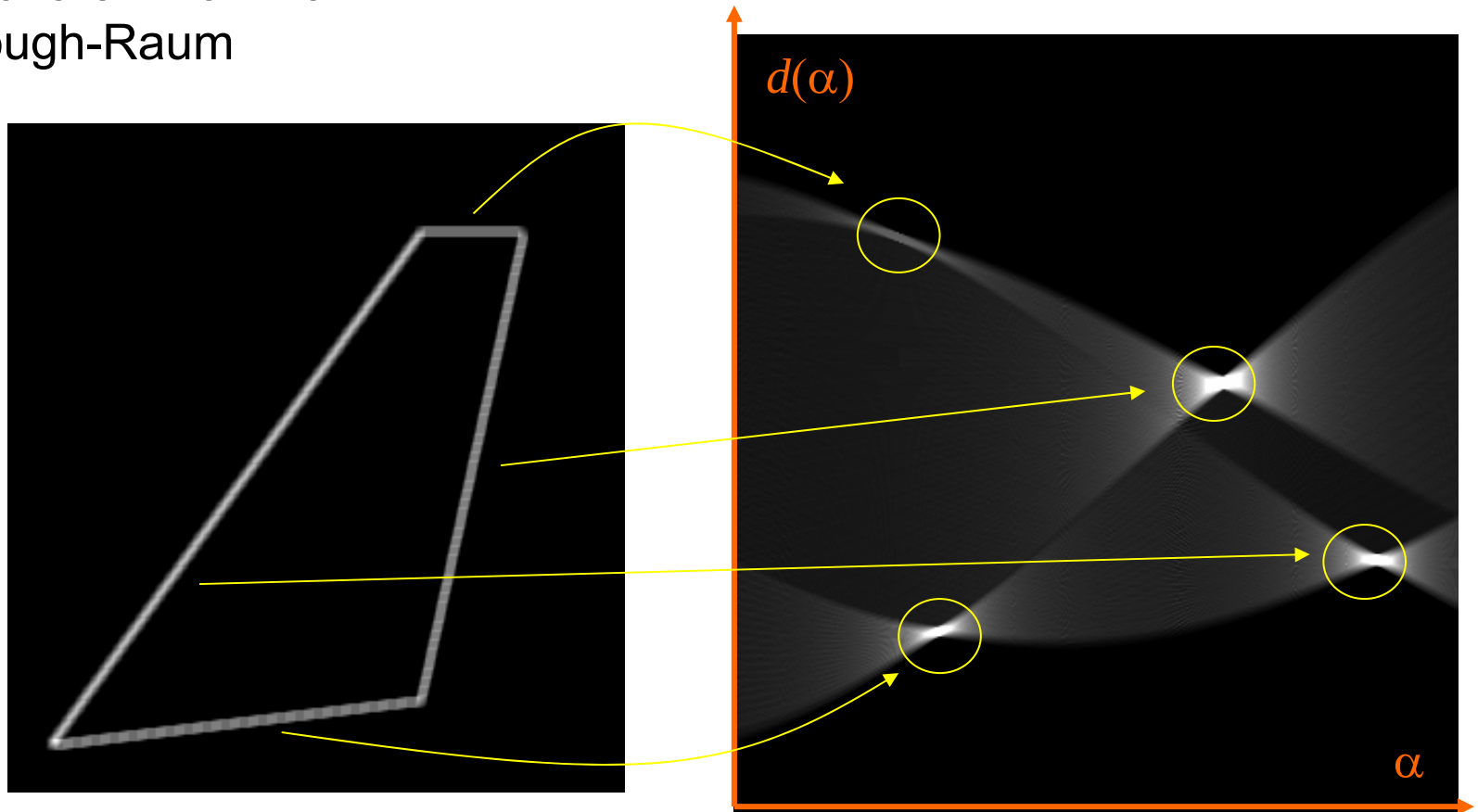
- Erzeugung eines Kantenbilds durch Schwellenwertsetzung auf Gradientenlängen.
- Diskretisierung des (α, d) -Raums (Zerlegung in Akkumulatoren)
- Für jeden Punkt x_n, y_n wird eine Kurve im (α, d) -Raum diskretisiert.
- Jeder Akkumulator wird inkrementiert, sobald eine Kurve durch in verläuft.
- Parameter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

Hough Transformation



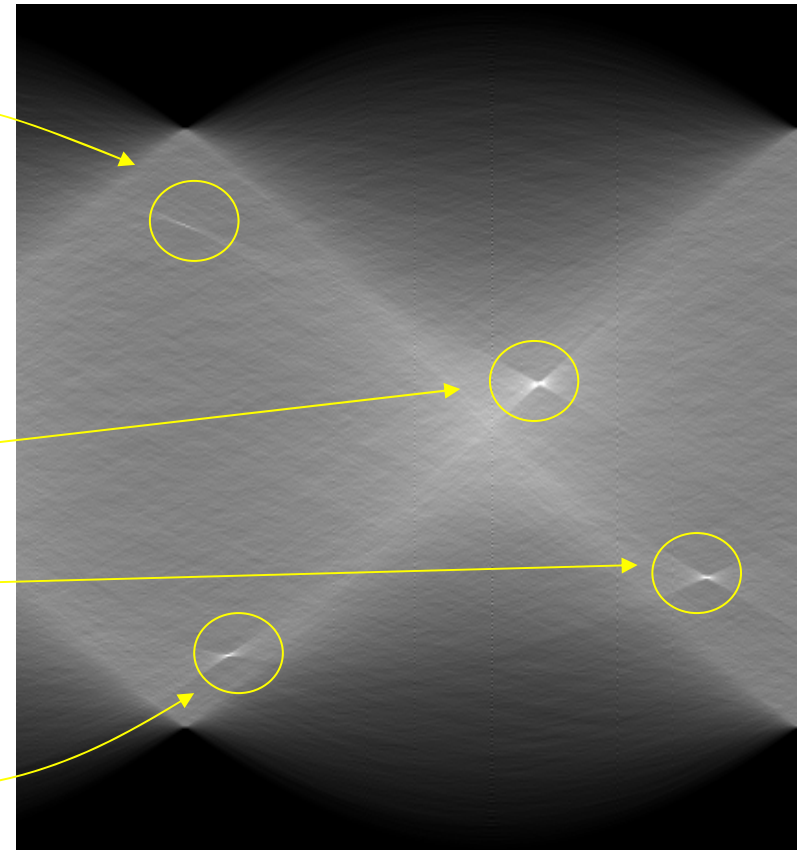
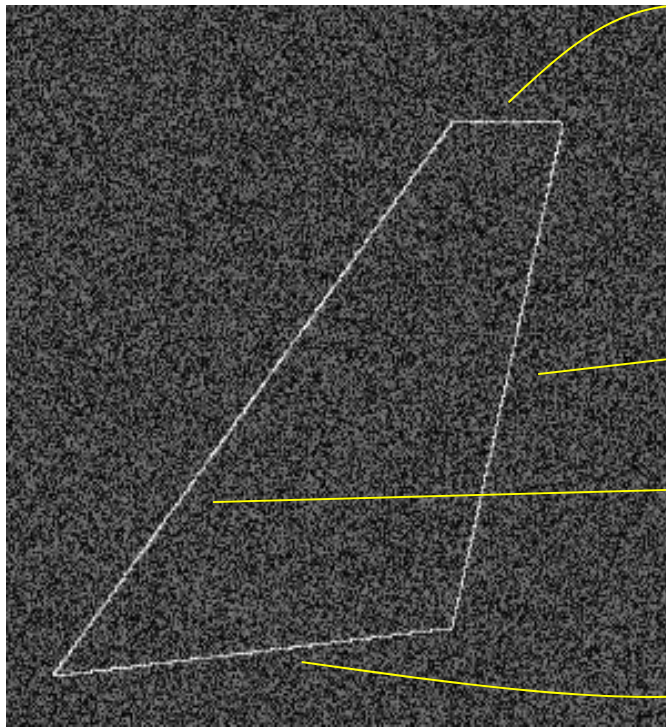
Hough Transformation

Breite Kanten führen zu flacheren Maxima im Hough-Raum



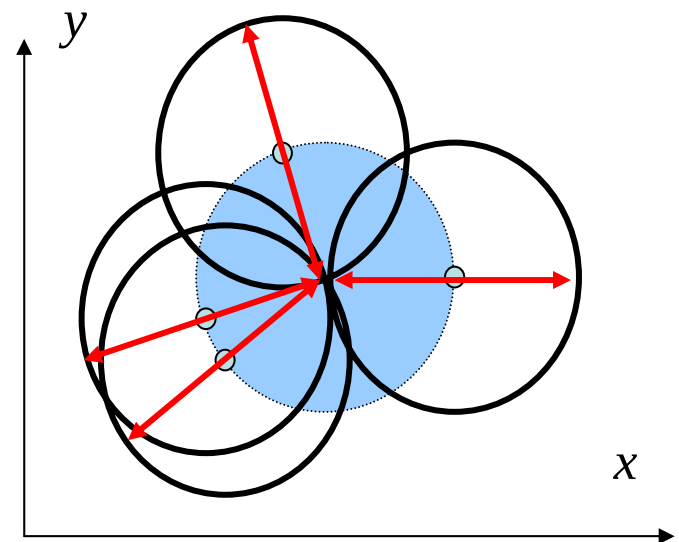
Hough Transformation in nicht-binären Bildern

