

Universität Ulm
Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften
Abteilung Stochastik
Abteilung Angewandte Informationsverarbeitung

Seminar
Simulation und Bildanalyse mit Java
SS 03

Morphologische Bildverarbeitung I

Christina Deutschmann
Vortrag mit Programmvorstellung
29.07.03



Simulation und Bildanalyse mit Java
Seminar

Christina Deutschmann
29.07.03

Algorithmus zur

- Distanztransformation
- Erosion und Dilatation mittels Distanztransformation

(jeweils für Binärbilder)



- **Distanztransformation: $\text{dist}(p_1) = \min\{d(p_1, p_2) : f(p_2) = 0\}$**

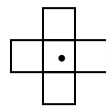
Pixel $p_1, p_2 \in D_f$ des Binärbildes $f: D_f \subset \mathbb{Z}^2 \rightarrow \{0,1\}$, d hier Metrik/diskrete Distanz d_4 bzw. d_8 , mit

$$d_4((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|, \quad d_8((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = \max\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\},$$

(x_i, y_i) Koordinaten des Pixels p_i

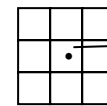
- Berechnung der *Distanz* zum nächsten nullwertigen Pixel (pro Bildpixel)
- Ergebnis abhängig von Form und Größe des *strukturierenden Elements (SE)*
Formen

4er Nachbarschaft
(City Block Metrik)



“rautenförmiges SE“

8er Nachbarschaft
(Schachbrett Metrik)



“quadratisches SE“

Bezugspunkt

Größe $n \in \{1, 2, 3, \dots\}$

SE der Größe 1:
(elementares SE)

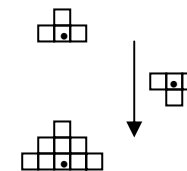


SE der Größe 2:



⋮

SE der Größe n : $(n-1)$ malige Dialatation mit dem (punktgespiegelten) elementaren SE



- Sequentieller Algorithmus nach Rosenfeld und Pfaltz (1966)

Vorwärtsabtastung aller Pixel $p \in D_f$ des Binärbildes $f : D_f \subset Z^2 \rightarrow \{0, 1\}$
IF ($f(p) == 1$) THEN $f(p) = 1 + \min\{f(q) | q \in N_G^-(p)\}$
 Rückwärtsabtastung aller Pixel $p \in D_f$
IF ($f(p) != 0$) THEN $f(p) = \min\{f(p), 1 + \min\{f(q) | q \in N_G^+(p)\}\}$

N_G^- Rückwärtsnachbarn



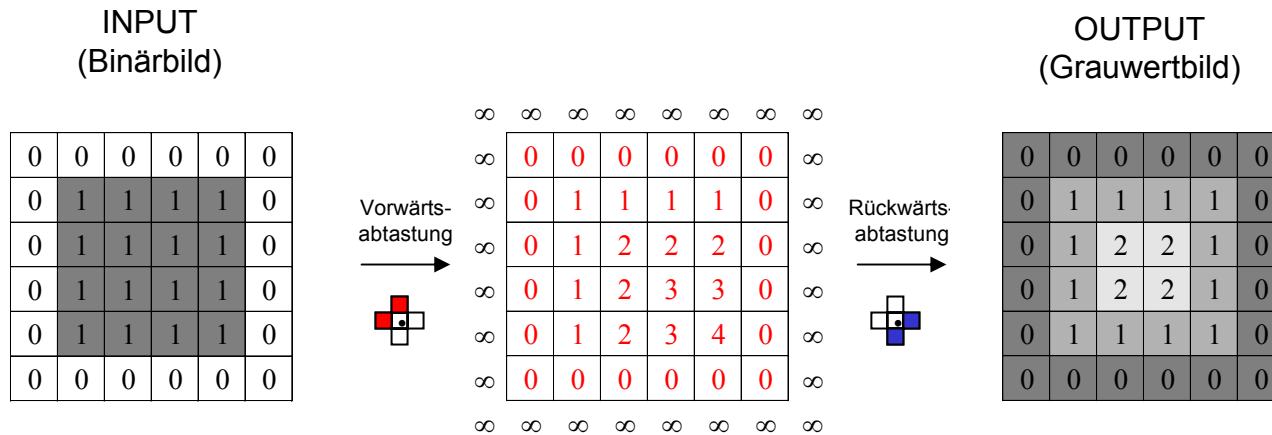
N_G^+ Vorwärtsnachbarn

Randbetrachtung

Problem: Objektpixel (1'er) liegen soweit am Rand, daß Nachbar(n) außerhalb liegen

