



Bildverarbeitung 1 Vom Pixel zum Objekt

Dr. Andrea Miene

Themengebiete der Bildverarbeitung

Grundlagen

Anwendungen

► Bildverarbeitung vom Pixel bis zum erkannten Objekt

- Bildgebung
- Vorverarbeitung
- Segmentierung
- Merkmalsextraktion
- Klassifikation

Binärbild-
verarbeitung

Menschliches
vs. Maschinelles
Sehen

Farbbild-
verarbeitung

Textur-
analyse

Binärbildverarbeitung

- ▶ Einführung
- ▶ Mengenoperationen
- ▶ Morphologische Basisoperationen Dilatation und Erosion
- ▶ Komplexe morphologische Operationen
 - Öffnen und Schließen
 - Hit or Miss
 - Skelettierung
 - Konturextraktion
 - Segmentierung mit dem Grassfire Algorithmus
- ▶ Morphologie für Grauwertbilder
- ▶ Zusammenfassung

Komplexe Morphologie: Konturextraktion

► Extrahieren der Ränder der Regionen (Konturen)

- Ring von Punkten um die Regionen:

$$A = (E \langle + \rangle X) \setminus E$$

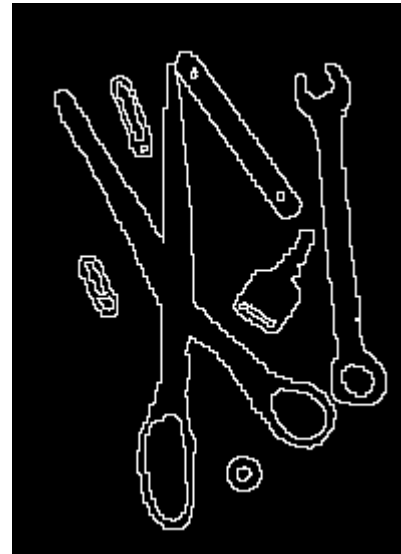
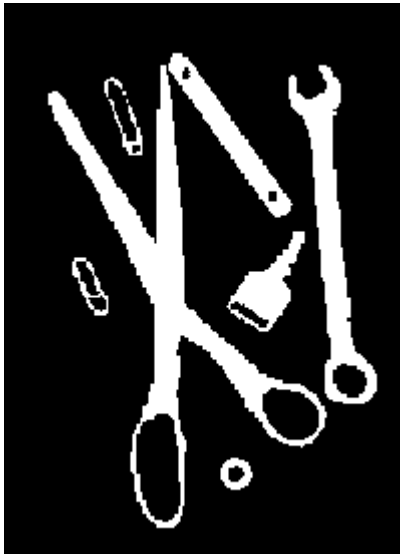
- Randpunkte der Region:

$$A = E \setminus (E \langle - \rangle X)$$

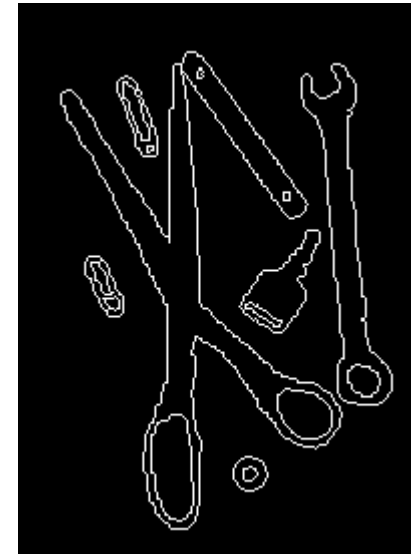
- Strukturierendes Element X ist Kreuz oder Rechteck in 3x3 Nachbarschaft (liefert Konturen mit 8er oder 4er Konnektivität)

Komplexe Morphologie: Konturextraktion

- ▶ Ring von Punkten um die Regionen



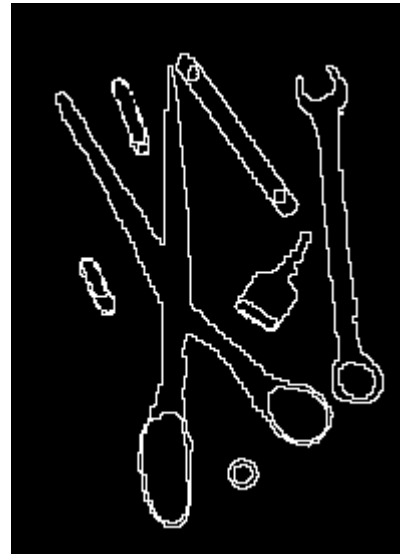
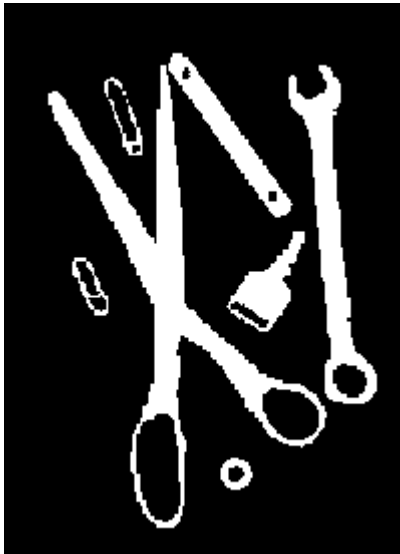
4er Konnektivität



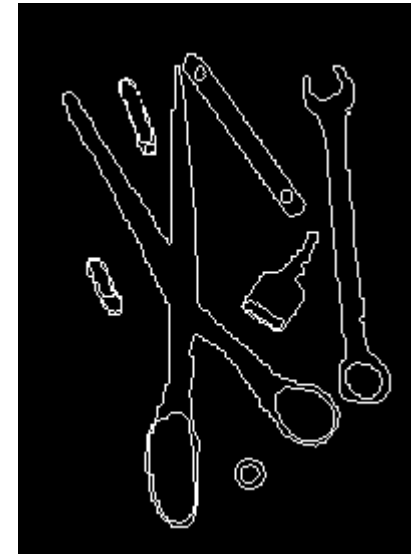
8er Konnektivität

Komplexe Morphologie: Konturextraktion

- ▶ Rand der Regionen



4er Konnektivität



8er Konnektivität

Binärbildverarbeitung

- ▶ Einführung
- ▶ Mengenoperationen
- ▶ Morphologische Basisoperationen Dilatation und Erosion
- ▶ Komplexe morphologische Operationen
 - Öffnen und Schließen
 - Hit or Miss
 - Skelettierung
 - Konturextraktion
 - Segmentierung mit dem Grassfire Algorithmus
- ▶ Morphologie für Grauwertbilder
- ▶ Zusammenfassung

Segmentierung mit Grassfire

► Grassfire Algorithmus

- Simulation eines Steppenbrandes
- Bereichswachstumsverfahren, das jeder Region ein eindeutiges Label zuweist
- Abbrennen topologisch zusammenhängender und beliebig geformter Objekte
- Ausgehend von einem Startpunkt (Zündpunkt)
- Abgebrannte Region erhält ein eindeutiges Label und wird in das Ergebnisbild geschrieben

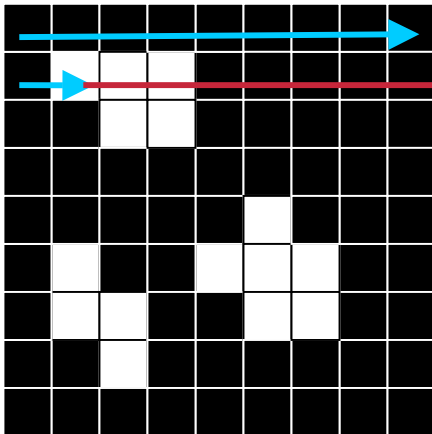
Segmentierung mit Grassfire

▶ Grassfire Algorithmus

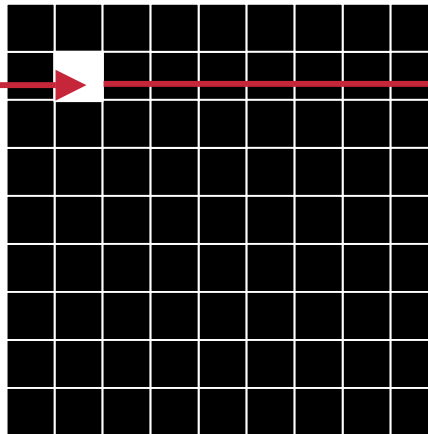
1. Laufe von links oben nach rechts unten durch das Bild, bis ein gesetzter Punkt gefunden wird und nutze diesen als Zündpunkt
2. Setze den Zündpunkt im Markierungsbild
3. Dilatiere das Markierungsbild (z.B. mit 3x3 Kreuz)
4. Verknüpfe das Originalbild mit dem Markierungsbild durch „AND“
5. Zähle gesetzte Punkte im Markierungsbild
 - Steigend: Gehe zu Schritt 3
 - Gleichbleibend: Region fertig abgebrannt, weiter mit 6.
6. Region aus dem Markierungsbild im Ausgabebild setzen (eindeutiges Label verwenden) und Markierungsbild zurücksetzen. Region aus dem Eingabebild löschen.
Weiter mit 1., bis Bildende erreicht

Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

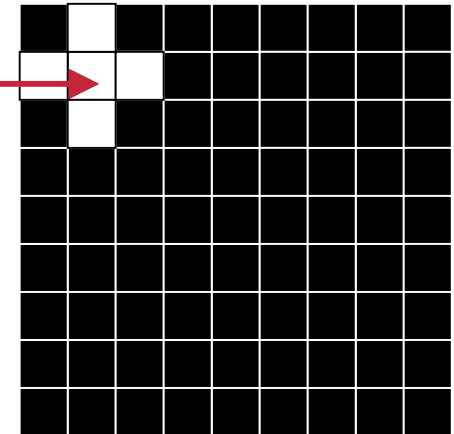
Eingabebild



Markierungsbild



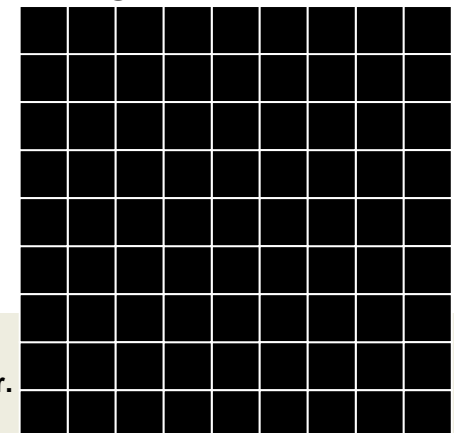
Dilatation



1. Startpunkt suchen und im Markierungsbild setzen

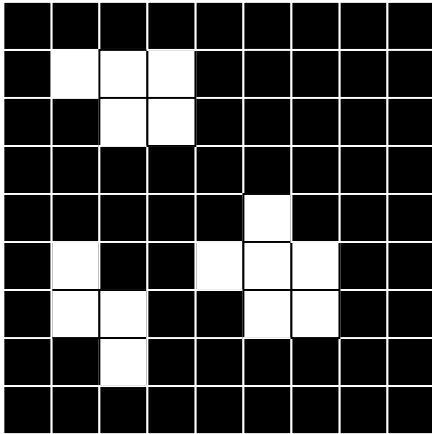
2. Markierungsbild mit 3x3 Kreuz dilatieren

Ausgabebild

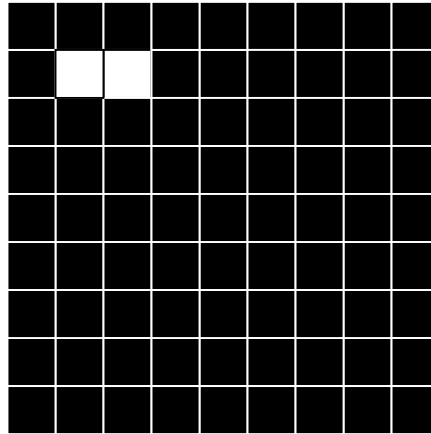


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

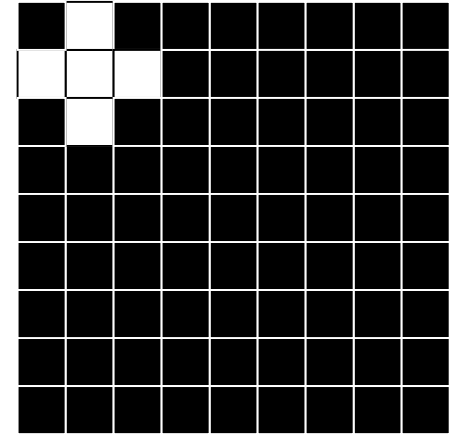
Eingabebild



Markierungsbild

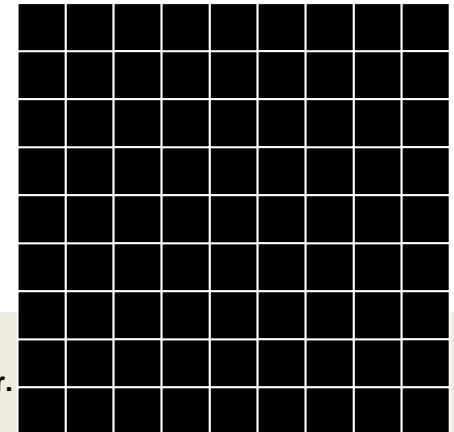


Dilatation



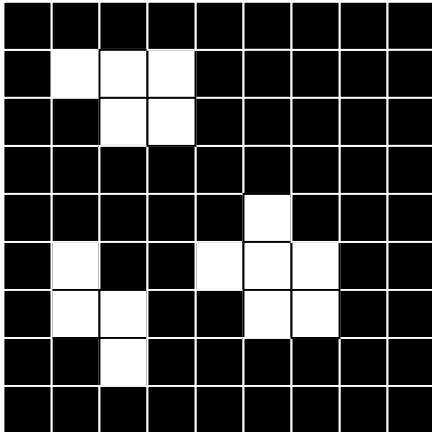
3. Markierungsbild= Eingabebild AND Dilatation
 Pixel zählen
 Wenn Anzahl gestiegen, weiter mit 2.,
 sonst weiter mit 4.

Ausgabebild

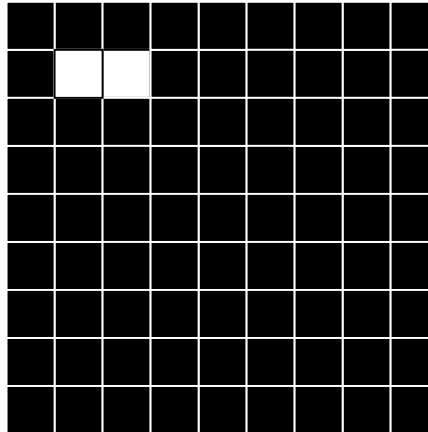


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

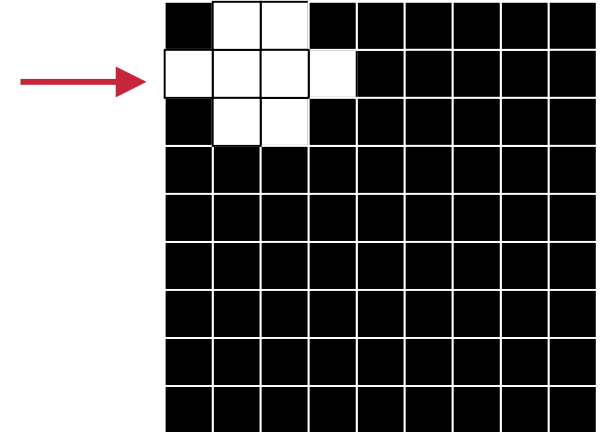
Eingabebild



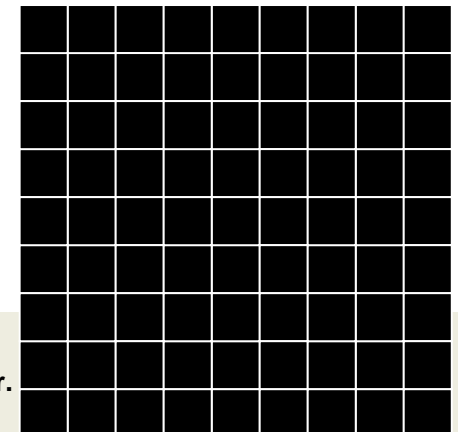
Markierungsbild



Dilatation



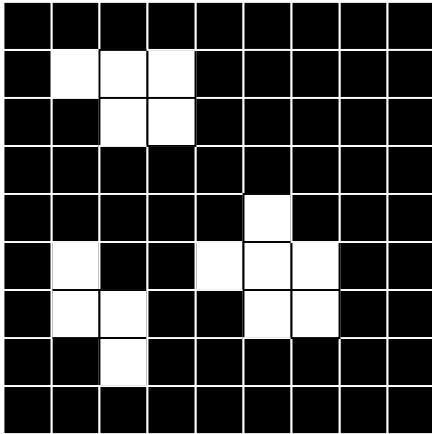
Ausgabebild



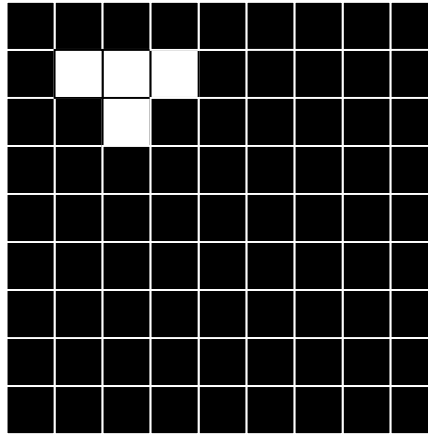
2. Markierungsbild mit 3x3 Kreuz dilatieren

Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

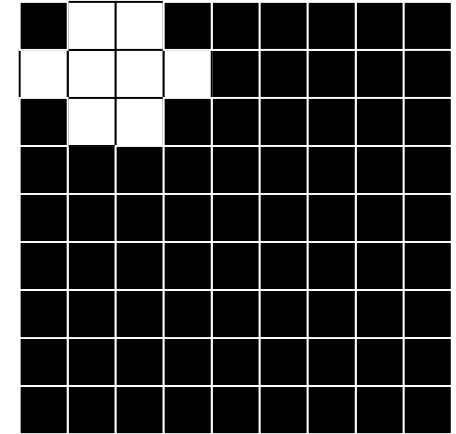
Eingabebild



Markierungsbild

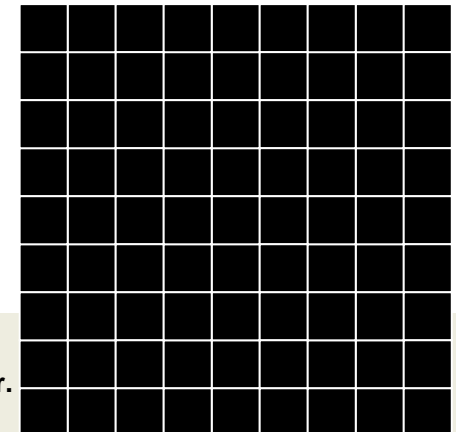


Dilatation



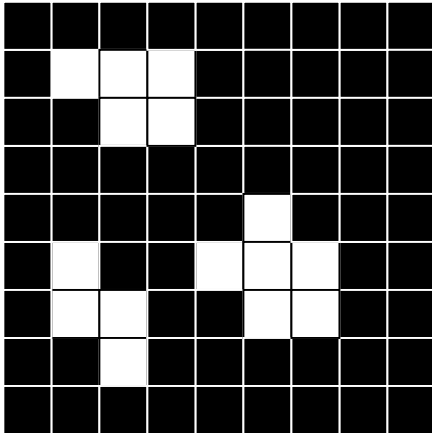
3. Markierungsbild= Eingabebild AND Dilatation
 Pixel zählen
 Wenn Anzahl gestiegen, weiter mit 2.,
 sonst weiter mit 4.