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

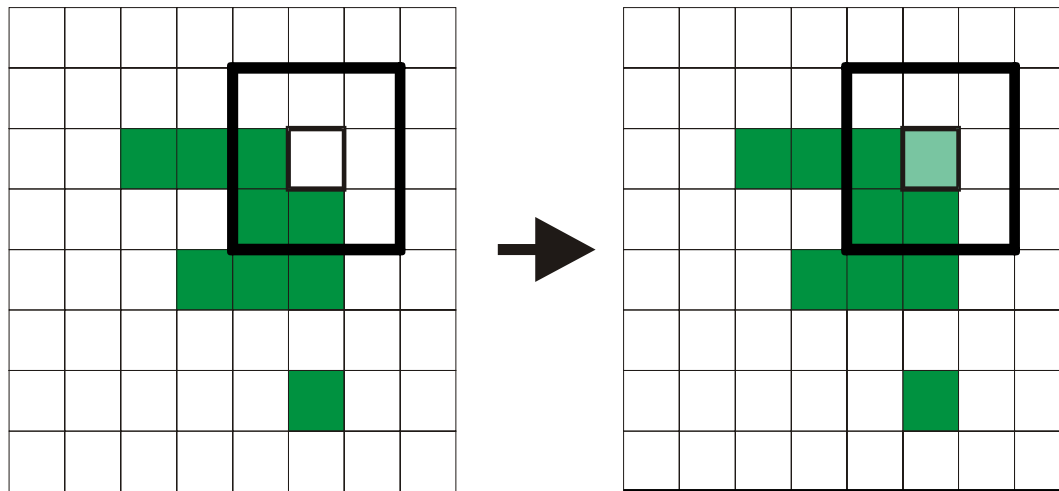
Morphologische Operationen

- 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)

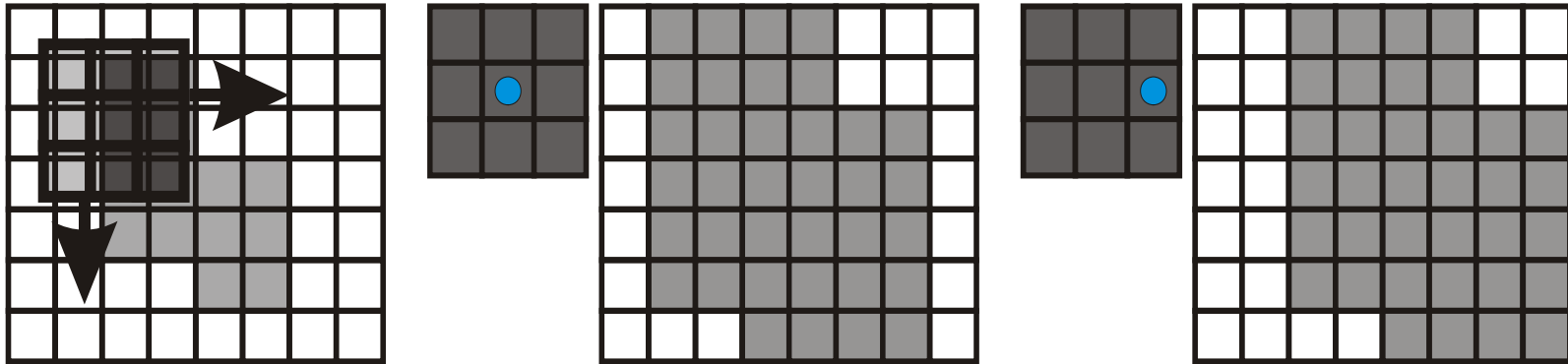
Dilatation

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



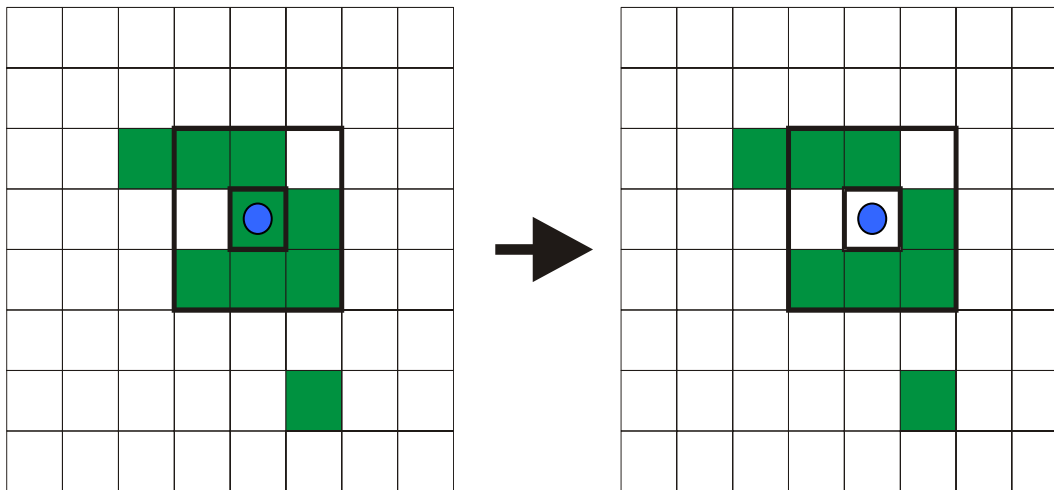
Dilatation wird (wie jede morphologische Operation) für einen **Ankerpunkt** ausgeführt.

Dilatation:

- verbindet Strukturen
- füllt Löcher
- vergrößert

Erosion

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



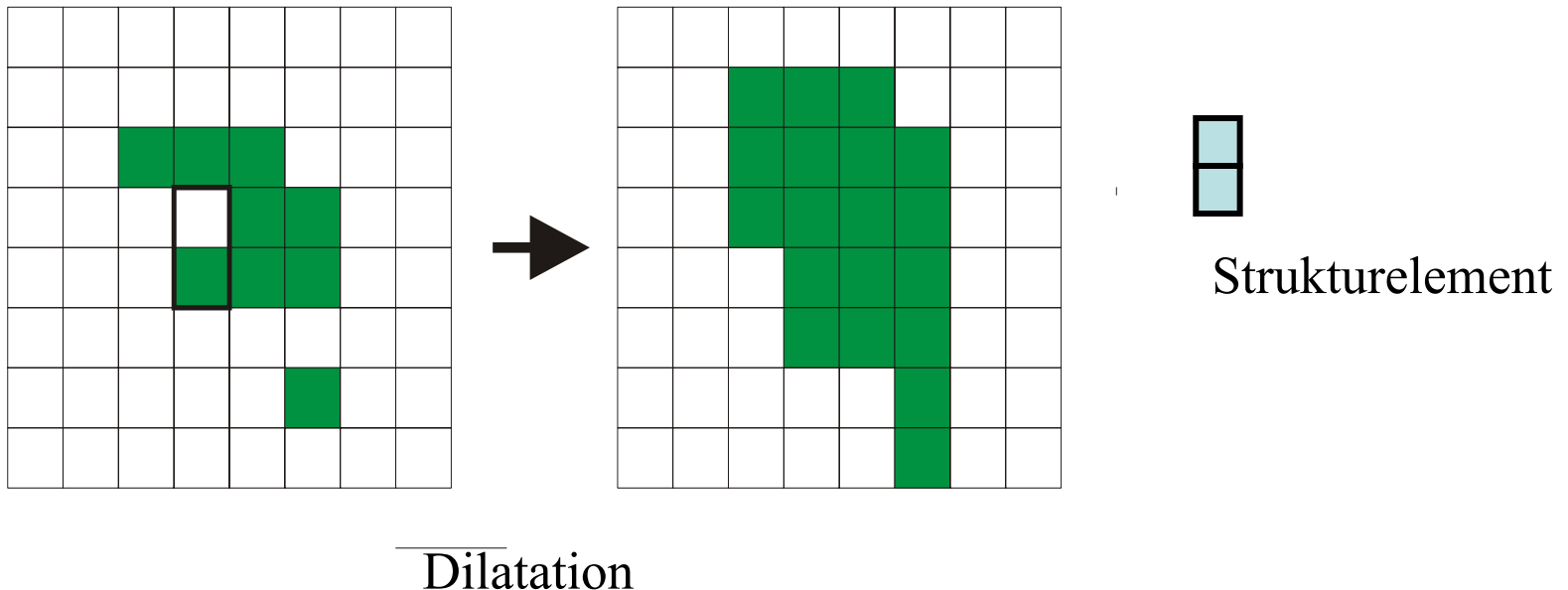
Erosion: $G \ominus S$ mit
Strukturelement S

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

Güntzel Sebnellen dem Sebnellenbuden eine Tochter 1748 g-
 taufft die Witwe: Andreas Cleven, Hans Müller, der Sebnellenbuden
 Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, 1748 die Witwe hat das pastor
 frucht. Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

M. Hans Wintern dem Wintern-Möller eine junge Tochter Ag-
 neta getauft, die Witwe: Carsten Sebnellen, Hans Müller, Hans
 f: Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

Güntzel Sebnellen dem Sebnellenbuden eine Tochter 1748 g-
 taufft die Witwe: Andreas Cleven, Hans Müller, der Sebnellenbuden
 Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, 1748 die Witwe hat das pastor
 frucht. Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

M. Hans Wintern dem Wintern-Möller eine junge Tochter Ag-
 neta getauft, die Witwe: Carsten Sebnellen, Hans Müller, Hans
 f: Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

Güntzel Sebnellen dem Sebnellenbuden eine Tochter 1748 g-
 taufft die Witwe: Andreas Cleven, Hans Müller, der Sebnellenbuden
 Carsten Beyerstedt, Andreas Brüger, 1748 die Witwe hat das pastor
 frucht. Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

M. Hans Wintern dem Wintern-Möller eine junge Tochter Ag-
 neta getauft, die Witwe: Carsten Sebnellen, Hans Müller, Hans
 f: Thia Cleven f: Susanna Sebnellen, Dem Sebnellenbuden
 Saar der. 28. f. Januar.