Lösung: Konsistentes Verhalten durch "virtuelle Nachbarn" mit Wert " ∞ " (z.B. $2^{31}-1$)

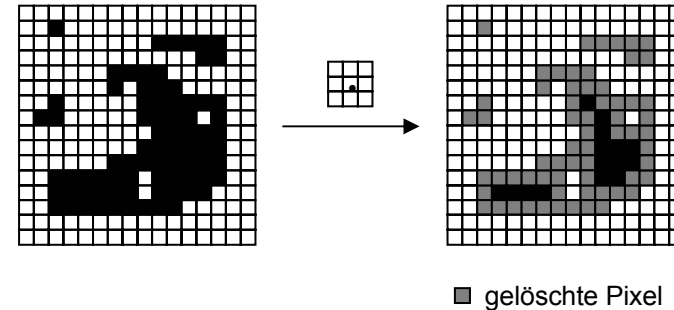
- Beispiel mit rautenförmigem SE der Größe 1



- **Erosion (Abtragung):** $A \ominus B = \{p: B_p \subseteq A\}$ (Def. für Binärbilder)

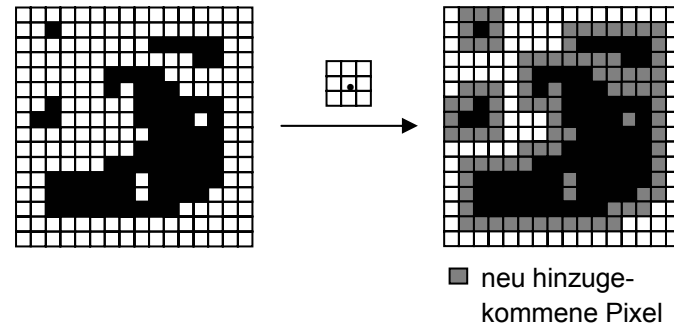
A alle Objektpixel, B symmetr. SE, B_p das mit seinem Bezugspunkt zum Pixel p verschobene SE

- Allg.: Minimum Filter (Rangordnungsfiler)
- Bei Binärbildern: nur wenn sich das SE vollständig im Objekt befindet, ist das Ergebnis (unter dem Bezugspunkt) 1, sonst 0 ("UND Verknüpfung")
- Wirkung: kleine Kleckse (insbesondere wenn sie kleiner als das SE sind) und schmale Ausläufer und Brücken verschwinden und das Objekt wird kleiner



- **Dilatation (Ausdehnung):** $A \oplus B = \{p: B_p \cap A \neq \emptyset\}$ (Def. für Binärbilder)

- Allg.: Maximum Filter (Rangordnungsfiler)
- Bei Binärbildern: wenn das SE mind. ein Objektpixel abdeckt, ist das Ergebnis 1, sonst 0 ("ODER Verknüpfung")
- Wirkung: kleine Löcher werden gefüllt, Konturen des Objekts werden glatter und das Objekt wird größer



- **Einsatz**

Als morphologische Grundoperatoren für zusammengesetzte Operatoren, wie z.B. Opening $(A \ominus B) \oplus B$, Closing $(A \oplus B) \ominus B$ oder Extraktion von Rändern $A \setminus (A \ominus B)$.