Ausgabebild

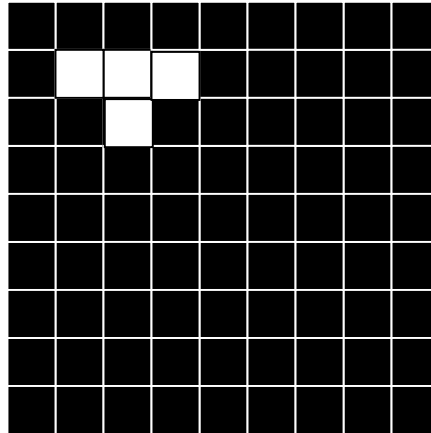


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

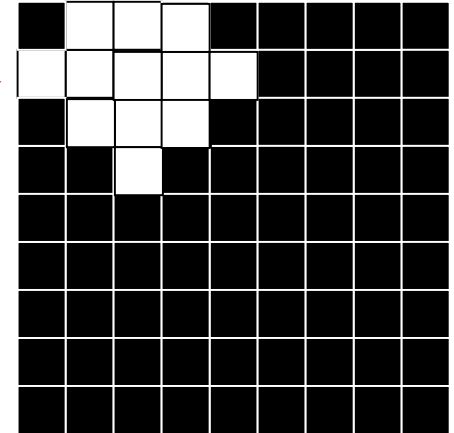
Eingabebild



Markierungsbild

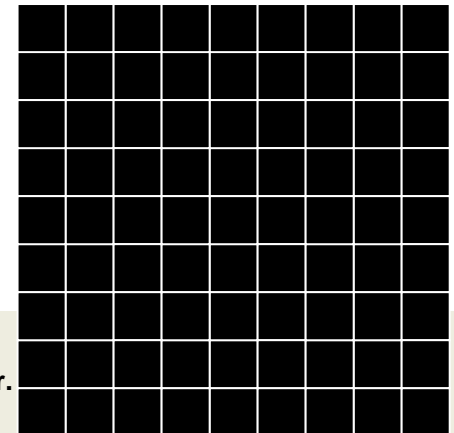


Dilatation



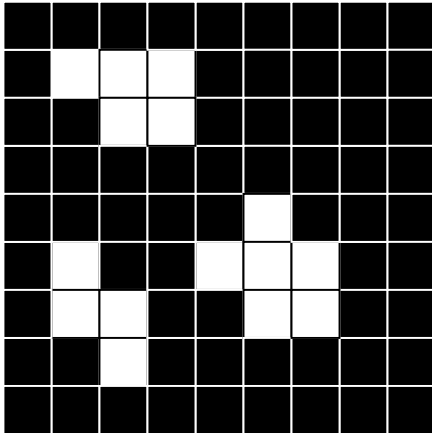
2. Markierungsbild mit 3x3 Kreuz dilatieren

Ausgabebild

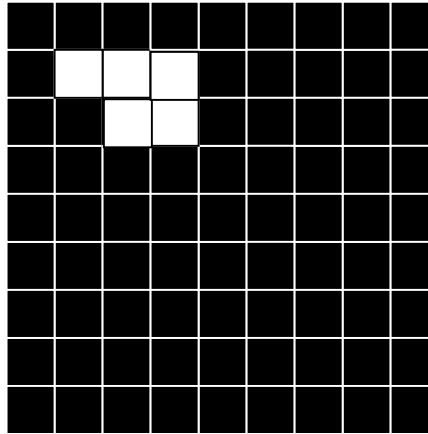


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

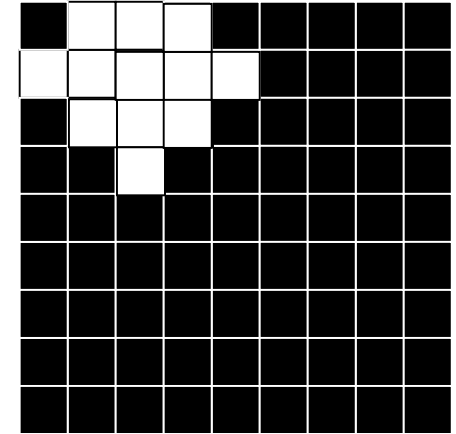
Eingabebild



Markierungsbild

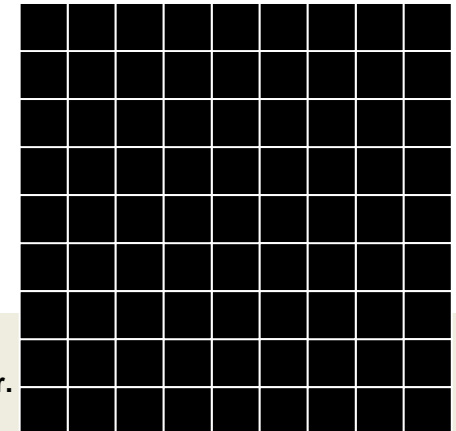


Dilatation



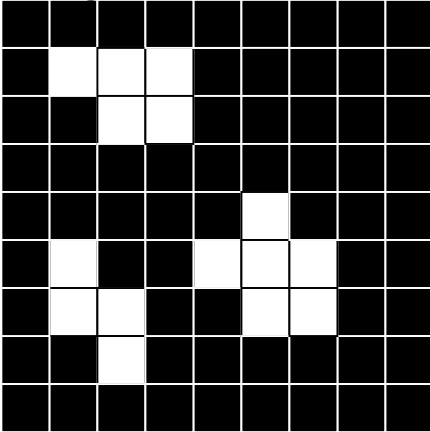
3. Markierungsbild= Eingabebild AND Dilatation
 Pixel zählen
 Wenn Anzahl gestiegen, weiter mit 2.,
 sonst weiter mit 4.

Ausgabebild

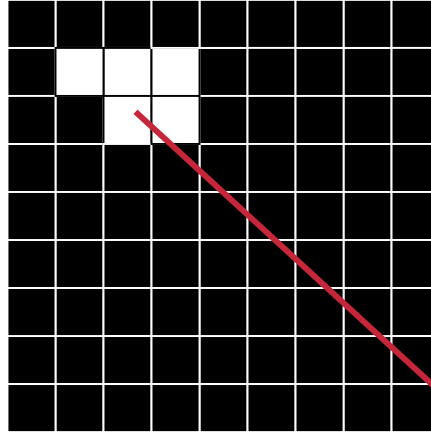


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

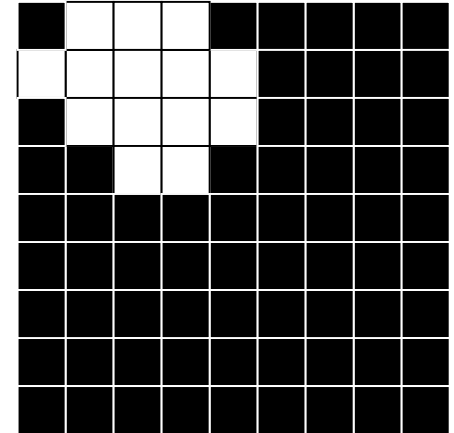
Eingabebild



Markierungsbild



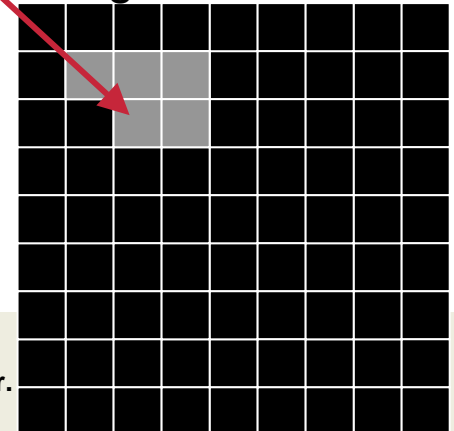
Dilatation



Erneute Dilatation und AND-Verknüpfung bringt keine größere Anzahl Pixel mehr Objekt segmentiert!