Gezielter Einsatz

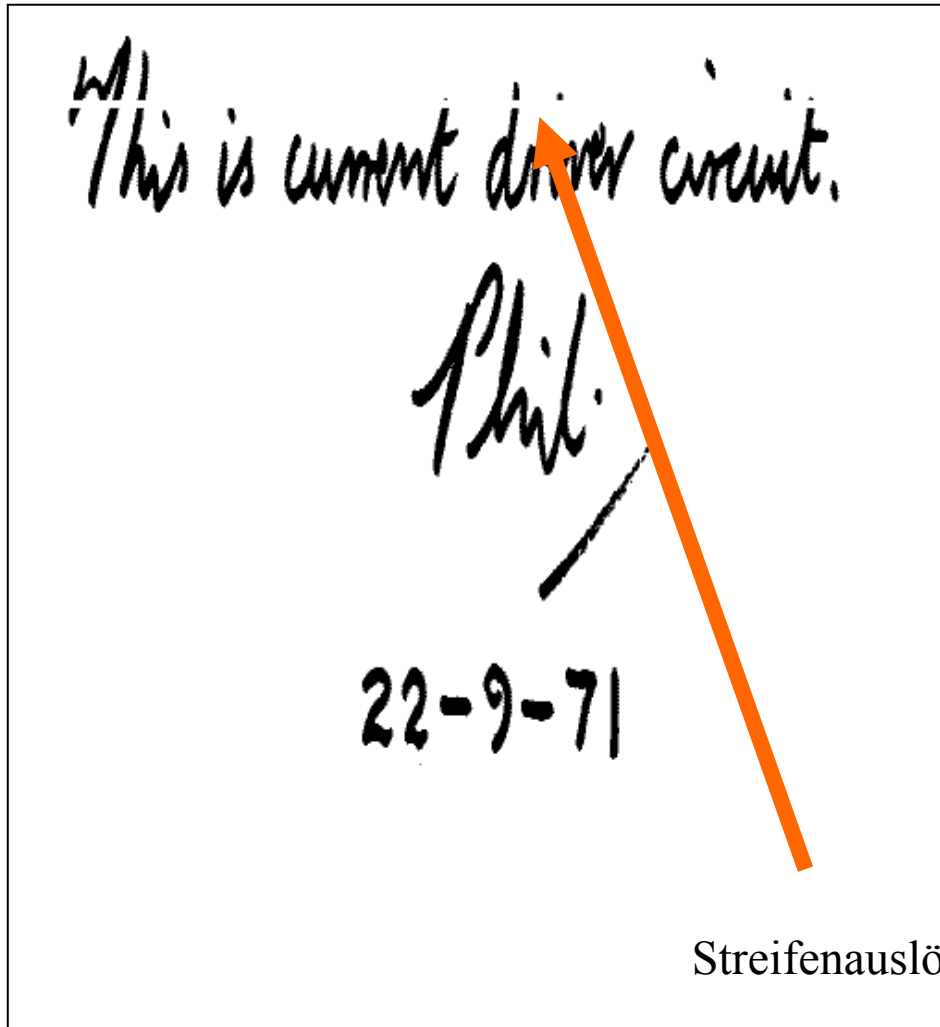
This is current driver circuit.

Phil.

22-9-71

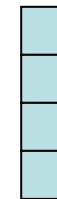
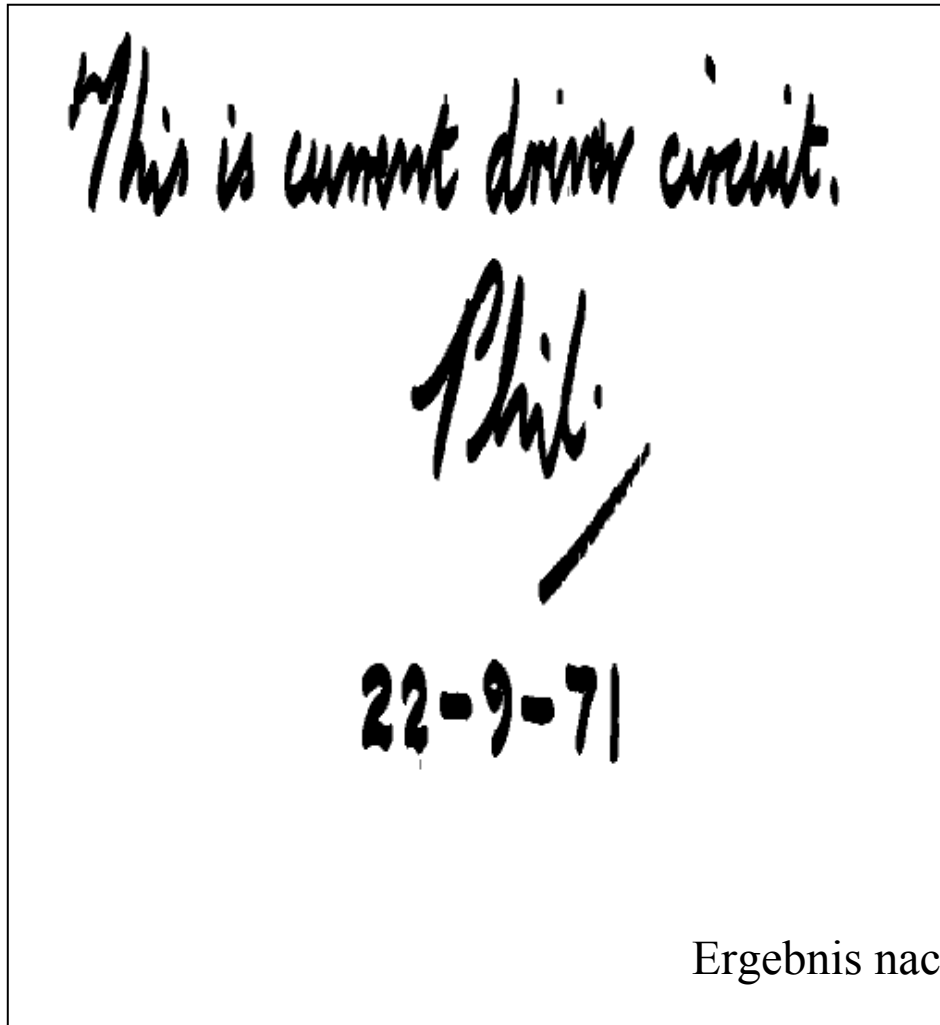
Ungestörtes Binärbild

Gezielter Einsatz



Strukturelement zum
Schließen des Streifens

Gezielter Einsatz



Strukturelement zum
Schließen des Streifens

Ergebnis nach Dilatation: Streifen ist geschlossen

Gezielter Einsatz

This is current driver circuit.

Phil.

22-9-71



Strukturelement zur Erosion
des zu breiten Schriftzugs

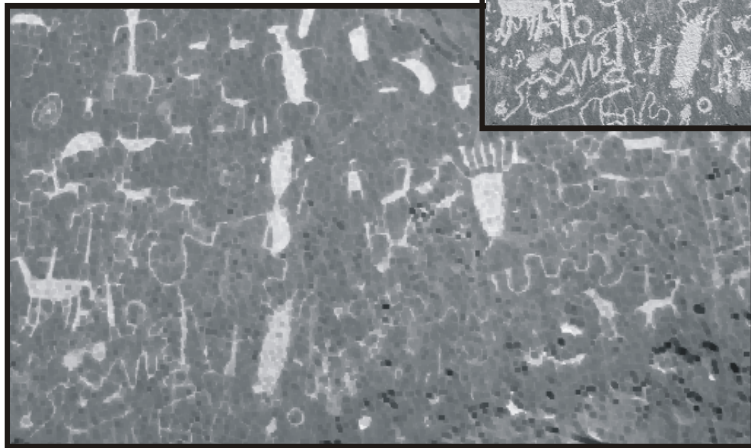
Ergebnis nach nachfolgender Erosion:
Schriftzüge haben ihre Ursprungsstärke

Morphologische Operationen auf Grauwertbildern

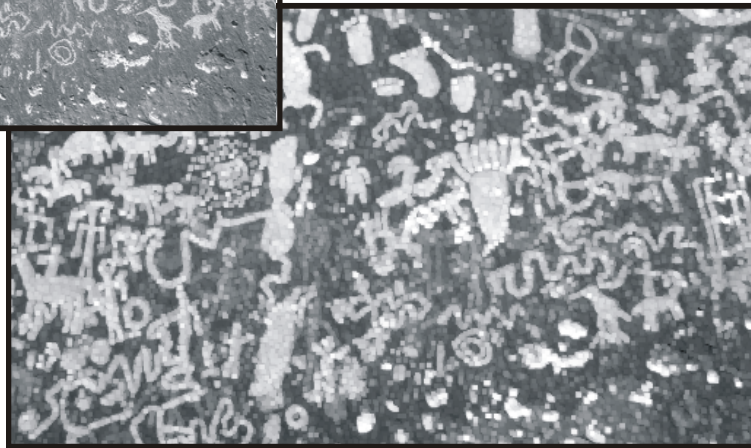
$$g(m, n) = \max_{(m_k, n_k) \in S} (b(m + m_k, n + n_k))$$

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

Erosion



Dilatation



Opening and 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'

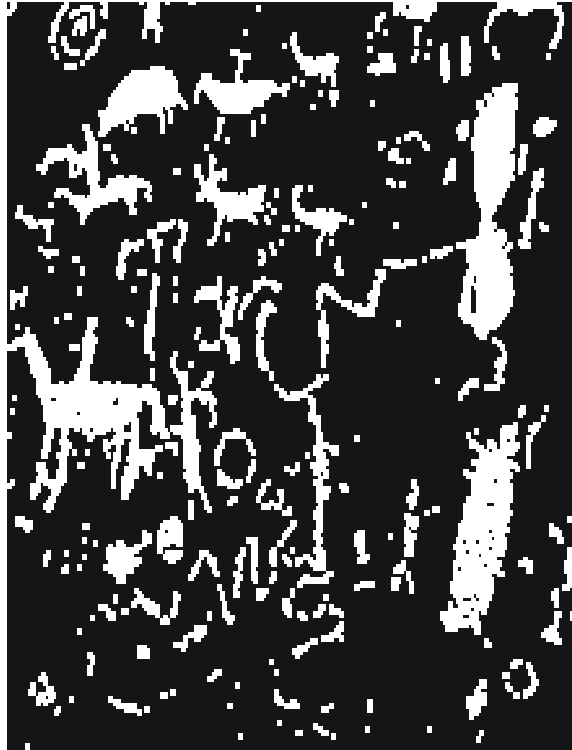
$$G \bullet S = (G \oplus S) \ominus S'$$