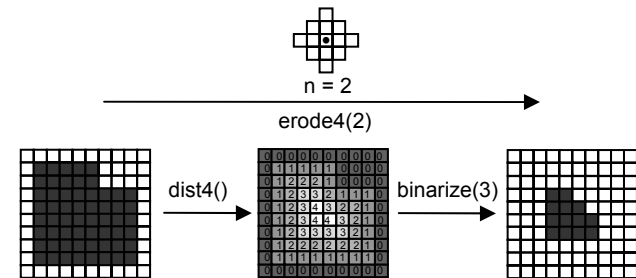
- Algorithmus mittels Distanztransformation (für Binärbilder)

Erosion

Binarisierung der zugehörigen Distanztransformation (für entsprechendes elementares SE). Der Schwellenwert ergibt sich aus der Größe n des verwendeten SE, indem alle Pixelwerte, die größer als n sind auf 1 gesetzt werden, sonst auf 0.

$$\text{erode4}(D_f, n) = \{p \in D_f \mid \text{dist4}(p) > n\} = \text{binarize}(\text{dist4}(D_f), n+1)$$

$$\text{erode8}(D_f, n) = \{p \in D_f \mid \text{dist8}(p) > n\} = \text{binarize}(\text{dist8}(D_f), n+1)$$

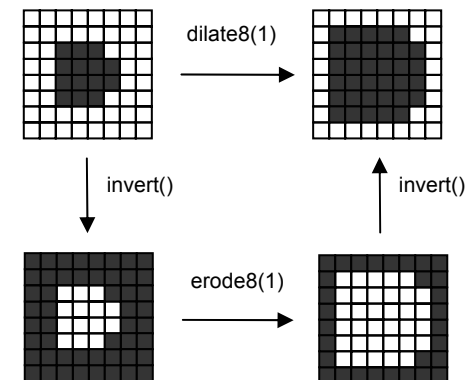


Dilatation

Über die *Dualität* von Erosion und Dilatation: $A \oplus B = (A^c \ominus B)^c$
 Das Bild wird zunächst invertiert, dann die Erosion angewendet und erneut invertiert.

$$\text{dilate4}(D_f, n) = \text{invert}(D_f); \text{erode4}(D_f, n); \text{invert}(D_f)$$

$$\text{dilate8}(D_f, n) = \text{invert}(D_f); \text{erode8}(D_f, n); \text{invert}(D_f)$$



Literatur

P. Soille, *Morphologische Bildverarbeitung - Grundlagen, Methoden, Anwendungen*, Springer-Verlag, 1998

P. E. Danielsson, *Euclidean distance mapping*, Computer Graphics and Image Processing 14, p. 227-248, 1980

B. Jähne, *Digitale Bildverarbeitung*, Springer-Verlag, 2002

J. Ohser, F. Mücklich, *Statistical Analysis of Microstructures in Materials Science*, John Wiley & Sons, 2000

<http://java.sun.com/j2se/1.4.1/docs/api/>



Screenshots

Bilder zur Distanztransformation (Abb. 1).