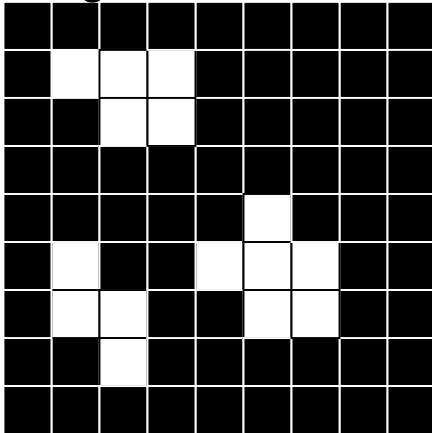
4. Markierungsbild (mit Label farbig kodiert) in das Ausgabebild kopieren

Ausgabebild

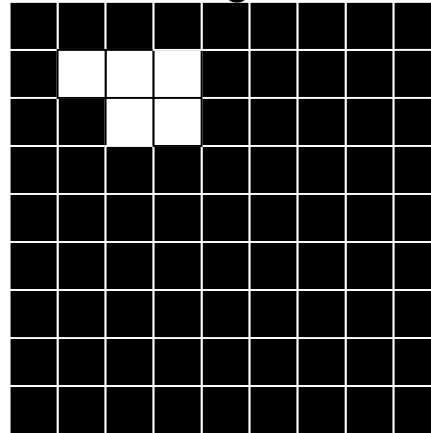


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

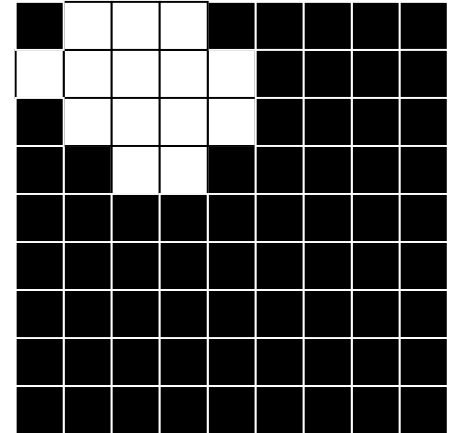
Eingabebild



Markierungsbild

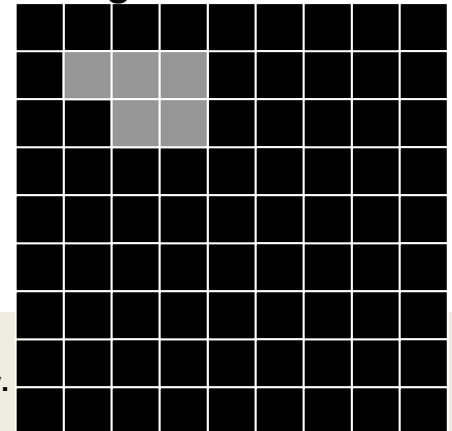


Dilatation



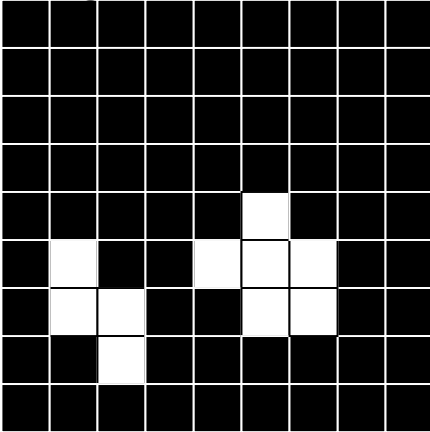
5. Eingabebild = Eingabebild XOR Markierungsbild
(um abgebrannte Region zu löschen)

Ausgabebild

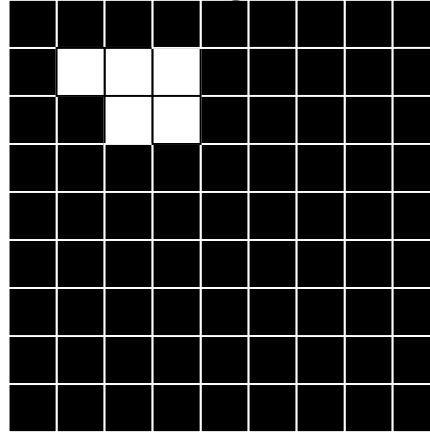


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

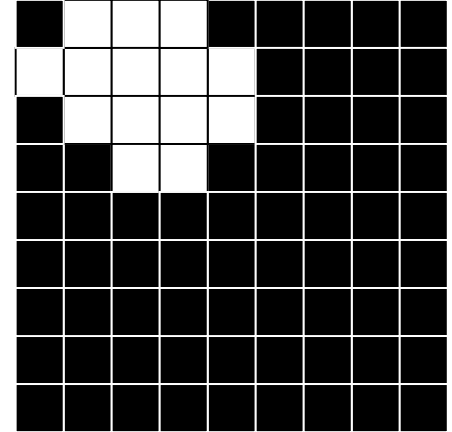
Eingabebild



Markierungsbild

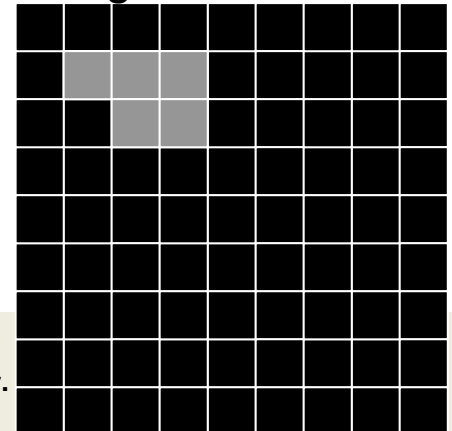


Dilatation



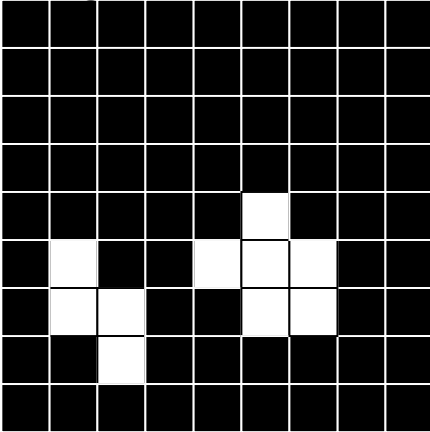
5. Eingabebild = Eingabebild XOR Markierungsbild
(um abgebrannte Region zu löschen)

Ausgabebild

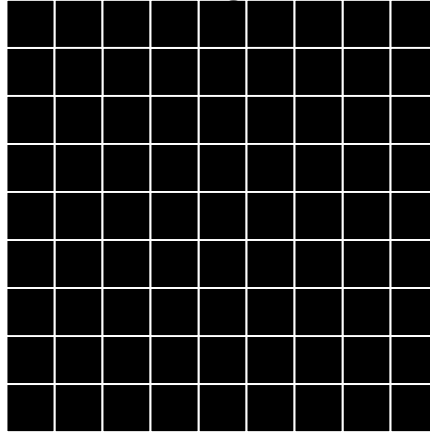


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

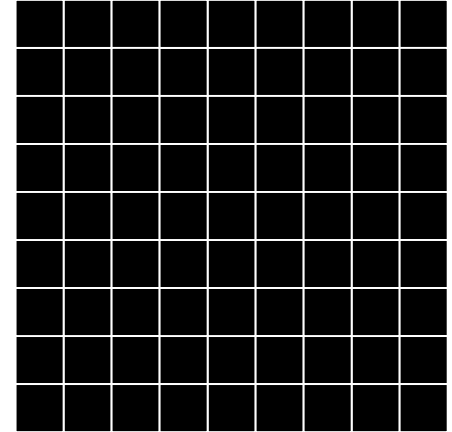
Eingabebild



Markierungsbild



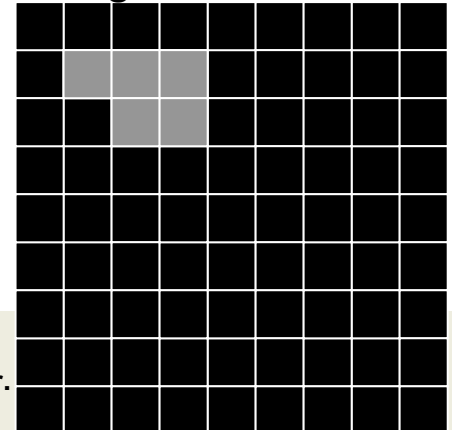
Dilatation



6. Markierungsbild zurücksetzen

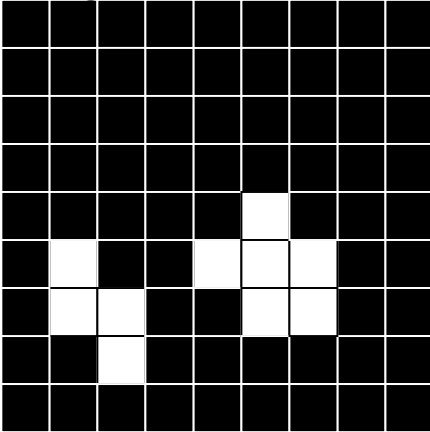
7. Weiter mit 1. bis rechte untere Ecke erreicht wird