- Ziel:
- | | |
|------------|---|
| Dilatation | - Schließen von kleinen Löchern (kleiner als das Strukturelement) |
| Erosion | - Wiederherstellung der ursprünglichen Größe des Objekts |

Beispiele Opening and closing



Original

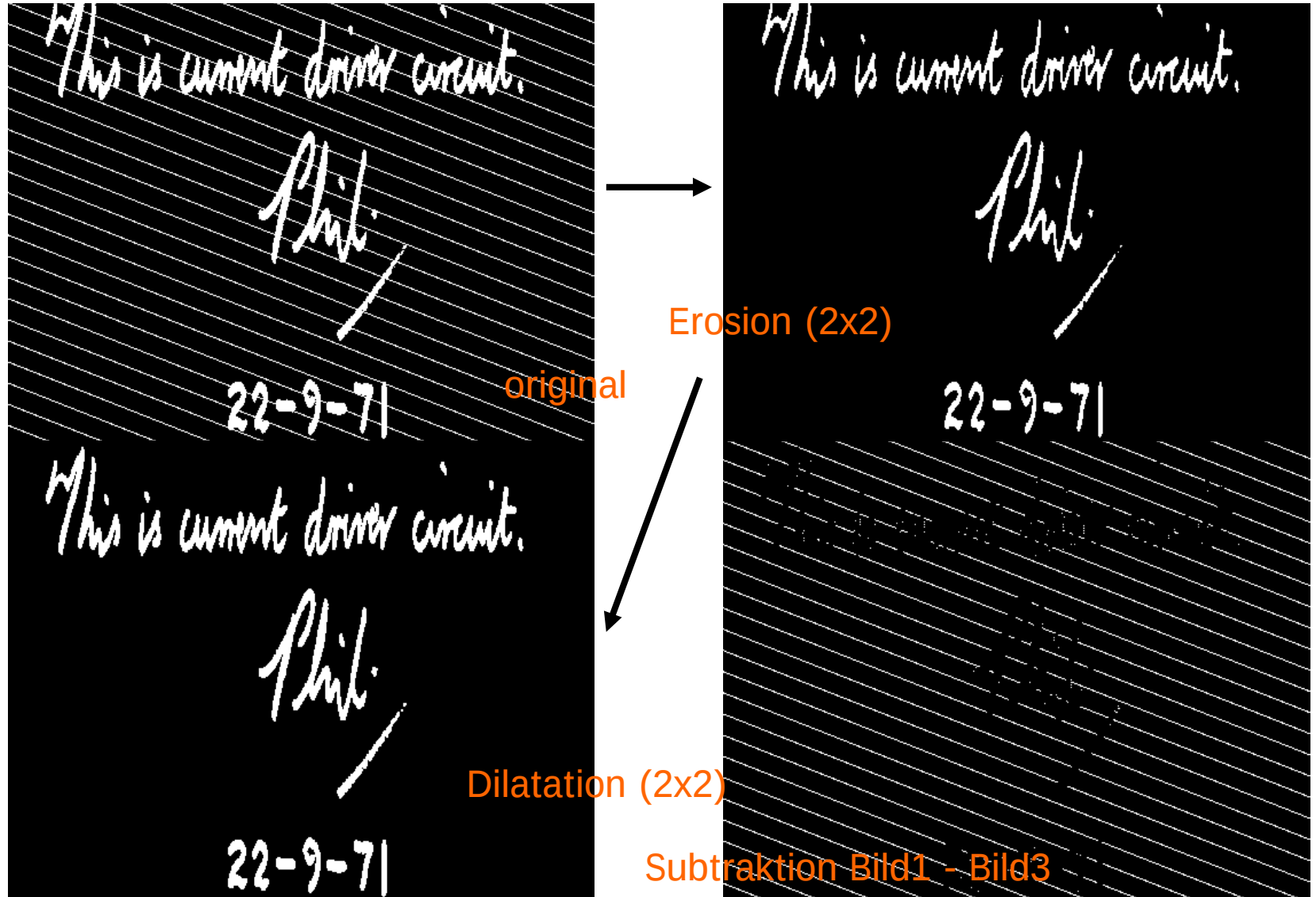


opening



closing

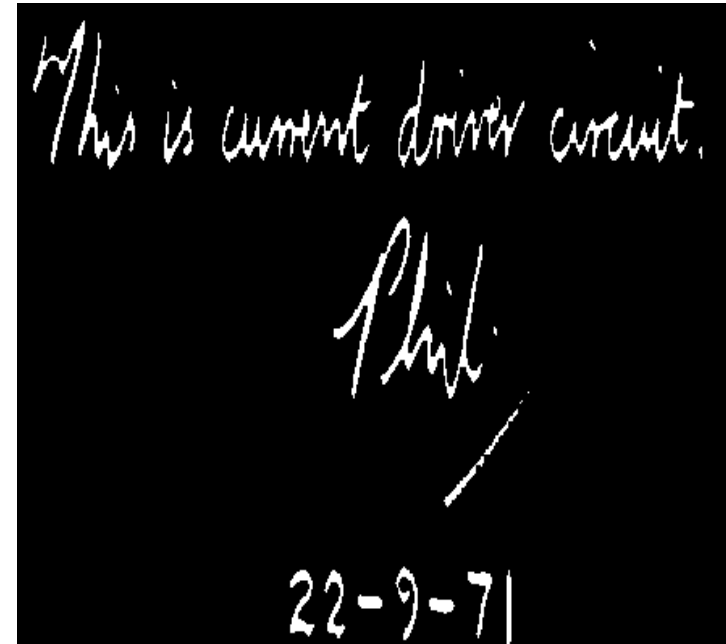
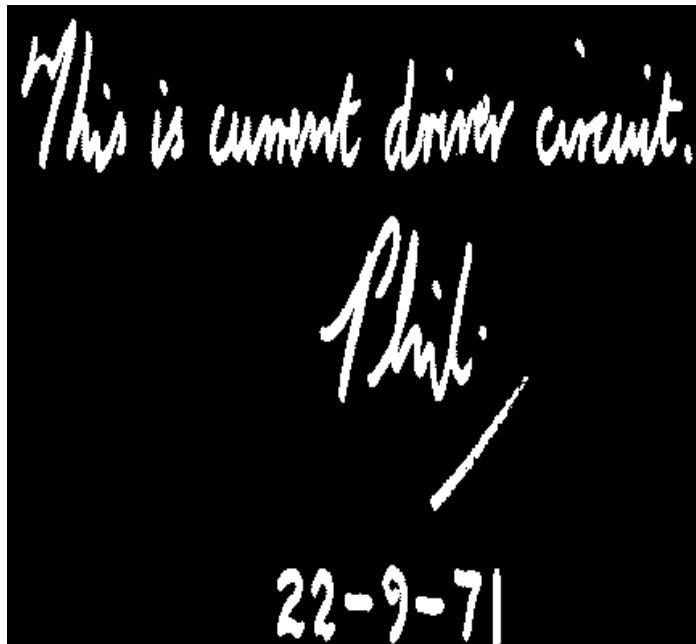
Entfernung von Linien