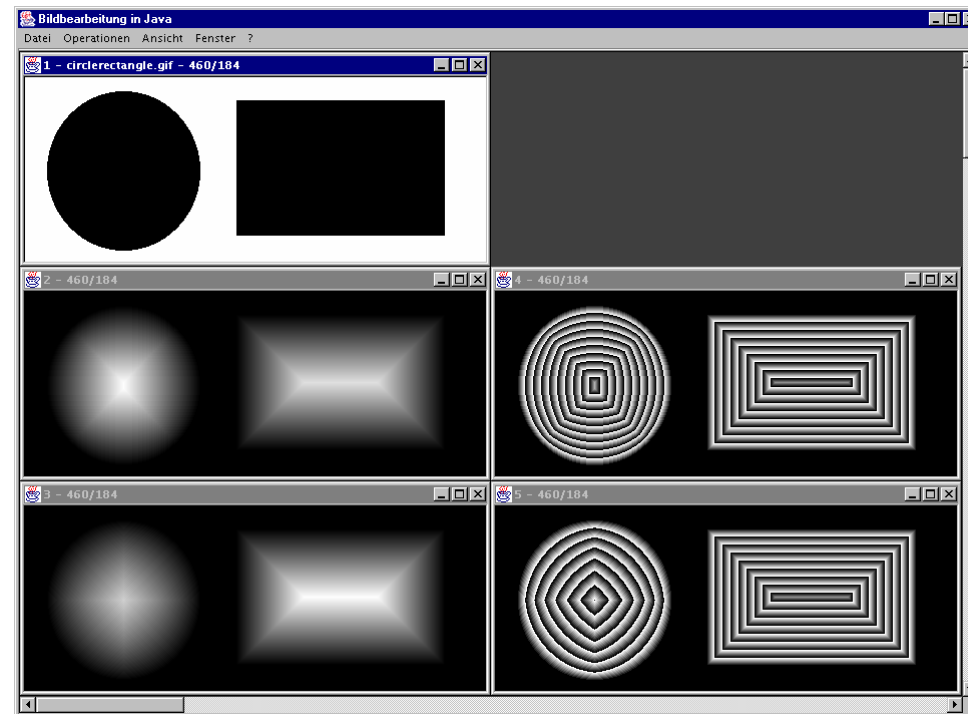


Abb. 1

Bild 1-4 sind Distanztransformationen von Bild 1. Bild 2 und 4 (Zeile 2) mit der 4er Nachbarschaft, Bild 3 und 5 (Zeile 3) mit der 8er Nachbarschaft.
Als alternative Repräsentation wurden die Distanztransformationen in Bild 4 und 5 (Spalte 2) modulo 8 dargestellt. Dort kann man auch prinzipiell sehen, wie die Erosion verwirklicht wird, nämlich durch Abtragung der "Ringe" (Anzahl entsprechend der Größe des SE, bei Darstellung in modulo 2).

Bilder zur Erosion und Dilatation (Abb. 2 und 3)

Interessant bei Abb. 2 ist, dass der Kreis aus Bild 1 bei der Erosion mit der 4er Nachbarschaft zunehmend zum Quadrat wird (je öfters man die Erosion ausführt bzw. je größer das SE ist), bei der Dilatation hingegen immer mehr zur Raute. Für die 8er Nachbarschaft der umgekehrte Fall gilt (Erosion → Raute, Dilatation → Quadrat).

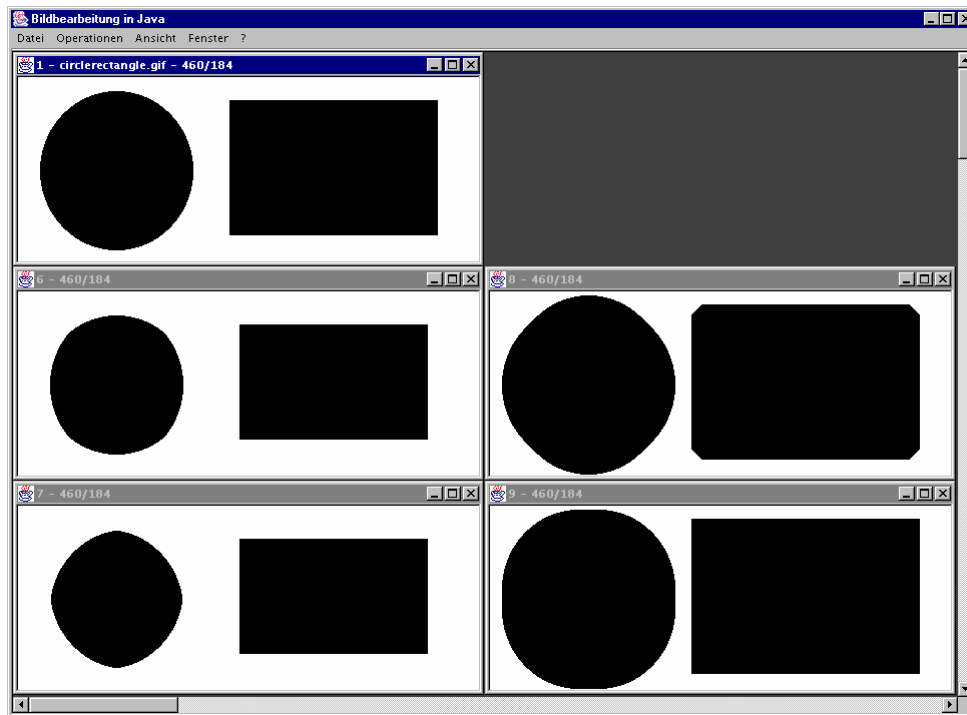


Abb. 2

Bild 6 und 8 (Zeile 2) sind Erosion und Dilatation von Bild 1 mit der 4er Nachbarschaft und einem SE der Größe 10
 Bild 7 und 9 (Zeile 3) sind Erosion und Dilatation von Bild 1 mit der 8er Nachbarschaft und ebenfalls einem SE der Größe 10.

