

Digitale Bildverarbeitung

Einheit 9

Morphologische Operationen

Lehrauftrag WS 05/06

Fachbereich M+I der FH-Offenburg



Dipl.-Math. Bernard Haasdonk

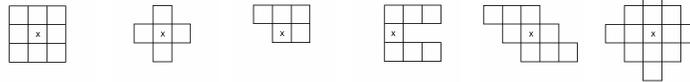
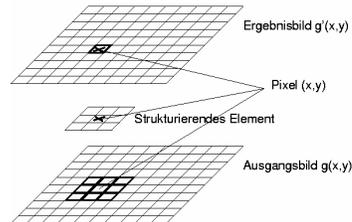
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

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:



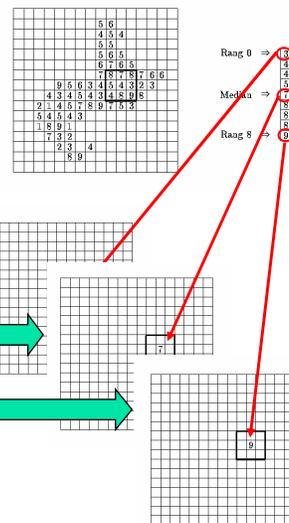
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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 **Rangordnungsfiler** genannt.



20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

4

Medianfilter

- Filterung bei Salt-and-Pepper Rauschen:



- 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

20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

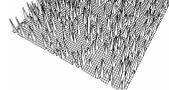
5

Medianfilter

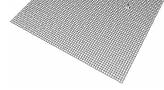
- Vergleich zwischen Median- und Mittelwertfilter:

- Salt-and-Pepper Rauschen:

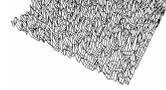
Verrauschtes
Bild



Median-
gefiltert



Mittelwert-
gefiltert



- Gausschem Rauschen:

Mediangefiltert
9x9 Strukturelement



Mittelwertgefiltert
9x9 Filterkern



- Nichtlineare Median-Filterung ist wirkungsvoller als lineare Mittelwertfilterung

20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

6

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

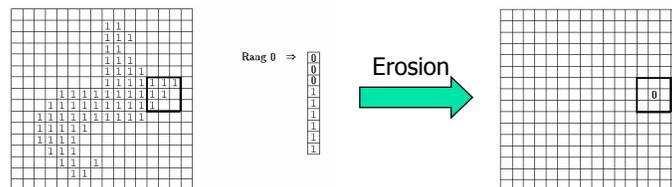
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

7

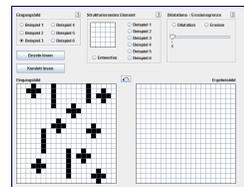
Operationen in Binärbildern

- 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>



20.12.2005

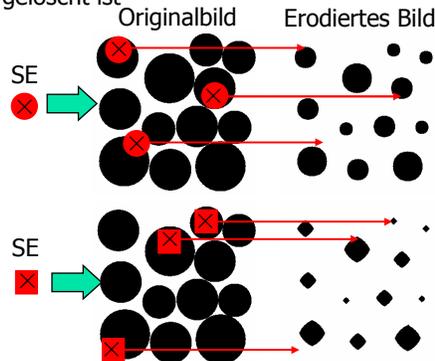
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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



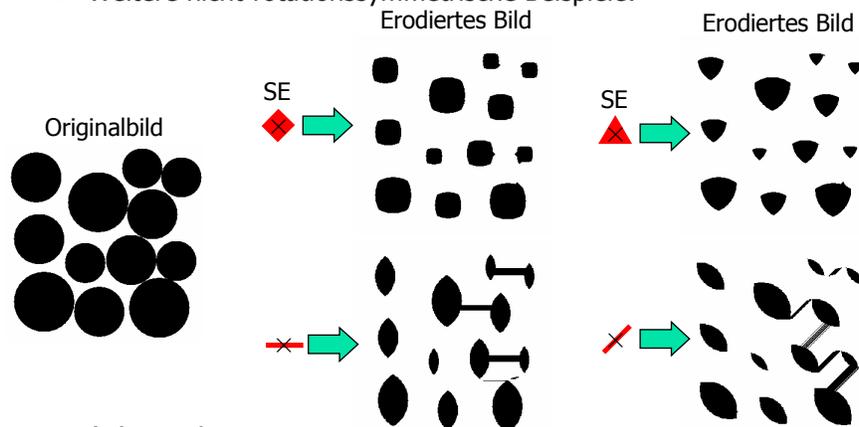
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

