

Digitale Bildverarbeitung

Einheit 9

Morphologische Operationen

Lehrauftrag SS 2006

Fachbereich M+I der FH-Offenburg



Dr. Bernard Haasdonk

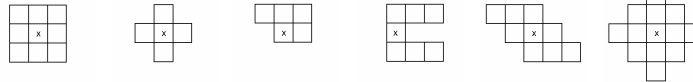
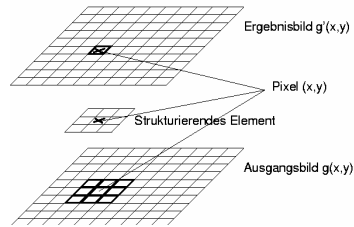
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Ziele der Einheit

- Verstehen, was **morphologische Operationen** sind und wie sie die Gestalt von Bildern verändern können
- Begriffe wie **Rangordnungsfilter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing** kennenlernen und anwenden können
- Einsehen, dass **nichtlineare** Filterung effektiver ist als **lineare** Filterung.
- Morphologische Operationen anwenden können zur
 - Rauschentfernung,
 - Objektergänzung, Füllen von Löchern,
 - Separation von Objekten,
 - „Schlankheitskur“ von Objekten durch Skelettierung
 - Kantenextraktion, ...

Morphologische Operationen

- Begriff **Morphologie**:
 - Lehre von den Gestalten und Formen.
- Morphologische Operationen verändern Objektformen
- Wie die linearen Filteroperationen beziehen morphologische Operationen die **Umgebung** eines Pixels mit ein, um den neuen Wert zu ermitteln
- Diese Umgebung wird über ein **strukturierendes Element** (Strukturelement, SE) definiert.
 - Enthält keine Zahlen, sondern ist nur eine **Quadrat-Anordnung** mit Angabe eines **Zentrums**
 - Das Zentrum markiert das Pixel, welches im neuen Bild gesetzt wird
- Beispiele von Strukturelementen:



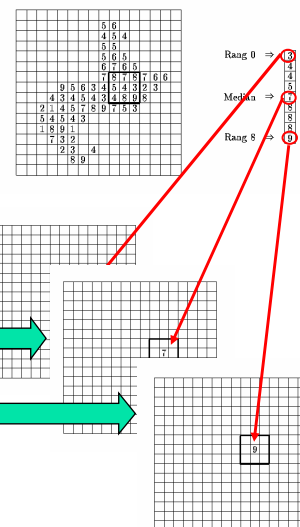
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

3

Operationen in Grauwertbildern

- Die Operation auf die Pixel ist keine arithmetische Verknüpfung, sondern basiert auf Ordnen der Pixelwerte, einer sogenannten **Rangordnung**
- Anschließend erfolgt die Wahl eines Ranges und das entsprechende Pixel wird in das neue Bild übernommen:
- Für das **Minimumfilter**: Rang 0
 - Wird auch **Erosion** genannt
 - Auch Ränge zwischen 0 und 4 möglich
- Für das **Medianfilter**: Rang 4
- Für das **Maximumfilter**: Rang 8
 - Wird auch **Dilatation** genannt
 - Auch Ränge zwischen 4 und 8 möglich
- Solche morphologischen Operationen werden daher auch **Rangordnungsfilter** genannt.



8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

4

Medianfilter

- Filterung bei **Salt-and-Pepper** Rauschen:



Verrauschtes Bild



Median-gefiltertes Bild

- Medianfilter ist hier ideal!
- Es erkennt die Rauschpunkte und filtert sie aus dem Bild

- Filterung bei **Gausschem** Rauschen

Verrauschtes Bild



Mediangefiltert



5x5 Strukturelement

Mediangefiltert



9x9 Strukturelement

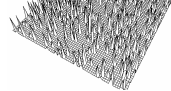
- Rauschen ist verringert, einige Kanten werden beibehalten, andere verwaschen
- Erst bei sehr starkem Rauschen bekommt das Medianfilter Probleme