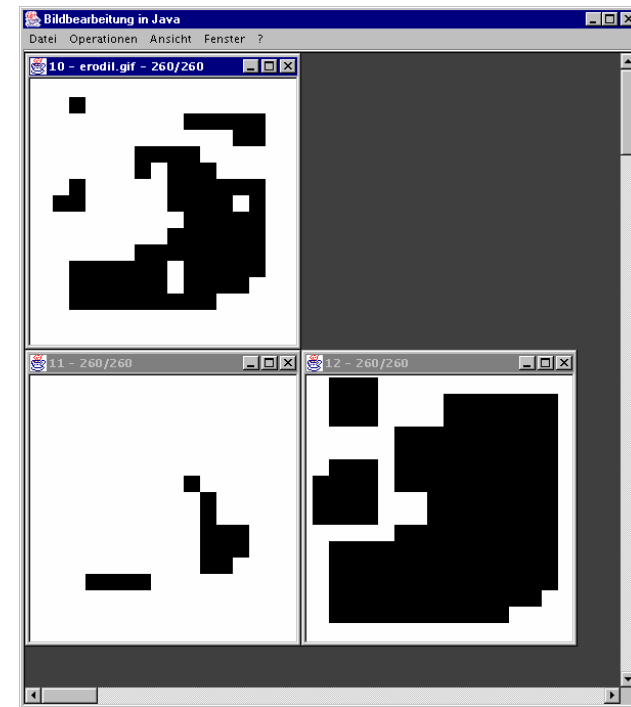


Abb. 3

Bild 11 und 12 (Zeile 2) sind Erosion und Dilatation von Bild 10 mit der 8er Nachbarschaft und einem SE der Größe 16.



Bilder zur Randbetrachtung (Abb. 4)

In Bild 13 liegen die Objekte am Rand, sind also nicht vollständig von Hintergrundpixeln (0'en) umgeben. In Bild 14 sieht man, wie die Grauwerte zum Rand hin zunehmen (aufgrund der Randbetrachtung beim Algorithmus zur Distanztransformation). Deswegen wird bei einer Erosion, wie in Bild 16, intuitiv nicht vom Rand her erodiert (was z.B. bei einer Annahme von 0'en außerhalb des Bildes der Fall wäre).

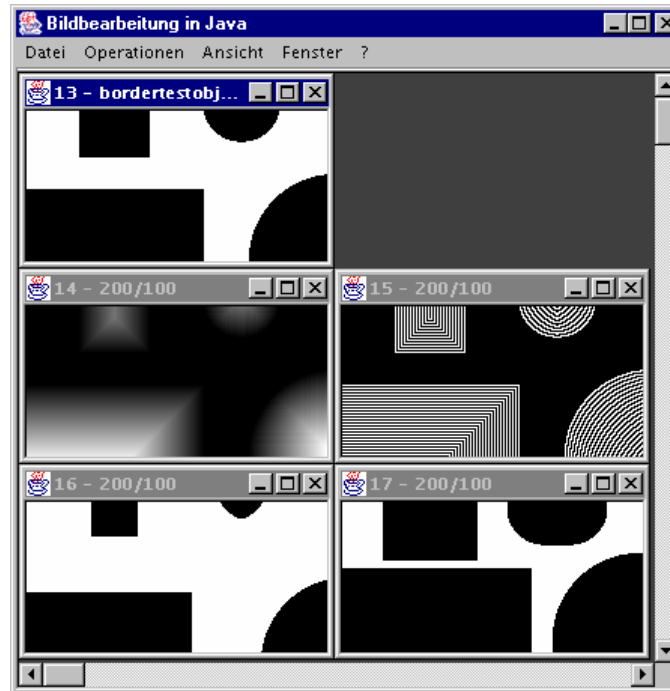


Abb. 4

Bild 14 und 15 (Zeile 2) sind Distanztransformationen von Bild 13, Bild 14 mit der 4er und Bild 15 mit der 8er Nachbarschaft (modulo 2).