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

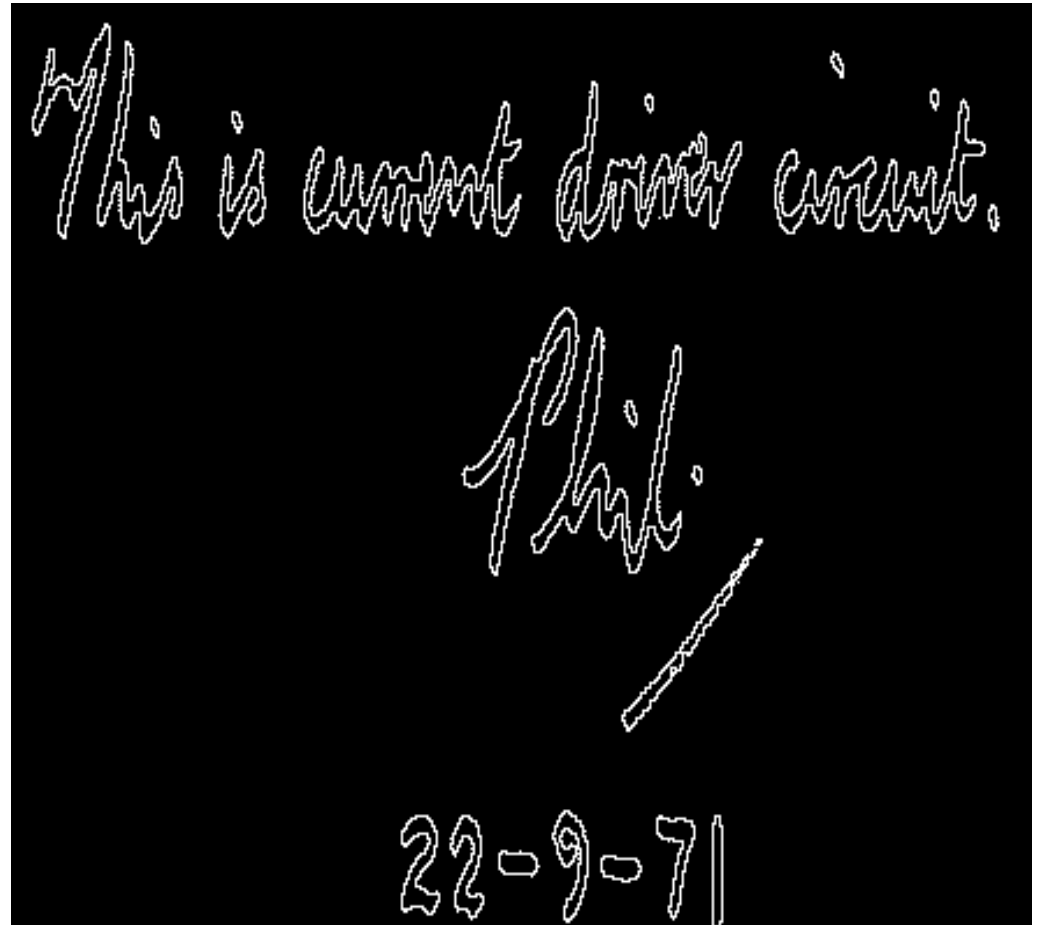


Extraktion von Rändern

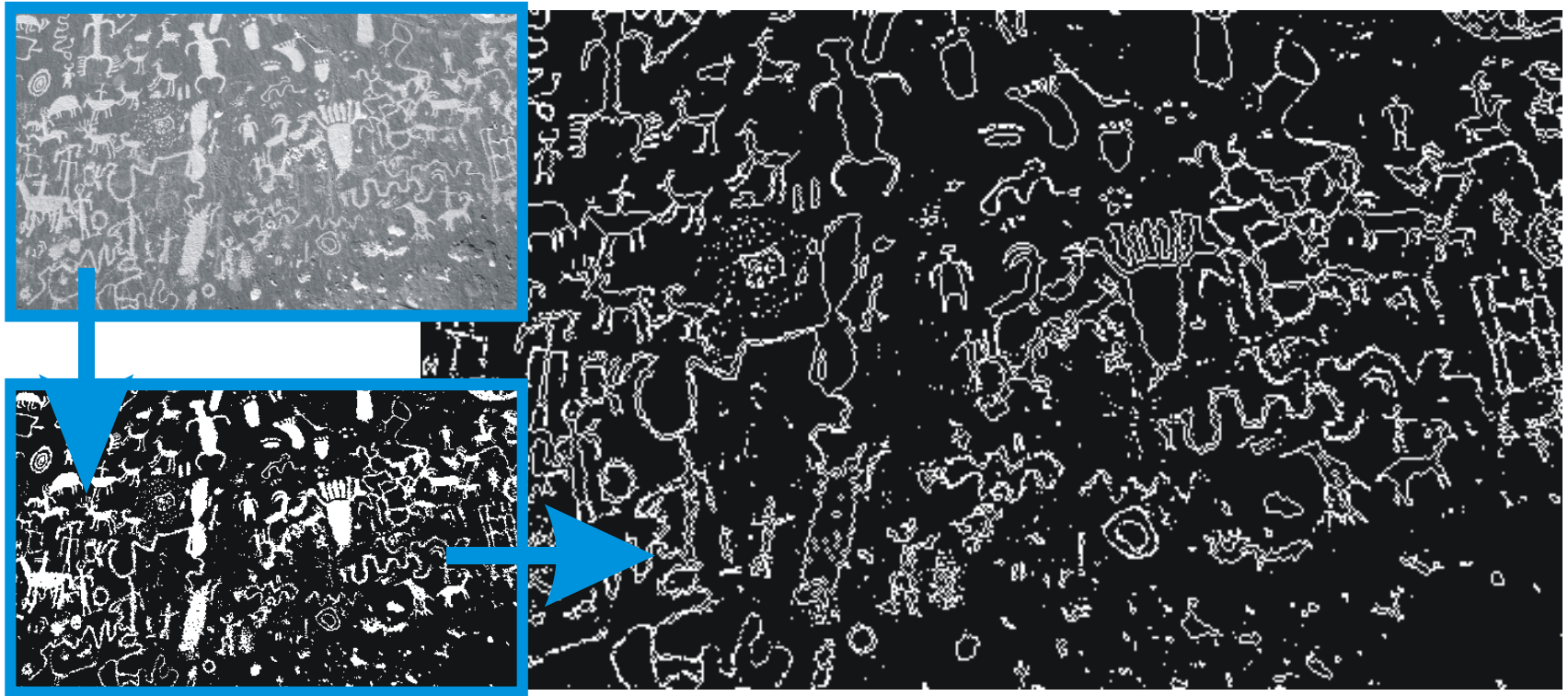
$$\begin{aligned}\partial G &= G \setminus (G \ominus M_b) \\ &= G \cap \overline{(G \ominus M_b)} \\ &= G \cap (\bar{G} \oplus M_b)\end{aligned}$$

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:

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

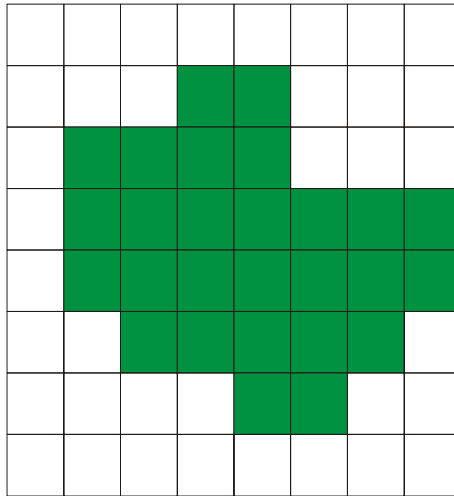
Menge aller Pixel, die den **Abstand 1** zum Rand haben.

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**:

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

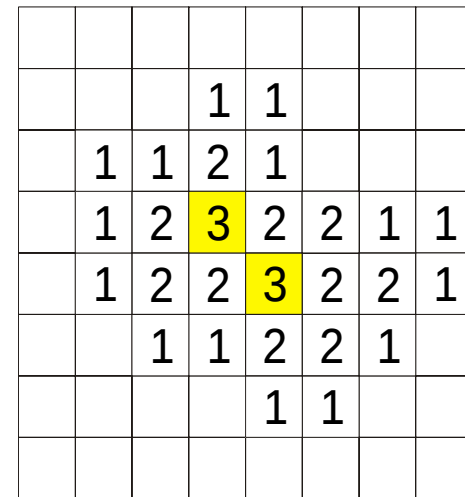
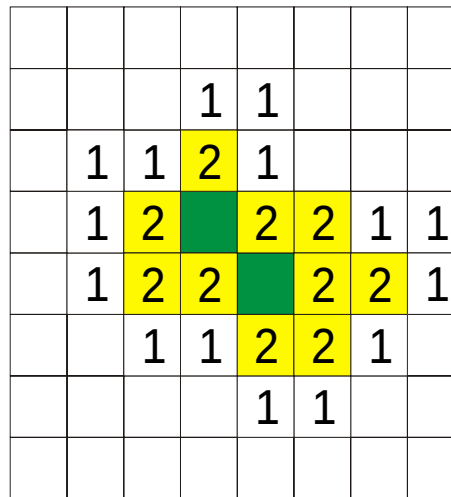
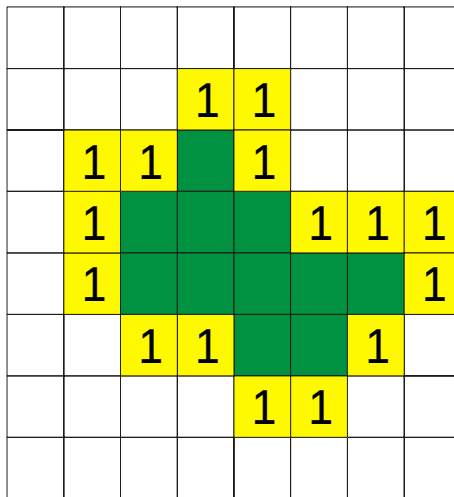
wobei die Operation $\cdot$ die punktweise Multiplikation der n -ten Randkurve mit der Zahl n (dem aktuellen Abstand) darstellt.

Beispiel

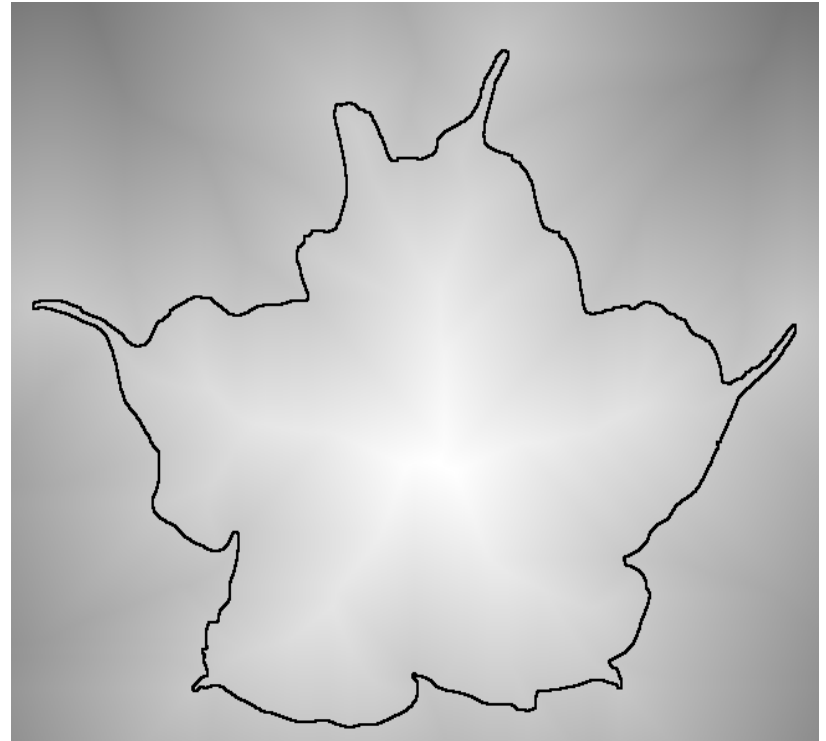
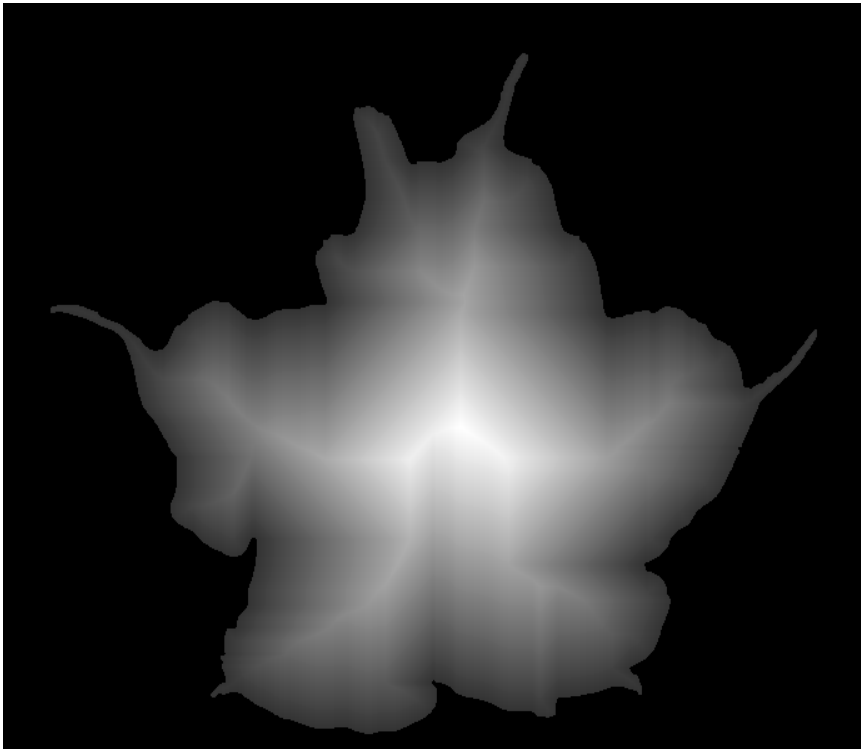