9

Erosion in Binärbildern

- Weitere nicht-rotationssymmetrische Beispiele:



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

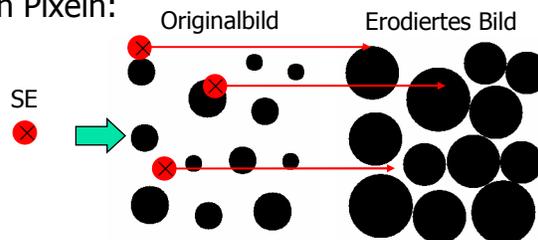
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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:



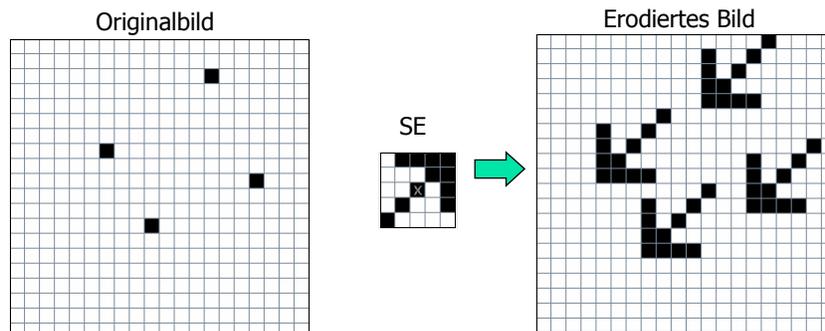
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

11

Dilatation in Binärbildern

- Nicht-rotationssymmetrisches SE:



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

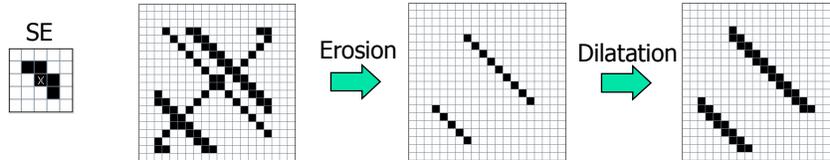
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

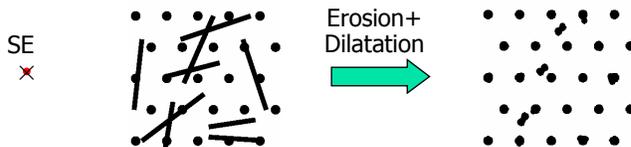
12

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:



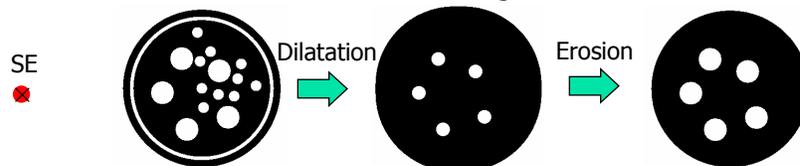
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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:



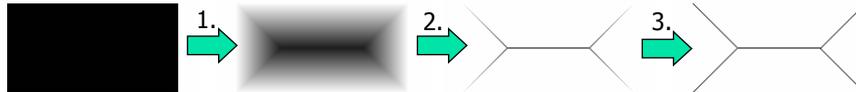
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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 **Binarisierung** liefert das Skelett:



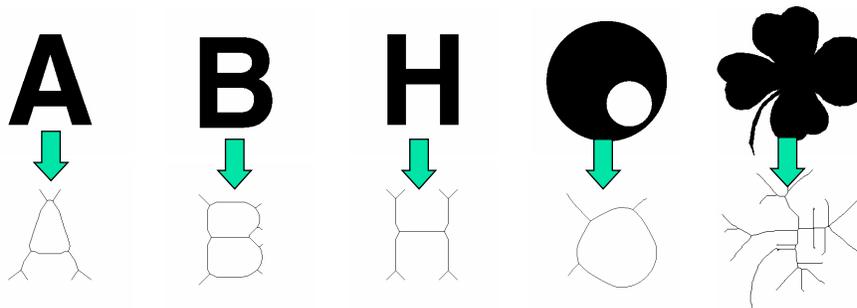
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

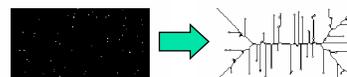
15

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.