Bild 16 und 17 (Zeile 3) sind Erosion und Dilatation von Bild 1 mit der 8er Nachbarschaft und einem SE der Größe 8.

Abschließend noch Bilder für Leute, die zulange vor dem Rechner saßen (Abb. 5)

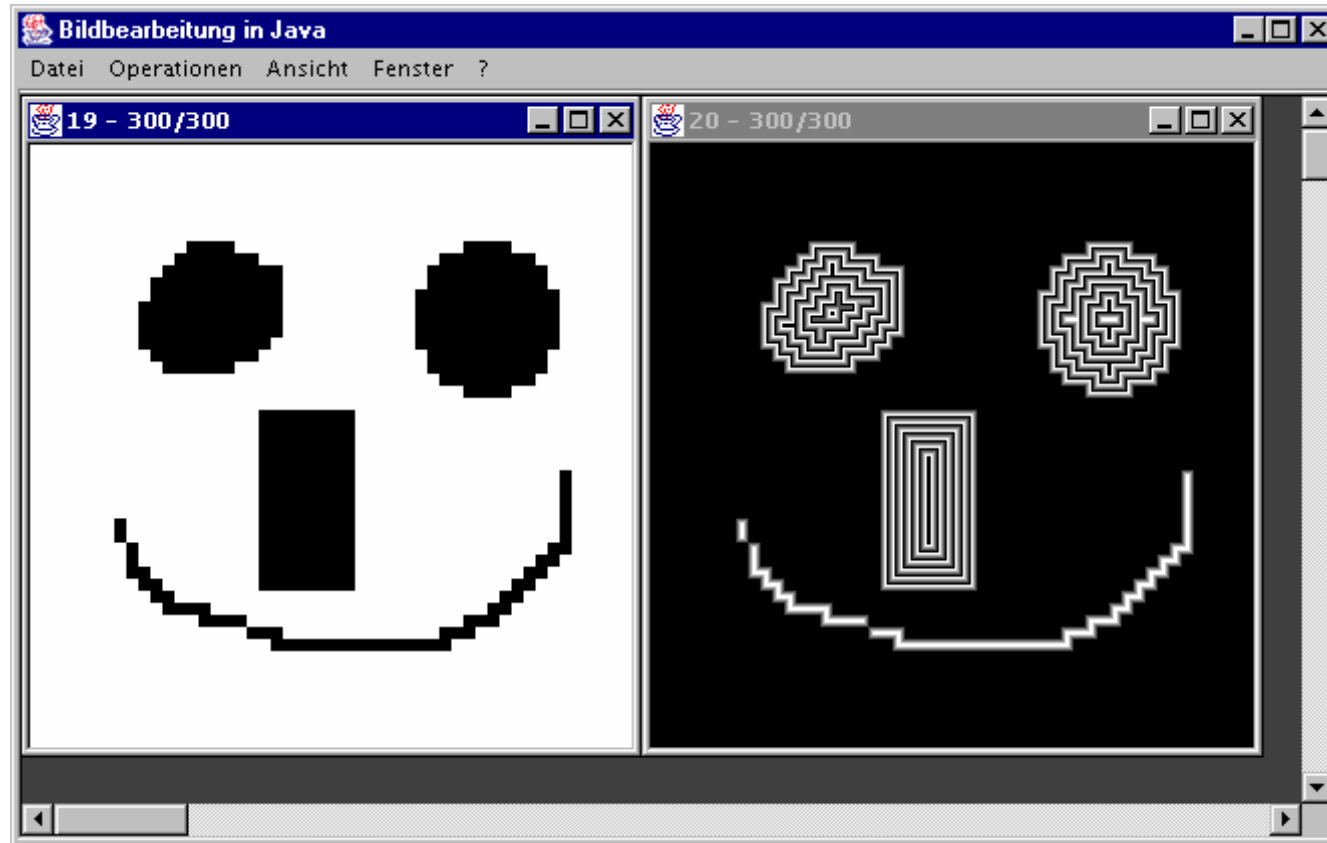


Abb. 5

Bild 20 ist die Distanztransformation von Bild 19, mit einer 8er Nachbarschaft und der Darstellung der Grauwerte modulo 8.