Originalbild

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



Beispiel



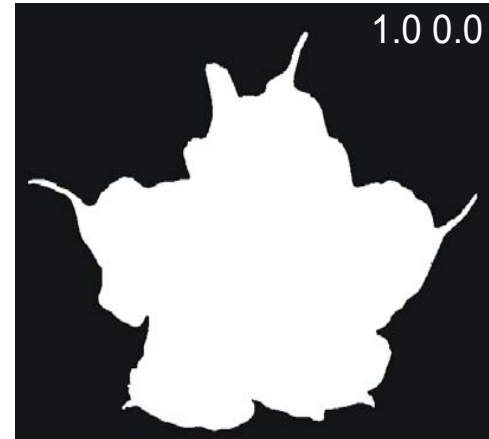
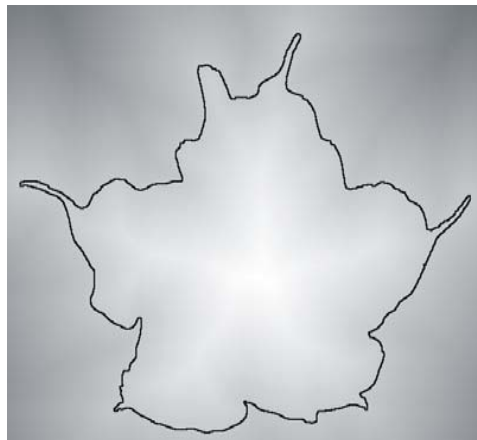
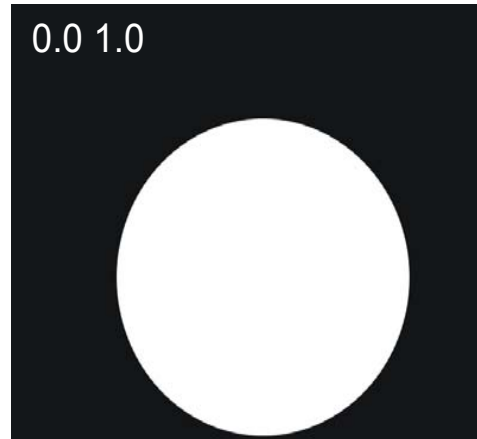
Morphing

- 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

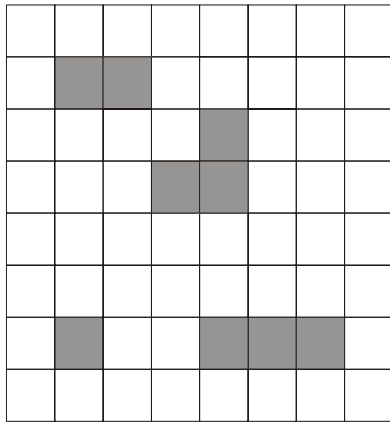
$$A_i = \frac{i \cdot A_B + (L - i) \cdot A_A}{L}$$

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

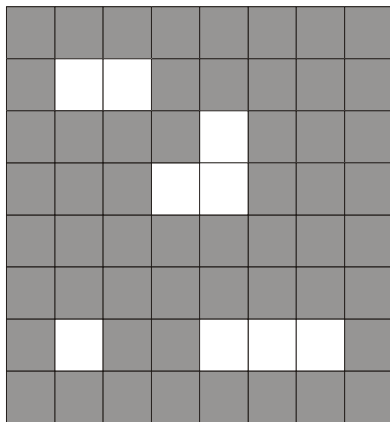
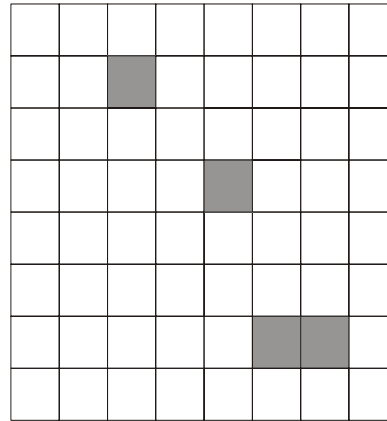
Beispiel



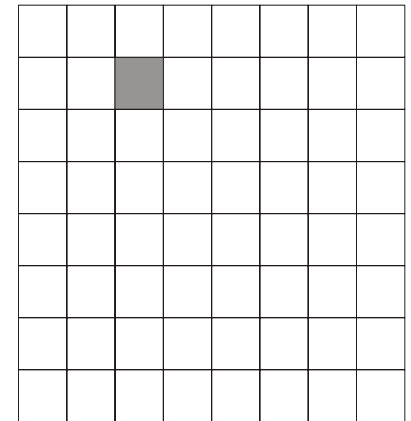
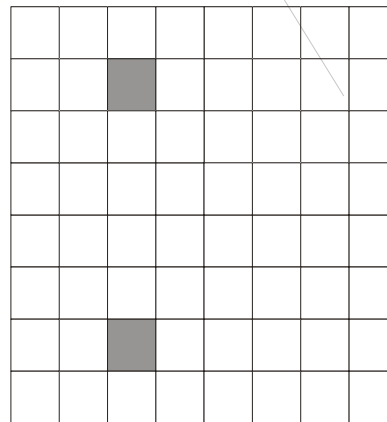
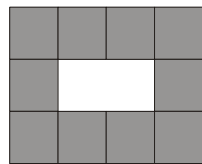
Hit-or-Miss Operator



Erodieren
mit



Erodieren
mit



Hit-or-Miss Operator

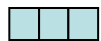
Hit-or-Miss Operator:

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

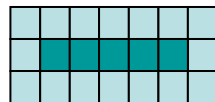
$$= (G \ominus S_1) \cap \overline{(G \oplus S_2)}$$

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:

0 - Miss

1 - Hit

x - weder Miss noch Hit

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

Beispiel



Kreise mit Radius von 6 Pixel



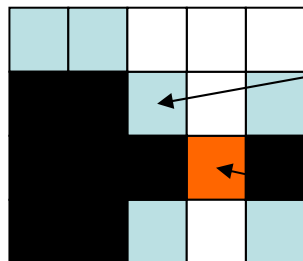
Kreise mit Radius 6-7 Pixel

Hit-or-Miss-Operatoren

$$M_I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{Entfernung einzelner Pixel}$$

$$M_C = \begin{pmatrix} x & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{detektiert untere, rechte Ecken eines Objekts}$$