Medianfilter

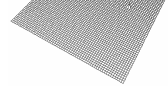
- Vergleich zwischen **Median-** und **Mittelwertfilter**:

- Salt-and-Pepper Rauschen:

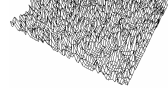
Verrauschtes Bild



Median-gefiltert



Mittelwert-gefiltert



- Gausschem Rauschen:

Mediangefiltert

9x9 Strukturelement



Mittelwertgefiltert

9x9 Filterkern



- Nichtlineare Median-Filterung ist wirkungsvoller als lineare Mittelwertfilterung

Erosion und Dilatation

- **Erosion:** Original → 2 mal Erosion → 4 mal Erosion
 Alle mit 3x3 Strukturelement, Zentrum in der Mitte
- **Dilatation:** Original → 2 mal Dilatation → 4 mal Dilatation
- Sinn bei Grauwert-/Farbbildern hauptsächlich künstlerisch
- Operationen sind **verlustbehaftet, nicht umkehrbar!**
- In ImageJ: Process -> Filters -> Median, Minimum, Maximum

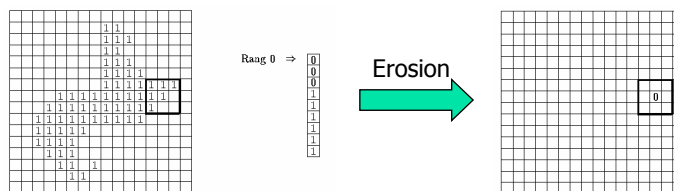
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

7

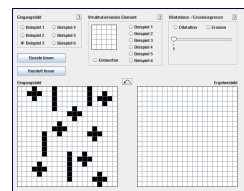
Operationen in Binärbildern

- Rangordnungsfiler können in Binärbildern **schnell berechnet** werden



- es reicht, die **Anzahl der Einsen** und der Nullen unter dem strukturierenden Element festzustellen.
- das zeitaufwendige **Sortieren entfällt**
- Java-Applet im WBT

<http://www.dbv-seminar-online.de/bvawebger/seminarraum/bvakapitel/morpholo/imbibild/bilder/parent3.htm>



8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

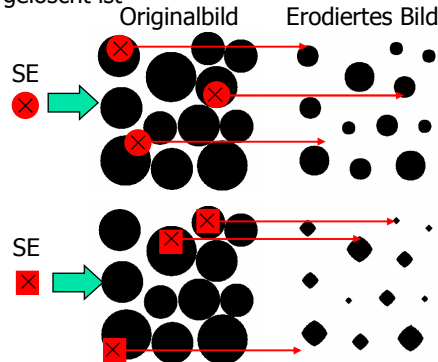
8

Erosion in Binärbildern

- **Regel** bei Binärbildern:
 - Ein Zentrumpixel im Ergebnisbild wird gelöscht (=0), wenn das SE im Ausgangsbild nicht vollständig innerhalb des zu erodierenden Objekts (Gebiet mit Pixelwert 1) liegt.
- **Erweiterte Version** mit Erodiergrenze m_e
 - Ein Pixel wird gelöscht, wenn höchstens eine vorgegebene Anzahl m_e von Pixeln unter dem SE gelöscht ist
- Die Erosion führt zu einer Kontraktion der Gebiete mit gesetzten Pixeln:

Bemerkung zur Bilddarstellung im Rest der Einheit: weiß = 0 und schwarz = 1!