Ausgabebild

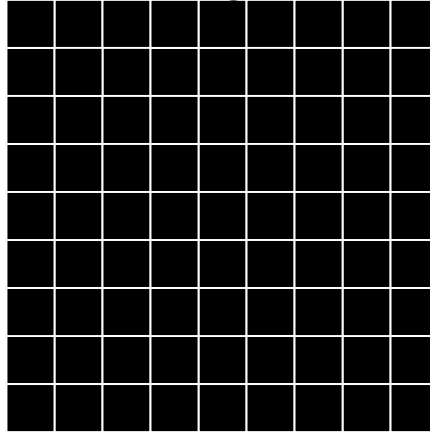


Segmentierung mit Grassfire - Beispiel

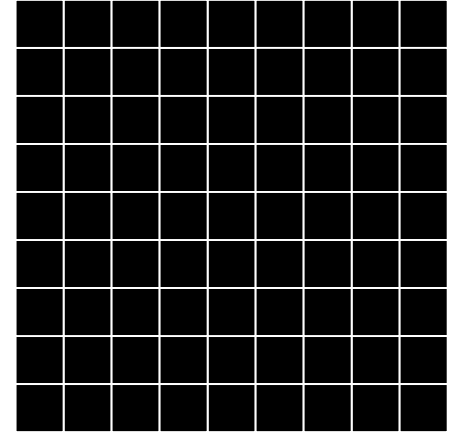
Eingabebild



Markierungsbild



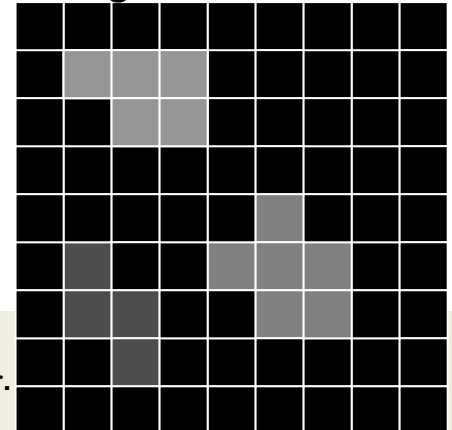
Dilatation



6. Markierungsbild zurücksetzen

7. Weiter mit 1. bis rechte untere Ecke erreicht wird

Ausgabebild



Binärbildverarbeitung

- ▶ Einführung
- ▶ Mengenoperationen
- ▶ Morphologische Basisoperationen Dilatation und Erosion
- ▶ Komplexe morphologische Operationen
 - Öffnen und Schließen
 - Hit or Miss
 - Skelettierung
 - Konturextraktion
 - Segmentierung mit dem Grassfire Algorithmus
- ▶ Morphologie für Grauwertbilder
- ▶ Zusammenfassung

Morphologie für Grauwertbilder

- ▶ Morphologische Operationen übertragen auf 8 Bit
- ▶ Lösung: Rangordnungsfilter bezüglich der Werte, die das strukturierende Element vorgibt
 - Dilatation: Maximum Operator
 - Vergrößern heller Details
 - Bezugspunkt= Maximum der Werte aus der Nachbarschaft, die das strukturierende Element vorgibt
 - Erosion: Minimum Operator
 - Vergrößern dunkler Details
 - Bezugspunkt= Minimum der Werte aus der Nachbarschaft, die das strukturierende Element vorgibt

Morphologie für Grauwertbilder

- ▶ Erosion (Minimum) und Dilatation (Maximum)
- ▶ Vergrößerung dunkler bzw. heller Details



Original



Erosion mit 5x5 Rechteck



Dilatation mit 5x5 Rechteck

Binärbildverarbeitung

- ▶ Einführung
- ▶ Mengenoperationen
- ▶ Morphologische Basisoperationen Dilatation und Erosion
- ▶ Komplexe morphologische Operationen
 - Öffnen und Schließen
 - Hit or Miss
 - Skelettierung
 - Konturextraktion
 - Segmentierung mit dem Grassfire Algorithmus
- ▶ Morphologie für Grauwertbilder
- ▶ Zusammenfassung

Binärbildverarbeitung

► Zusammenfassung

- Binärbilder können mit einfachen Mengenoperatoren verknüpft werden
 - Komplement (NOT), Schnittmenge (AND), Vereinigungsmenge (OR), Mengendifferenz, symmetrische Mengendifferenz (XOR)
- Morphologische Operationen erlauben eine Nachbearbeitung der Form der Regionen
 - Basisoperatoren Erosion und Dilatation
 - Übertragung auf Grauwertbilder: Minimum und Maximum
 - Komplexe morphologische Operationen bauen darauf auf
- Segmentierung, Trennen und Markieren von Regionen mit Grassfire Algorithmus

Binärbildverarbeitung

► Literatur

- [Abmayr 94] Wolfgang Abmayr. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*. B.G. Teubner, 1994.
- [Jähne 05] Bernd Jähne: *Digitale Bildverarbeitung*. Springer-Verlag, 2005.
- [Serra 82] J. Serra. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Academic Press, 1982.
- [Soille 04] P. Soille. *Morphological Image Analysis: Principles and Applications*. Springer, 2004.

Prüfungen

- ▶ Bisher schon über 60 Anmeldungen zu mündlichen Prüfungen
- ▶ Wunschtermine
 - Alle, die sich bei mir (im Web oder per Mail) angemeldet haben, bekommen per Mail einen Fragebogen, auf dem sie Wünsche zu Prüfungsterminen angeben können
 - Ich versuche wenn möglich, eure Wünsche zu berücksichtigen
- ▶ Planung der Prüfungstermine
 - Jeder bekommt eine Mail mit einem verbindlichen Prüfungstermin
 - Nicht Erscheinen muss als nicht bestanden gewertet werden (Ausnahme Krankheit mit ärztlichem Attest)

Prüfungen

- ▶ Alle Prüfungstermine finden in der vorlesungsfreien Zeit im Anschluss an dieses Semester statt
- ▶ Einmalige Wiederholung der Prüfung ist möglich, wenn die Prüfung nicht bestanden wurde

Prüfungen

- ▶ Alternative: Schriftliche Prüfung
 - Fragen wie bei der mündlichen Prüfung
 - Längere Bearbeitungszeit (ca. 90 Minuten)
- ▶ Wenn genügend Interesse besteht, werde ich einen oder mehrere Termine für schriftliche Prüfungen anbieten
- ▶ Verbindliche Anmeldung erforderlich (analog zur mündlichen Prüfung)
- ▶ Nicht geeignet für diejenigen, die für ihr Diplom eine Modulprüfung brauchen

Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

- ▶ **Bildgebung**
 - Bilderfassung durch verschiedene Sensoren
- ▶ **Vorverarbeitung**
 - Bildverbesserung, ...
- ▶ **Segmentierung**
 - Trennung: Objekt/Hintergrund
- ▶ **Merkmalsextraktion**
 - Farbe, Kontur, Textur...
- ▶ **Klassifikation**
 - Diskriminantenfkt., Abstand, Wahrscheinlichkeit, ...

**Mustererkennungs-
Paradigma**

Merkmalsextraktion

- ▶ Einführung
- ▶ Texturanalyse und Extraktion von Texturmerkmalen
- ▶ Form: Geometrische Merkmale
- ▶ Grauwertverteilung: Densitometrische Merkmale
- ▶ Farbe: Farbmodelle und Beschreibung von Farbe
- ▶ Zusammenfassung

Merkmalsextraktion - Einführung

- ▶ Eigenschaften von segmentierte Bildregionen ermitteln
- ▶ Generierung quantitative und qualitative Aussagen über Bildinhalte
- ▶ Bildinformation wird in Werte oder Text umgewandelt
 - Komprimierte Darstellung
 - Abstraktion von der visuellen Darstellung
- ▶ Merkmale bilden die Basis für die Klassifikation bzw. das Erkennen von Objekten
- ▶ Merkmale beschreiben Form, Farbe und Textur

Merkmalsextraktion

- ▶ Einführung
- ▶ Textur: Analyse von Texturen und Merkmalsextraktion
- ▶ Form: Geometrische Merkmale
- ▶ Grauwertverteilung: Densitometrische Merkmale
- ▶ Farbe
 - Was ist Farbe?
 - Farbmodelle
 - Beschreibung von Farbe
- ▶ Zusammenfassung

Themengebiete der Bildverarbeitung

Grundlagen

Anwendungen

Binärbild-
verarbeitung

Menschliches
vs. Maschinelles
Sehen

► Bildverarbeitung vom
Pixel bis zum
erkannten Objekt

- Bildgebung
- Vorverarbeitung
- Segmentierung
- Merkmalsextraktion
- Klassifikation

Farbbild-
verarbeitung

Textur-
analyse

Textur

- ▶ Definition des Begriffs Textur
- ▶ Experiment: Texturwahrnehmung und Kontext
- ▶ Beschreibung von Texturen
- ▶ Bestimmung visueller Textureigenschaften (Beispiele)
- ▶ Texturwahrnehmung
- ▶ Statistische Verfahren der Texturanalyse
- ▶ Textursegmentierung
- ▶ Zusammenfassung

Was ist Textur?

► Definitionen

“Textur charakterisiert die Oberflächenbeschaffenheit von Phänomenen und Objekten. Oberflächenbeschaffenheit kann sowohl visuell als auch taktil wahrgenommen werden”
[Wechsler 80]

Was ist Textur?

► Definitionen

“Textur ist eine flächenhafte Verteilung von Grauwerten mit zugehörigen Regelmäßigkeiten und gegenseitigen Abhängigkeiten innerhalb begrenzter Bildbereiche.”
[Bähr 91]

Was ist Textur?

► Definitionen

“Textur ist eine aus mehr oder minder geordneten Elementen (Mustern) zusammengesetzte Struktur. Keinem der Elemente kommt – für sich allein genommen – eine wesentliche Bedeutung zu.”