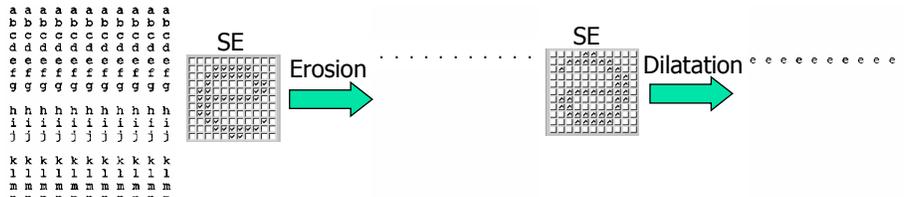
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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 Erodiertem Bild
- **Granulometrie:** Messen der Größe und Häufigkeit von Partikel durch Opening mit verschieden großen SE
- Untersuchung von Nerven- und Gefäßsystemen, Land-, Straßen und Wasserlauf-Karten durch **Skelettierung**

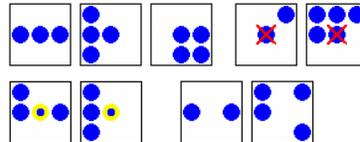
20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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/>



20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

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

20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

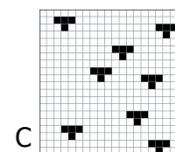
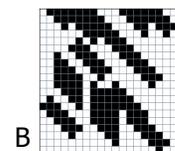
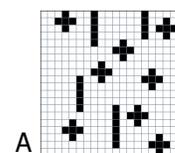
19



Aufgaben



- 1. **Medianfilterung vs. Mittelwertfilterung**
Das Bild von Folie 3 aus Einheit 4 soll gefiltert werden, wobei das Bild über den Rand hinaus mit „255“ fortgesetzt gedacht sein soll
 - a) mit dem 3x3 Median-Filter
 - b) mit dem 3x3 Mittelwertfilter
 - c) Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Erkenntnissen aus dieser Einheit.
- 2. Morphologische Operation in **Binärbildern**
 - Gegeben ist das Binär-Bild A (schwarz = 1, weiß = 0).
 - a) Durch welche Morphologische Operation wird aus Bild A das Ergebnis B bzw. C erzeugt?
 - b) Welche Strukturierenden Elemente mit welchem Zentrum müssen verwendet werden?
- 3. Morphologie und **Punktoperation**
 - a) Wie kann eine Erosion im Binärbild mit Hilfe von Punktoperationen durch eine Dilatation realisiert werden?
 - b) Klappt das auch bei Closing und Opening (mit Begründung)?



20.12.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

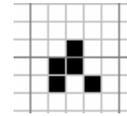
20



Aufgaben



- 4. **Skelettierung**
 - Wie sehen die Skelette eines Quadrats, eines Kreises und einer Ellipse aus?
 - 5. **Kombination: Morphologie, Punktoperationen & Logik**
 - Gegeben Sei ein beliebiges Binärbild einer geschlossenen Kontur D. Innerhalb dieser Kontur wird ein Pixel gesetzt und folgender Algorithmus in einer Schleife wiederholt
 1. Eine Dilatation mit dem zweiten SE von Folie 3 wird durchgeführt
 2. Das Bild wird „AND“-verknüpft mit dem Inversen von D
 - a) Was ist der anschauliche Effekt dieser Operation auf das Originalbild?
 - b) Wird sich das Bild immer weiter ändern, oder setzt eine stabile Situation ein?
 - 6. **Game of Life**
 - a) Wie bewegt sich der rechts abgebildete „Gleiter“?
 - b) Finden Sie ein stabiles Muster aus 7 Pixeln.
 - c) Finden Sie eine Struktur, die mit Periode 3 oszilliert.
 - d) Finden Sie eine Struktur, die sich waagrecht bewegt.
 - e) Finden Sie eine Struktur, die regelmäßig Gleiter produziert.
- Lösungen zu 5. können gerne per Email eingeschickt werden (als .lif Datei oder ASCII-Text)



Frohe Weihnachten

und Guten Rutsch!