- Bei nicht kreisförmigem SE erhält die Erosion eine Vorzugsrichtung



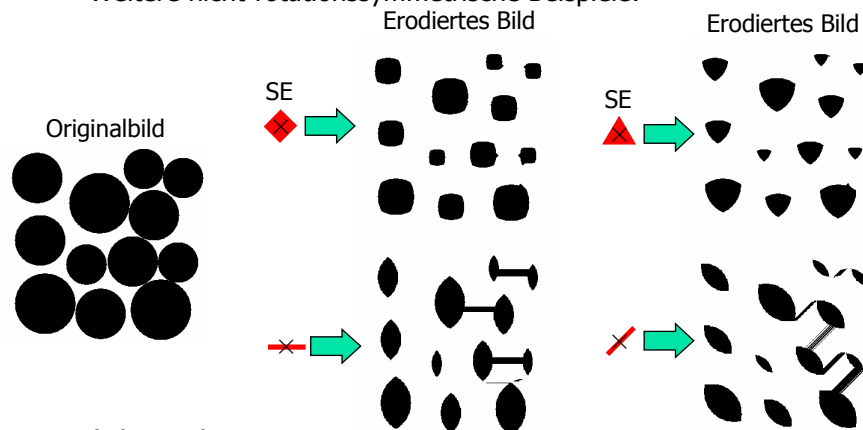
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

9

Erosion in Binärbildern

- Weitere nicht-rotationssymmetrische Beispiele:



- **Anisotropie:**
 - Bei großen SE werden Ränder meist richtungsabhängig abgetragen
 - kreisförmige sind daher zu empfehlen

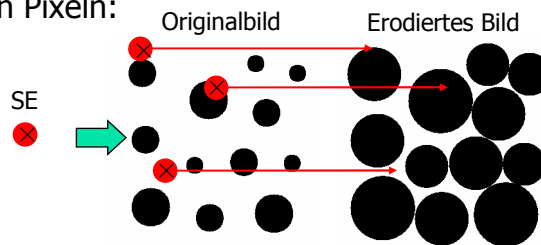
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

10

Dilatation in Binärbildern

- **Regel bei Binärbildern:**
 - Ein Zentrumpixel im Ergebnisbild wird dann gesetzt, wenn das SE im Ausgangsbild mindestens ein Pixel des zu erodierenden Objekts enthält.
- **Erweiterte Version mit Dilatiergrenze m_d :**
 - Ein Pixel wird gesetzt, wenn mindestens eine vorgegebene Anzahl m_d von Pixeln unter dem SE gesetzt ist
- Die Dilatation führt zu einer Ausdehnung der Gebiete mit gesetzten Pixeln:



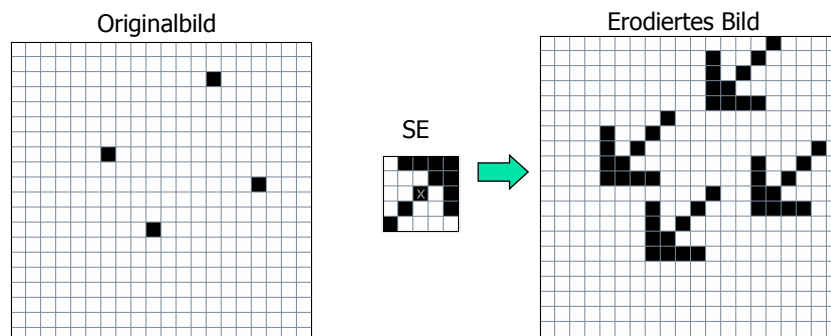
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

11

Dilatation in Binärbildern

- **Nicht-rotationssymmetrisches SE:**



- **Anschaulich:**
 - Jedes gesetzte Pixel im Ursprungsbild wird mit dem um **180 Grad gedrehten** Strukturelement „bestempelt“

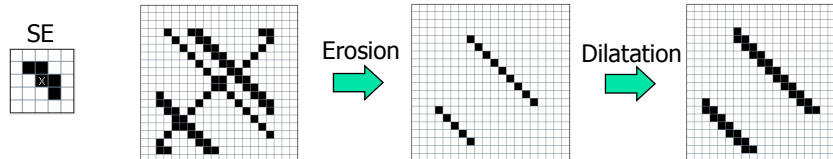
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