[Gool 85]

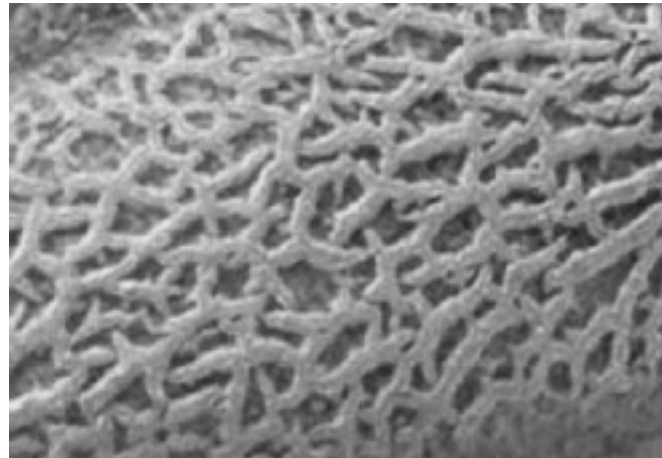
Textur

- ▶ Definition des Begriffs Textur
- ▶ Experiment: Texturwahrnehmung und Kontext
- ▶ Beschreibung von Texturen
- ▶ Bestimmung visueller Textureigenschaften (Beispiele)
- ▶ Texturwahrnehmung
- ▶ Statistische Verfahren der Texturanalyse
- ▶ Textursegmentierung
- ▶ Zusammenfassung

Texturwahrnehmung

- ▶ Textur wird i.d.R. im Kontext wahrgenommen (Farbe oder andere Texturen)
- ▶ Meist sofortige Klassifikation durch den menschlichen Betrachter
- ▶ Experimente von Gibson und Bridgeman (1987)
 - Ohne Kontext nur ca. 66% Klassifikationsrate
- ▶ Dies kann leicht durch ein paar Experimente nachvollzogen werden ...

Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext

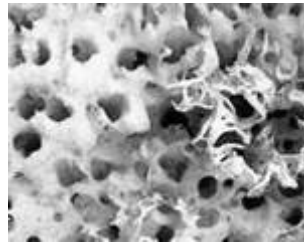


Texturwahrnehmung und Kontext



Bildquelle: <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/Texascrops/cucurbitsmeloncrops/cantaloupe.jpg>

Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Bildquelle: http://www.menzel-hilbersdorf.de/bilder/tiere_naturschwamm.jpg

Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



Texturwahrnehmung und Kontext



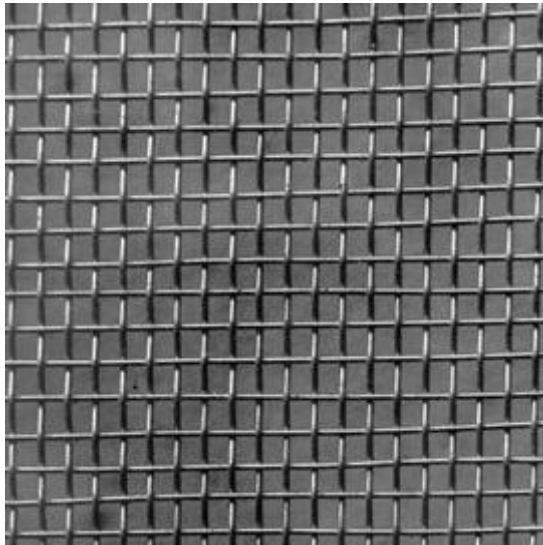
http://homepage.mac.com/wildlifeweb/mammal/sumatran_tiger/sumatran_tiger_male_01tfk.jpg

Textur

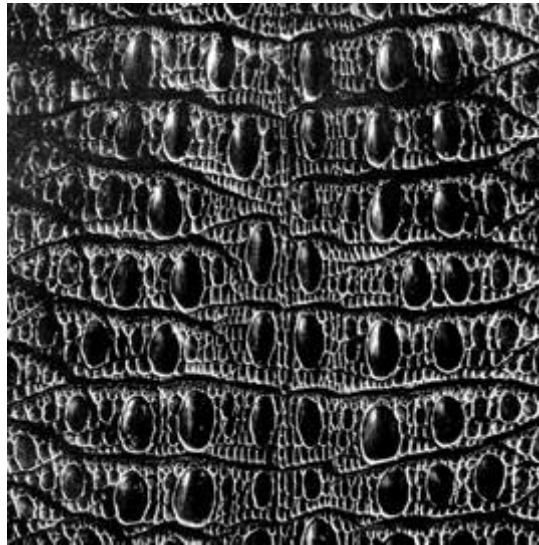
- ▶ Definition des Begriffs Textur
- ▶ Experiment: Texturwahrnehmung und Kontext
- ▶ Beschreibung von Texturen
- ▶ Bestimmung visueller Textureigenschaften (Beispiele)
- ▶ Texturwahrnehmung
- ▶ Statistische Verfahren der Texturanalyse
- ▶ Textursegmentierung
- ▶ Zusammenfassung

Texturbegriffe

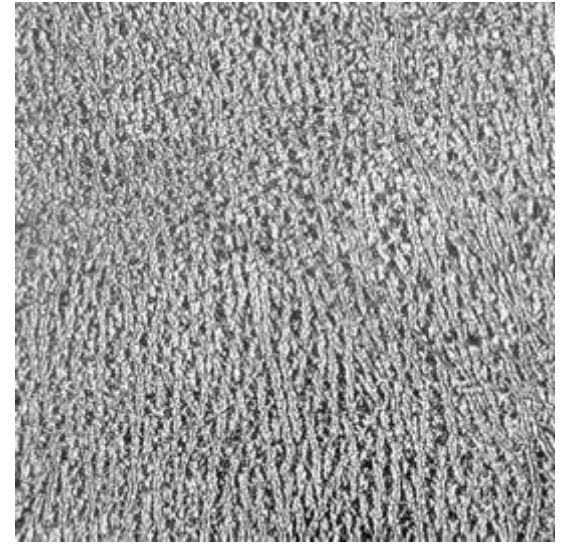
- Texturbegriffe dienen der Beschreibung von Texturen



Drahtgeflecht



Krokodilleder



Kalbsleder, gepresst

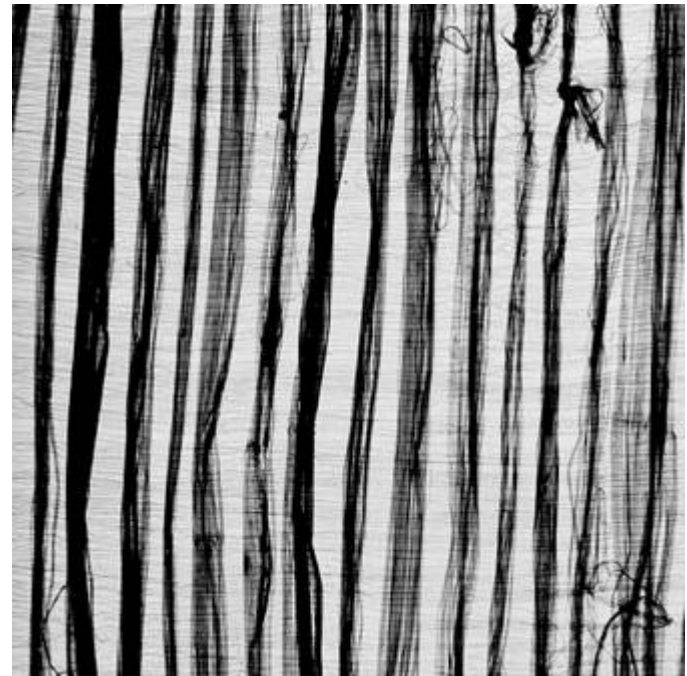
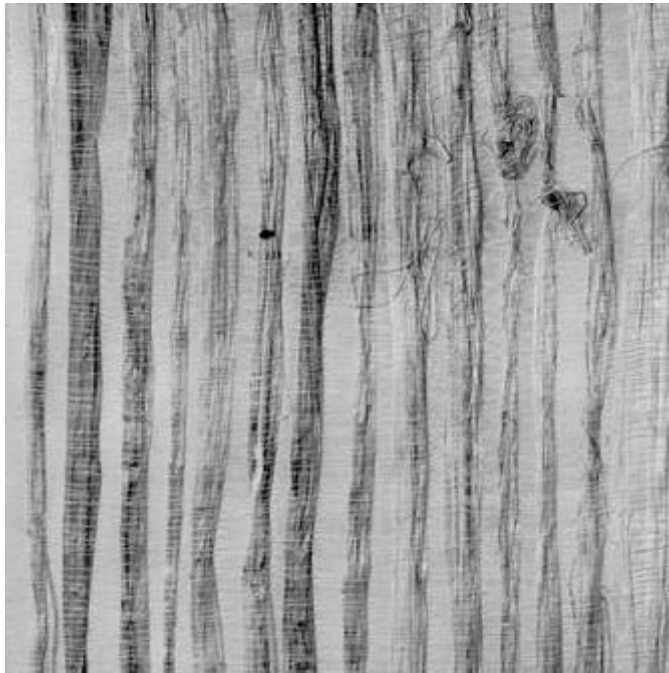
Texturen: [Brodatz 66] P. Brodatz. Textures: A Photographic Album for Artists and Designers. Dover Publ. 1966

Texturbegriffe

- ▶ Für Texturen verwenden wir selten allgemeingültige Begriffe zur Beschreibung
- ▶ Beschreibung über Vergleiche bzw. Benennung der Materialien/Objekte, z.B. Leder, Kies, Gras, Wasser etc.
- ▶ Nachteil: domänenabhängig, unendliche Menge von Begriffen
- ▶ Besser geeignet ist eine Menge **allgemeiner** Begriffe zur Beschreibung und Klassifikation **beliebiger Texturen** über ihre **visuellen Eigenschaften** (siehe z.B. [Tamara 78, Hermes 99])