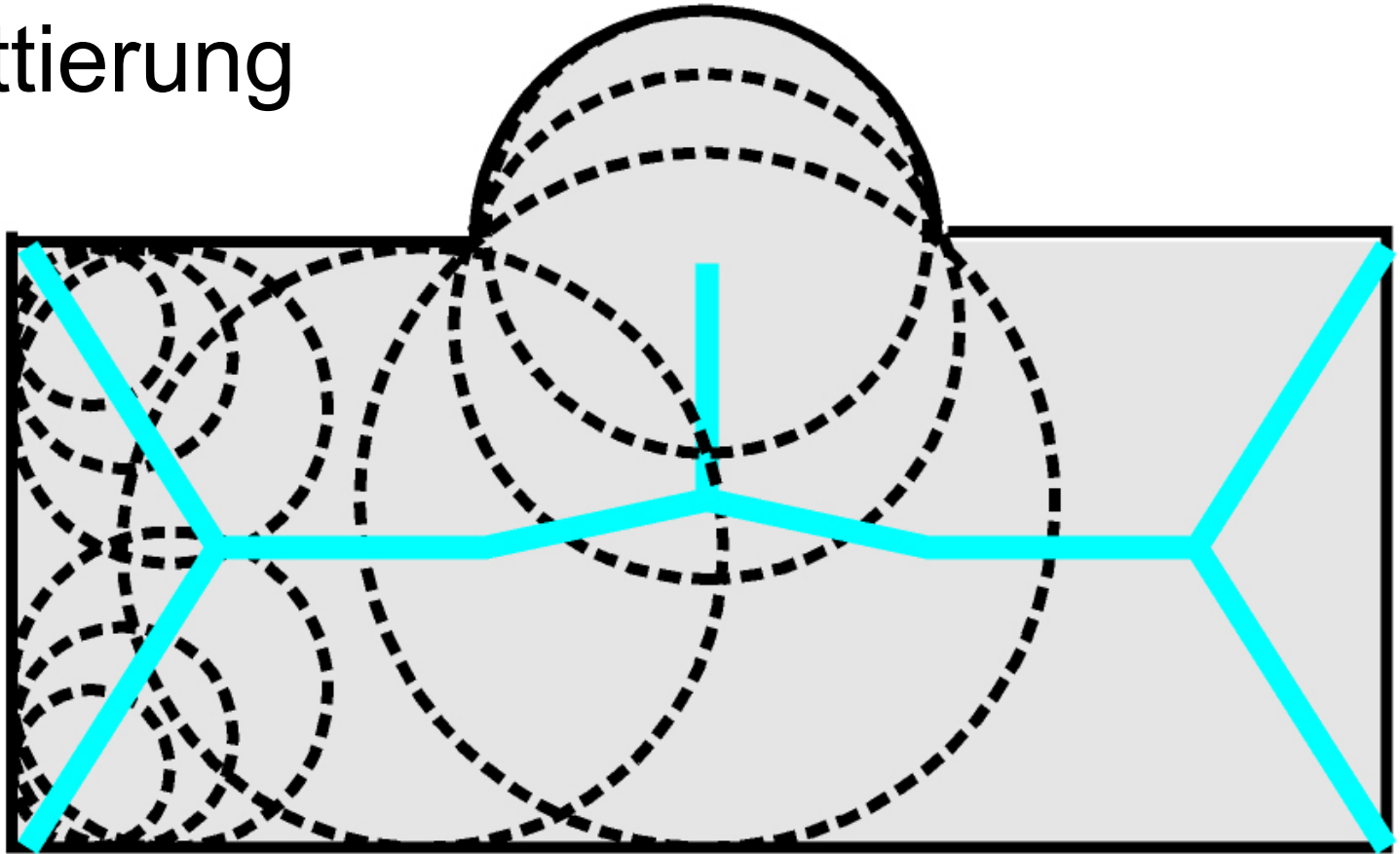
$$M_{T1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{findet alle Randpunkte von oben, die ein Objekt nicht teilen würden, wenn sie entfernt würden.}$$



Diese Punkte würden gefunden werden.

Diese Punkte würden nicht gefunden werden.

Skelettierung



- Das Skelett eines Segments ist die Menge aller Mittelpunkte von Kreisen mit maximalem Radius, die vollständig innerhalb des Segments liegen.

Thinning mit Hit-or-Miss-Operatoren

$$S_{T1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T2} = \begin{pmatrix} 0 & x & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & x & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T3} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x & 1 & x \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T4} = \begin{pmatrix} 1 & x & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & x & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T5} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 1 \\ x & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T6} = \begin{pmatrix} x & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$$

$$S_{T7} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & x \\ 1 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T8} = \begin{pmatrix} x & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & x \end{pmatrix}$$

Ziel: Skelettierung

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

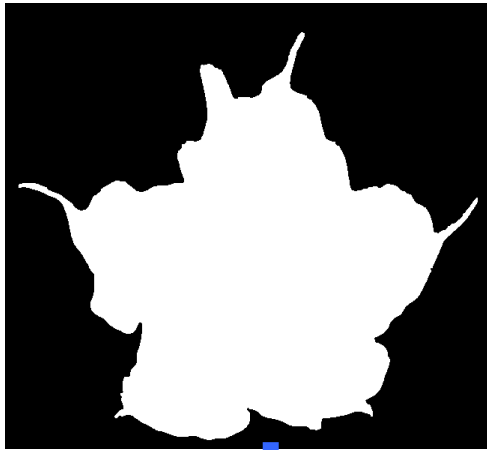
Thinning-Operator von oben:

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

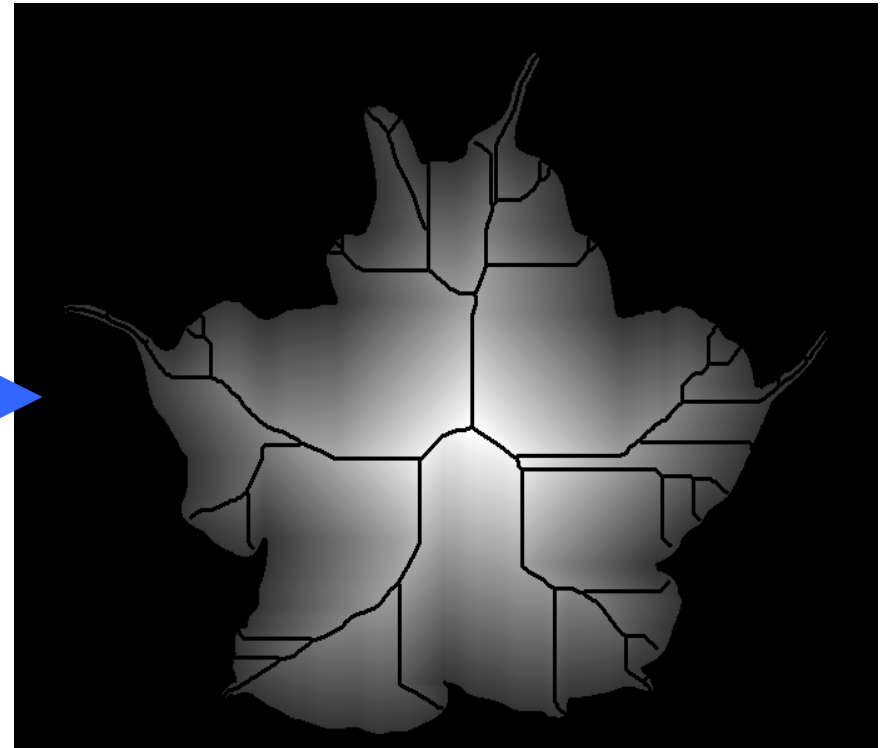
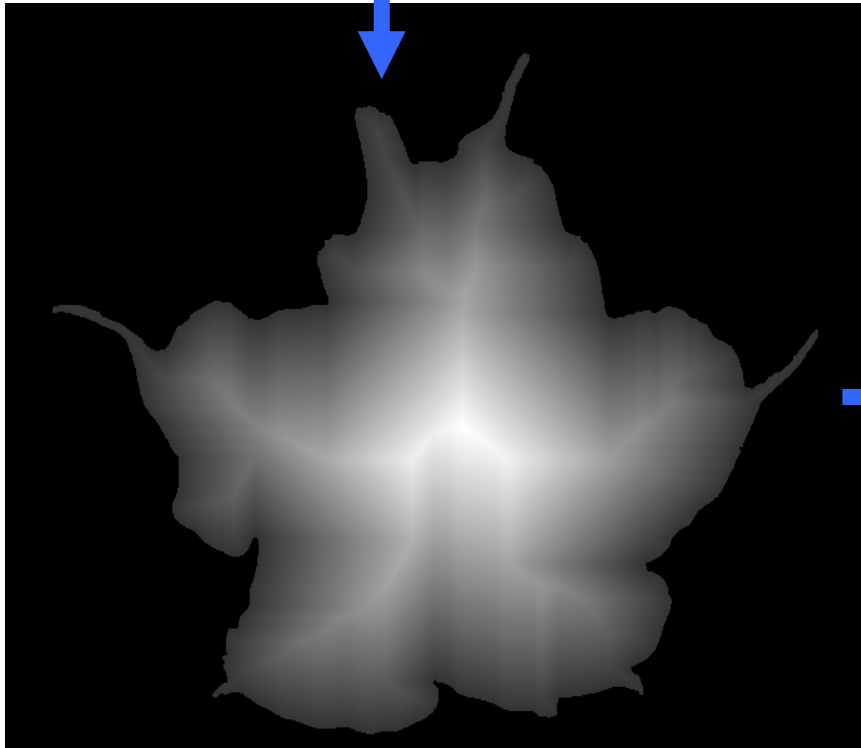
Symmetrisches Thining:

$$G \oslash S_T = G \setminus \bigcup_{n=1,8} G \otimes S_{Ti}$$

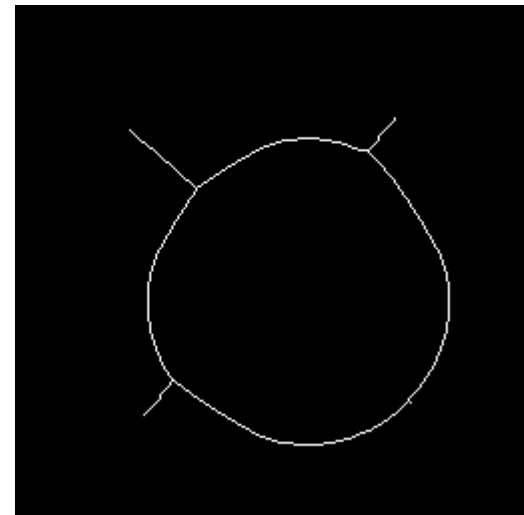
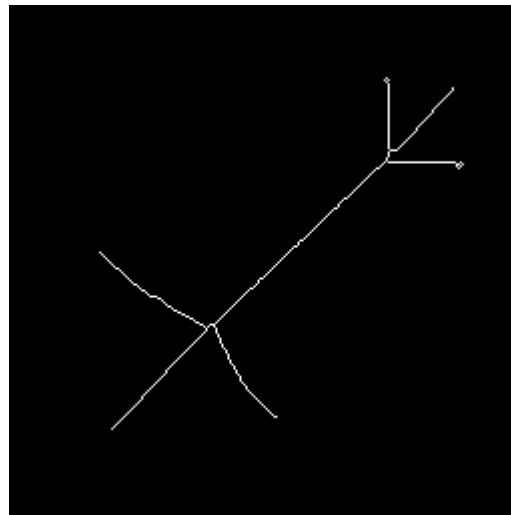
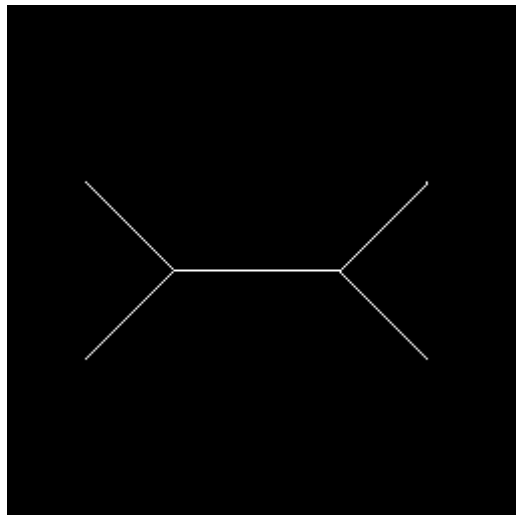
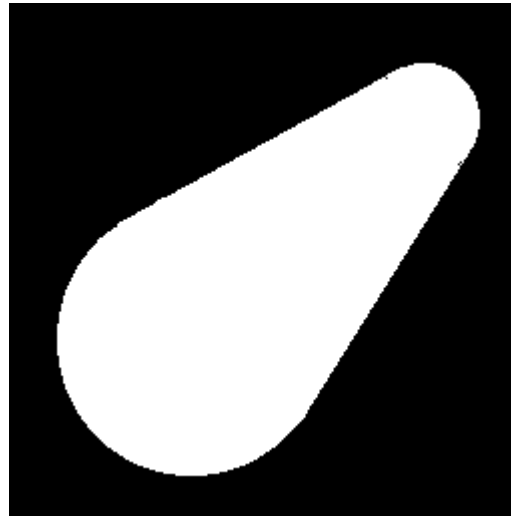
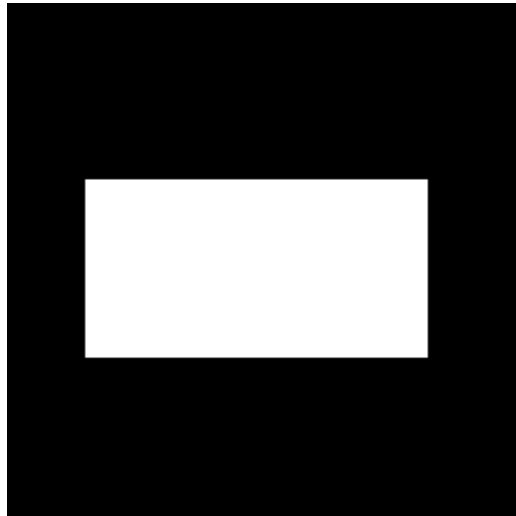
Thinning wird wiederholt, bis $G \oslash S_T = G$ ist.



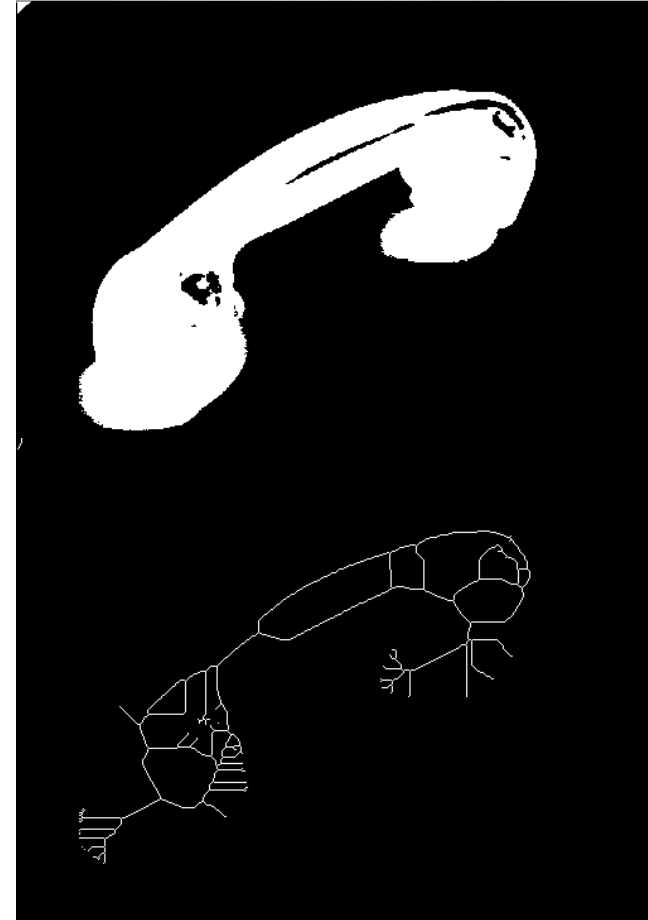
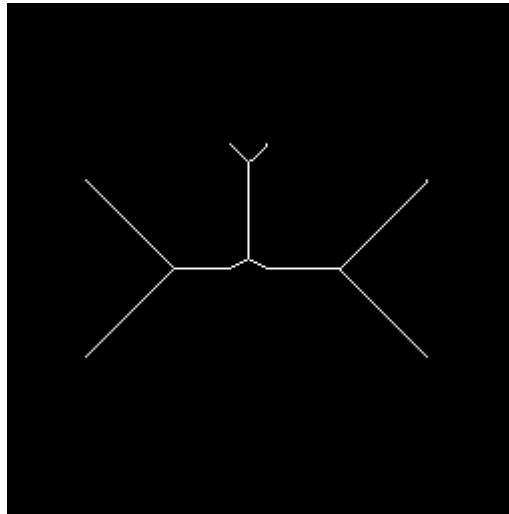
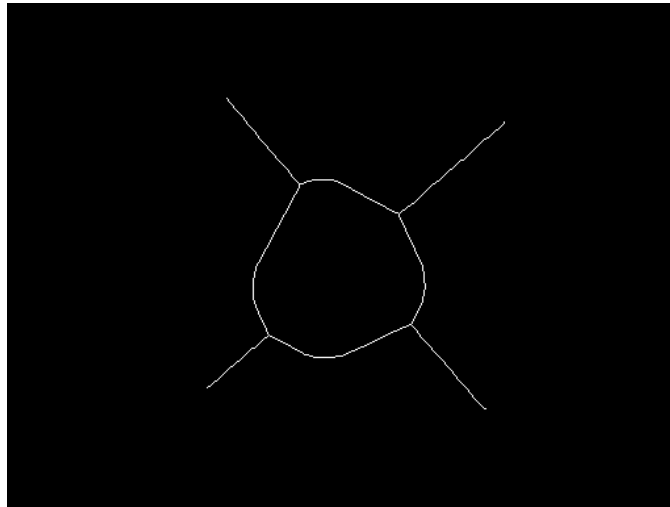
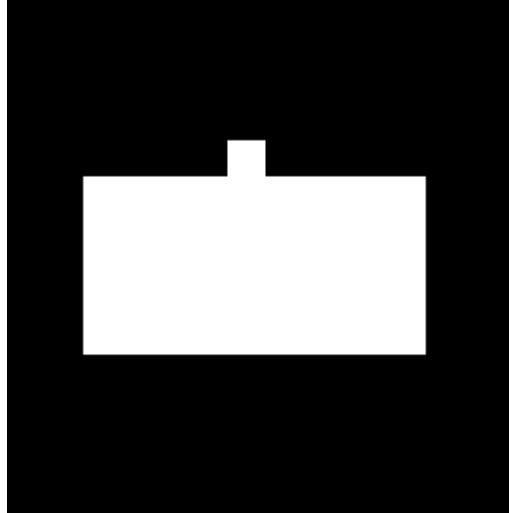
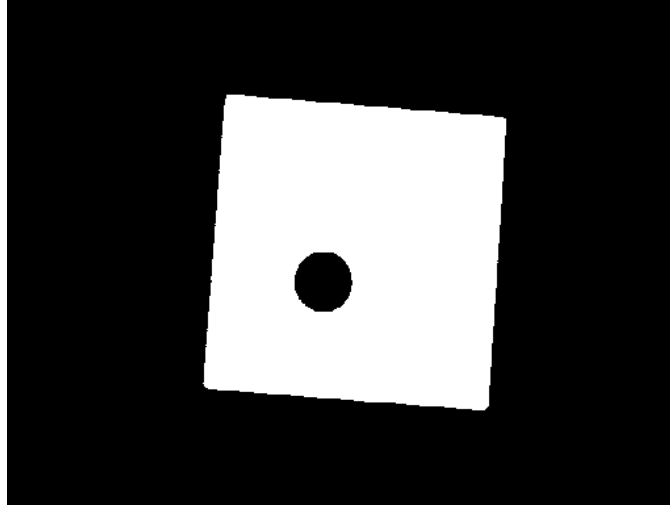
Beispiel



Beispiele



Beispiele



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
 - Skelettierung von Segmenten

Verbleibende Vorlesungstermine

- 20.1. Bildererkennung
- 27.1. fällt aus wegen Konferenz
- 3.2. fällt aus wegen Konferenz
- 10.2. Zusammenfassung, Tips bzgl. Prüfungsfragen

Nikon stellt analoge Spiegelreflexkameras größtenteils ein



- **Zukünftig Konzentration auf den Digitalkamera-Markt**
- Der zunehmende Erfolg von Digitalkameras fordert bei Nikon erste Opfer: Die Produktion von analogen Spiegelreflexkameras wird ab sofort weitestgehend eingestellt. Alleine das Profimodell Nikon F6 soll weiter hergestellt werden und außerhalb Europas wird auch die FM10 erhältlich bleiben. Das Angebot an Objektiven schränkt der Hersteller ebenfalls ein.
- Der weiterhin wachsende Markt für Digitalkameras und das schwindende Interesse an analogen Kameras sei der Anlass, um das Angebot an analogen Spiegelreflexkameras zu überarbeiten, so Nikon. Besonders würden auch Besitzer von kompakten Digitalkameras immer häufiger auf digitale Spiegelreflexkameras umsteigen, so dass man in dieser Kameraart großes Potenzial sehe. Nikons Fokus liege daher zukünftig auf Digitalkameras, so der Hersteller.
- Quelle: [\[Golem.de\]](http://Golem.de)