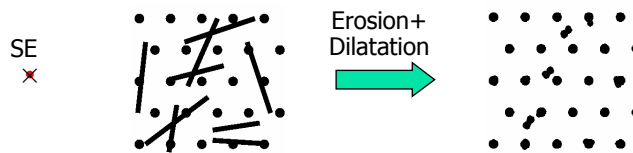
12

Opening in Binärbildern

- Die **Ouverture** oder das **Opening**
 - Ist eine Aneinanderfolge von **Erosion und Dilatation**
 - Die Topologie des Gebiets mit Pixelwert 1 wird „geöffnet“
- Beispiele
 - bestimmte **Richtungsanteile** können extrahiert werden:



- bestimmte **Bildstrukturen** können extrahiert werden
SE ist kleiner als Zielstruktur, aber größer als die störenden Anteile:



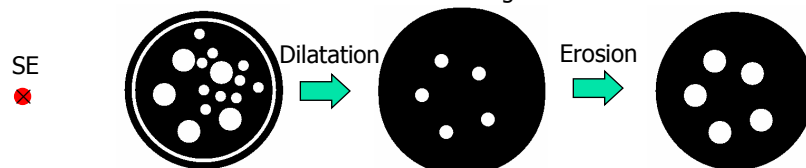
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

13

Closing in Binärbildern

- Die **Fermeture** oder das **Closing**
 - Ist eine Aneinanderfolge von **Dilatation und Erosion**
 - „Schließt“ kleine LÖcher in Objekten
- Beispiele:
 - Kreisförmiges SE, kleiner als die großen Löcher, größer als die kleinen Löcher und die Breite des Rings:



- Zusammenfügen** von Objektteilen, die unbeabsichtigt getrennt wurden:



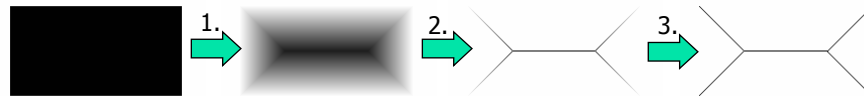
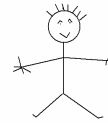
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

14

Skelettieren

- Ist eine **komplexere** morphologische Operation mit folgenden Zielen:
 - Die Objekte eines Bildes werden auf eine Dicke von ein bis zwei Pixel reduziert
 - Die Anzahl der Löcher und der Knoten und Äste und der Zusammenhang in einem Objekt bleibt erhalten.
 - Das Skelett verläuft in der Objektmitte
- Realisierung über Kombination von einfachen morphologischen Operationen und Bildverknüpfungen!
- Eine Methode unter vielen: die **Mittelachsentransformation (MAT)**:
 - 1. Eine **Distanztransformation**: Für jedes gesetzte Pixel wird in einem neuen Bild der Abstand zu dem Rand des Objekts eingetragen
 - 2. Eine **Mittelachsentransformation**: Die Kanten und Spitzen in dem resultierenden Distanz-Bild werden extrahiert
 - 3. Eine **Binärisierung** liefert das Skelett:



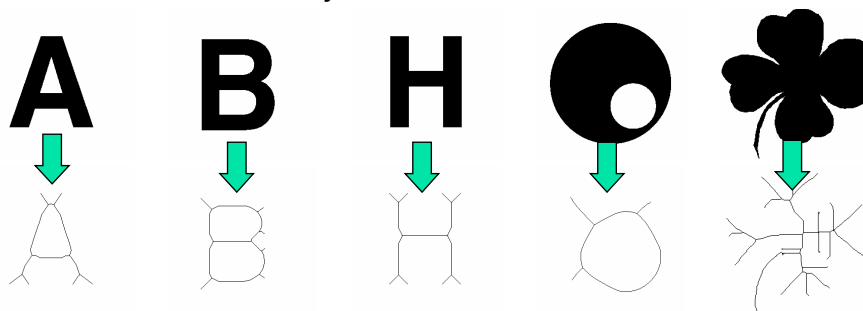
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

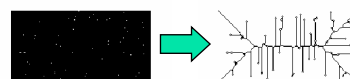
15

Skelettieren

- Beispiele der Skelettierung
 - Charakteristisch für die Mittelachsentransformation sind kleine Ausläufer an den Objektenden



- Effekt von **Rauschen**:
 - Die Mittelachsentransformation ist sehr rauschanfällig, daher bietet sich eine vorherige Filterung/Glättung des Bildes an.