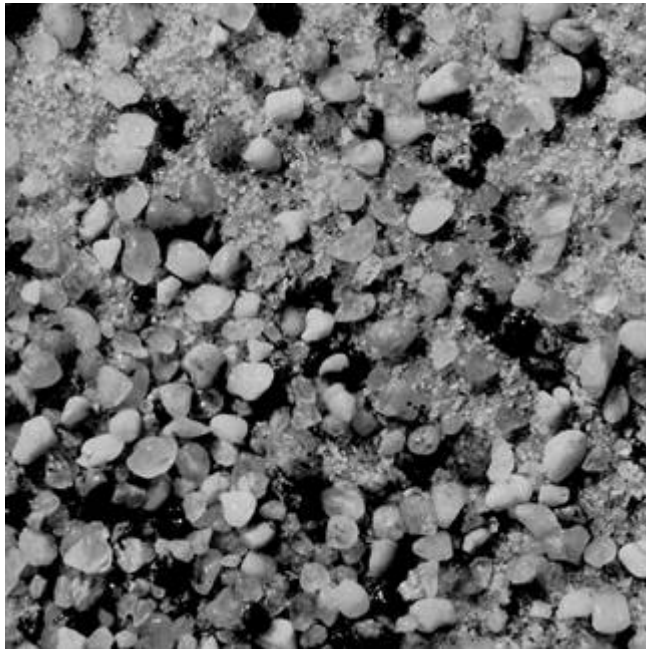
Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

► Kontrast



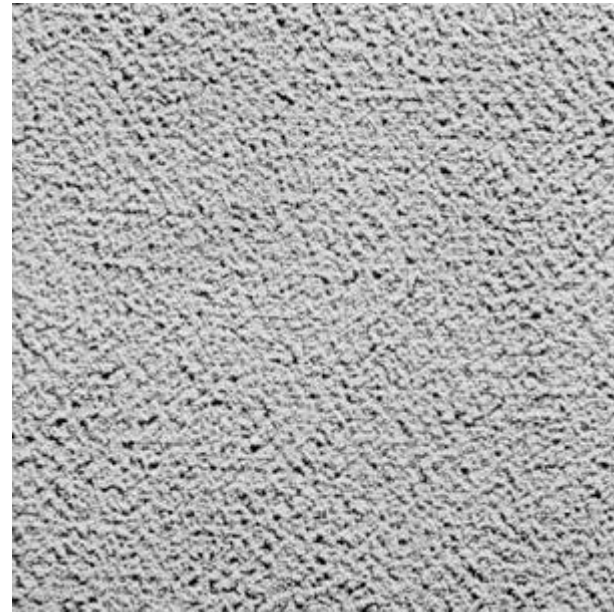
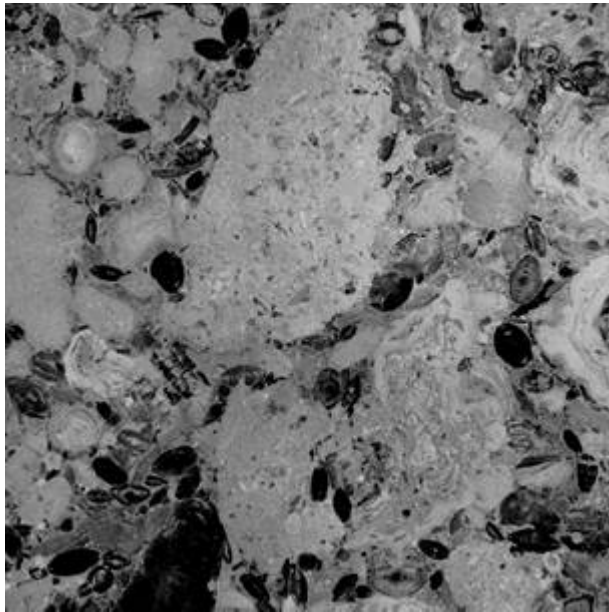
Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

► Grobheit



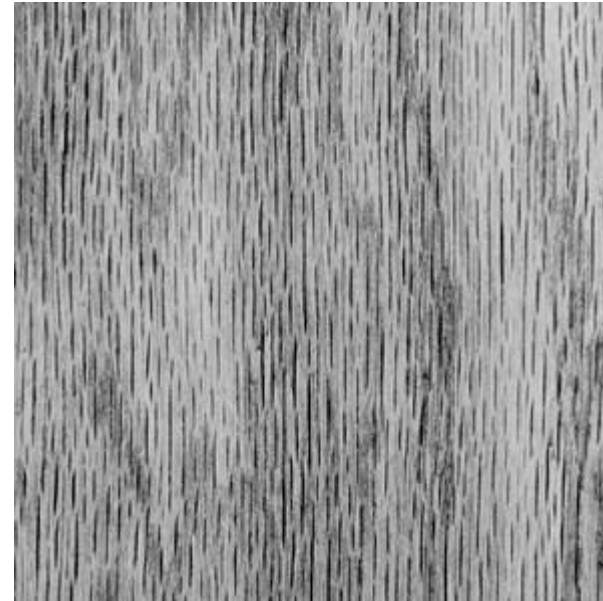
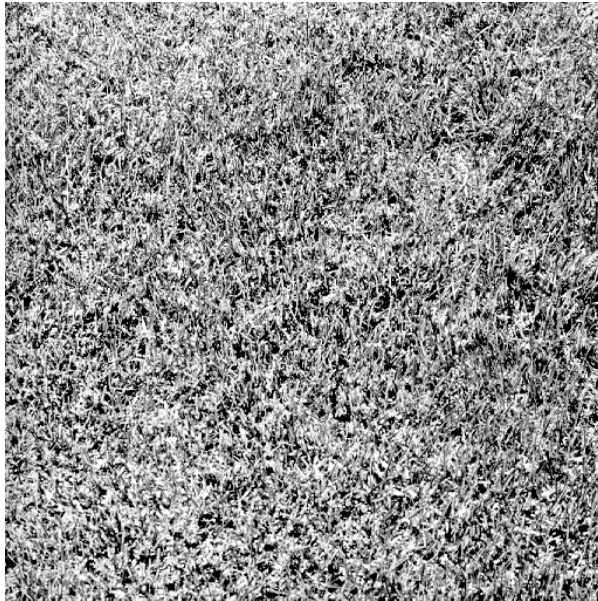
Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

- ▶ Regelmäßigkeit



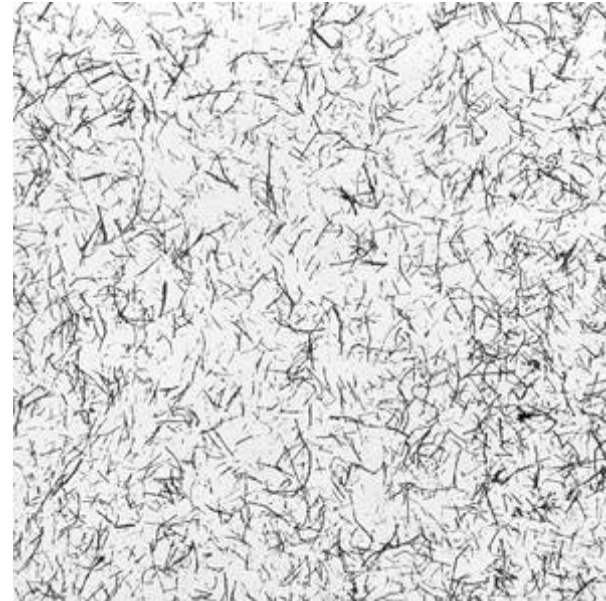
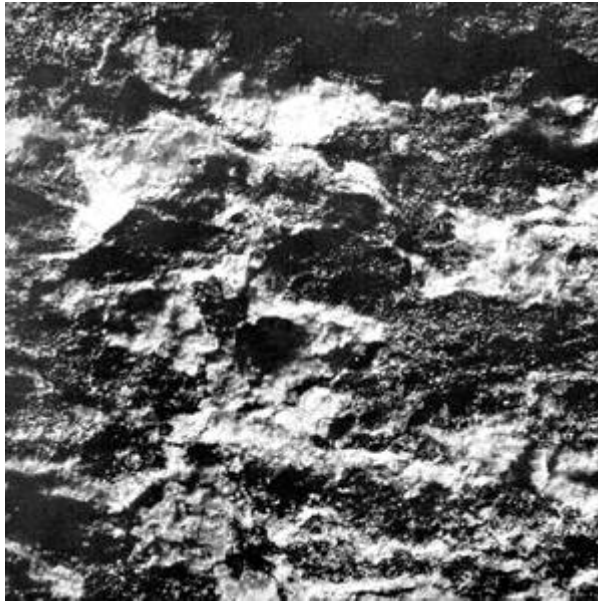
Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