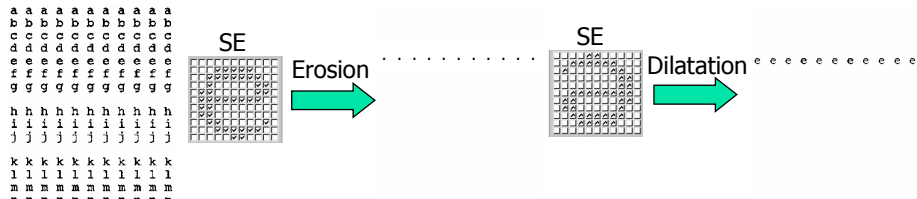
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

16

Anwendungen

- Anwendungsfelder von morphologischen Operationen
 - **Objektdetektion**: Erosion mit einem Strukturelement, das dem Objekt entspricht, liefert Positionen des Auftretens
 - **Objektsegmentierung**: Objektdetektion mit zusätzlicher Dilatation mit rotiertem SE liefert nur die gewünschten Objekte



- **Randextraktion**: Differenz zwischen Original und Erodierterm Bild
- **Granulometrie**: Messen der Größe und Häufigkeit von Partikel durch Opening mit verschiedenen großen SE
- Untersuchung von Nerven- und Gefäßsystemen, Land-, Straßen und Wasserlauf-Karten durch **Skelettierung**

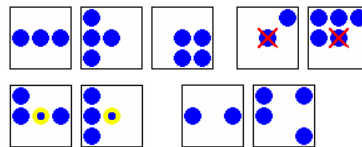
8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

17

Anwendungen

- **Game of Life**
 - Sehr unterhaltsames Beispiel für morphologische Operationen
 - 1970 von John Conway entwickelt als sogenannter Zellulärer Automat
- Regeln für die wiederholt angewandte Morphologische Operation:
 - 1-Pixel sind „lebende Zellen“, 0-Pixel sind „tote Zellen“
 - Eine lebende Zelle bleibt lebendig bei 2 oder 3 Nachbarn, sonst stirbt sie
 - Eine tote Zelle erwacht bei 3 Nachbarn zum Leben, sonst bleibt sie tot.
- Philosophisch, Biologisch, Mathematisch Interessant:
 - Aus einfachen Mustern und einfachen Regeln entwickeln sich komplexe Strukturen mit bestimmtem „Verhalten“: Wie im realen Leben?
- Web-Ressourcen:
 - <http://www.math.com/students/wonders/life/life.html>
 - Vielfältig verfügbar, z.B. [life32](http://www.xs4all.nl/~jbontes/): <http://www.xs4all.nl/~jbontes/>



8.4.2006

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2006, Einheit 9

18

Zusammenfassung

- Morphologische Operationen verändern die Form von Objekten
- Das strukturierende Element legt fest, welche Bildpunkte bei der Operation berücksichtigt werden. Es kann frei definiert werden.
- Medianfilter, Erosion und Dilatation werden durch Rangordnungen (Grauwertbild) oder Pixel-Zählen (Binärbild) realisiert.
- Opening und Closure sind Kombinationen der Basisoperationen
- Verschiedene Effekte können realisiert werden:
 - Das Medianfilter eliminiert Rauschpunkte und kleine Bildstörungen
 - Die Erosion trägt Ränder von Objekten ab, Dilatation fügt Randpixel zu Objekten hinzu.
 - Ein Opening kann kleine Objekte eliminieren, Closing kann kleine Löcher schließen
 - Skelettierung z.B. durch die MAT ermöglicht erfassen der Objekttopologie
- Morphologische Operationen sind in vielen Anwendungen erfolgreich und sinnvoll
 - Bildfilterung, Granulometrie, Zelluläre Automaten
 - Objektdetektion, Objektsegmentierung, Gefäßanalyse