► Gerichtetheit



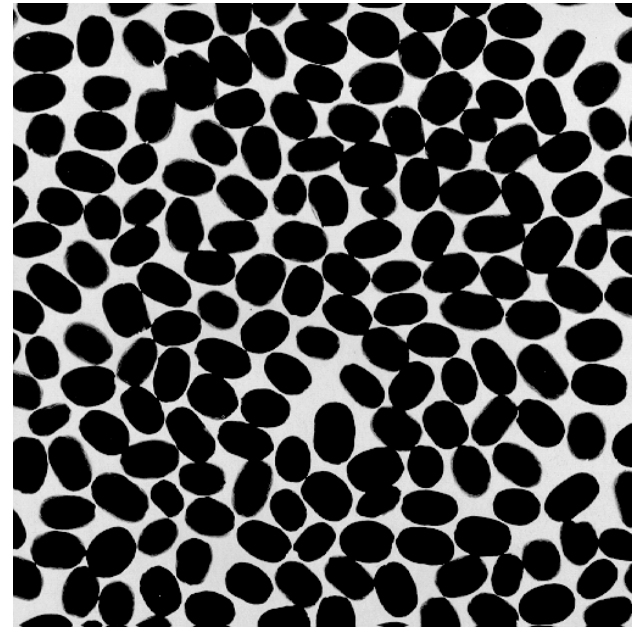
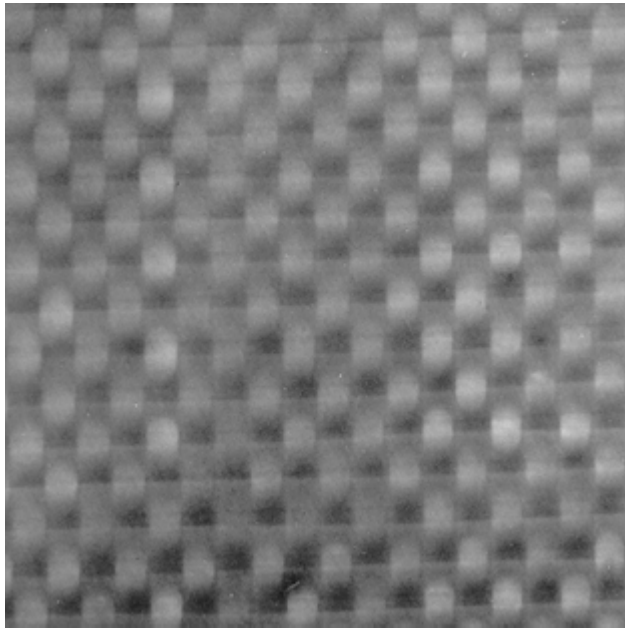
Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

► Linienhaftigkeit



Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

- ▶ Geschmeidigkeit

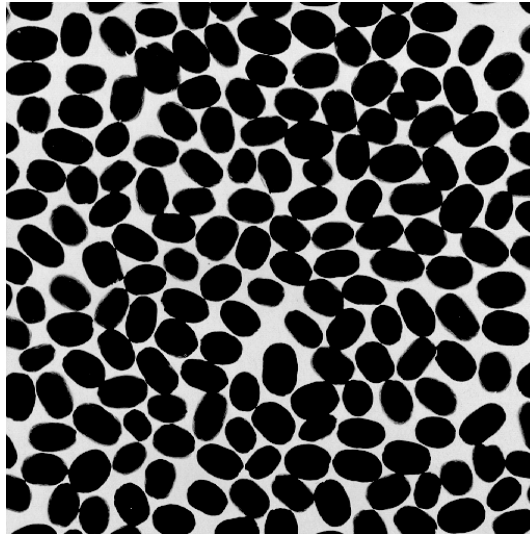


Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

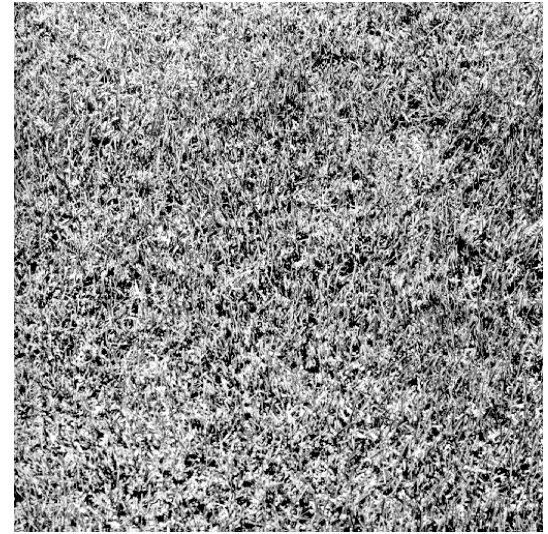
► Form der Primitiva



einflächig



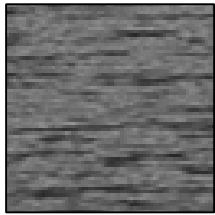
mehrflächig



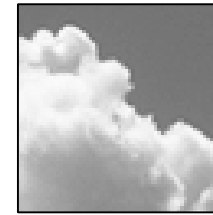
fleckig

Texturbegriffe – Visuelle Eigenschaften

► Anwendungsbeispiel: Beschreibung natürlicher Texturen



fleckig
sehr linienhaft (1.00)
sehr fein (0.00)
mittlere Regelmäßigkeit (0.50)
stark gerichtet (1.00)
mittlerer Kontrast (0.50)
geringe Geschmeidigkeit (0.25)



[Miene 98]

mehrflächig
nicht linienhaft (0.00)
grob (0.75)
nicht regelmäßig (0.00)
nicht gerichtet (0.00)
sehr kontrastreich (1.00)
nicht geschmeidig (0.00)

Textur

- ▶ Definition des Begriffs Textur
- ▶ Experiment: Texturwahrnehmung und Kontext
- ▶ Beschreibung von Texturen
- ▶ Bestimmung visueller Textureigenschaften (Beispiele)
- ▶ Texturwahrnehmung
- ▶ Statistische Verfahren der Texturanalyse
- ▶ Textursegmentierung
- ▶ Zusammenfassung

Texturmerkmal Gerichtetheit

► Gerichtetheit [Tamura 78]

- Idee: Statistische Auswertung der Häufigkeitsverteilung von Kantenrichtungen in der Textur
- Bestimmung der Kantenrichtung mit Hilfe von Gradientenoperatoren (vgl. kantenbasierte Segmentierung)
- Bestimmung der Häufigkeitsverteilung der Kantenrichtungen mit Hilfe von Kantenrichtungshistogrammen
 - Statt der Häufigkeit von Grauwerten wird die Häufigkeit von Kantenrichtungen gemessen
 - Im Histogramm werden Richtungen zu Intervallen zusammengefasst
 - Größe eines Balkens gibt an, bei wie vielen Bildpunkten die Kantenrichtung innerhalb des jeweiligen Intervalls liegt

Texturmerkmal Gerichtetheit

► Gerichtetheit [Tamura 78]

- Richtungshistogramm $H_D(k)$ über die Kantenrichtung der Kantenpunkte mit einer Magnitude $\|\nabla\| > th$
- Kantenpunkte nebst Richtung und Magnitude bestimmen mittels Prewitt-Operator:

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ \Delta h = -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ \Delta v = 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{array}$$

Kantenrichtung:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta v}{\Delta h}\right) + \frac{\pi}{2}$$

Magnitude (= Stärke):

$$\|\nabla\| = \sqrt{\Delta v^2 + \Delta h^2}$$

Texturmerkmal Gerichtetheit

► Gerichtetheit [Tamura 78]

- Aufbau eines Kantenrichtungshistogramms

- n = Anzahl der Balken im Histogramm (legt die Einteilung der zu Richtungen/Winkel in Intervalle fest)
- Absolutes Histogramm $N_{\theta}(k)$ misst Anzahl der Punkte für die gilt
- Für $k = 1, \dots, n-1$

$$(2k-1)\frac{\pi}{2n} \leq \theta < (2k+1)\frac{\pi}{2n} \quad \text{und} \quad \|\nabla\| > th$$

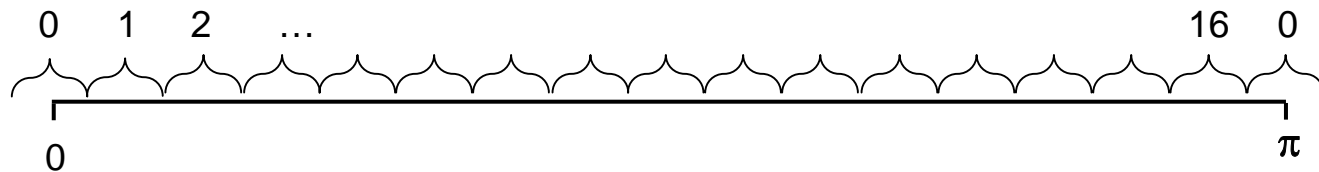
- Sonderfall für $k=0$

$$(2n-1)\frac{\pi}{2n} \leq \theta < (2k+1)\frac{\pi}{2n} \quad \text{und} \quad \|\nabla\| > th$$

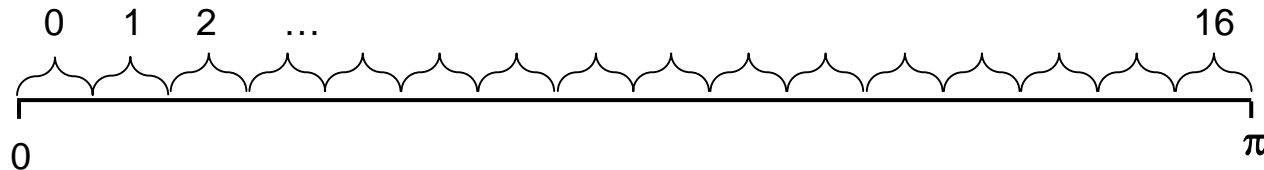
Texturmerkmal Gerichtetheit

► Gerichtetheit [Tamura 78]

- Beispiel einer Verteilung der Winkel auf $n = 16$ Intervalle gemäß der Vorschrift auf der vorherigen Folie:



- Vereinfachte Form:



Texturmerkmal Gerichtetheit

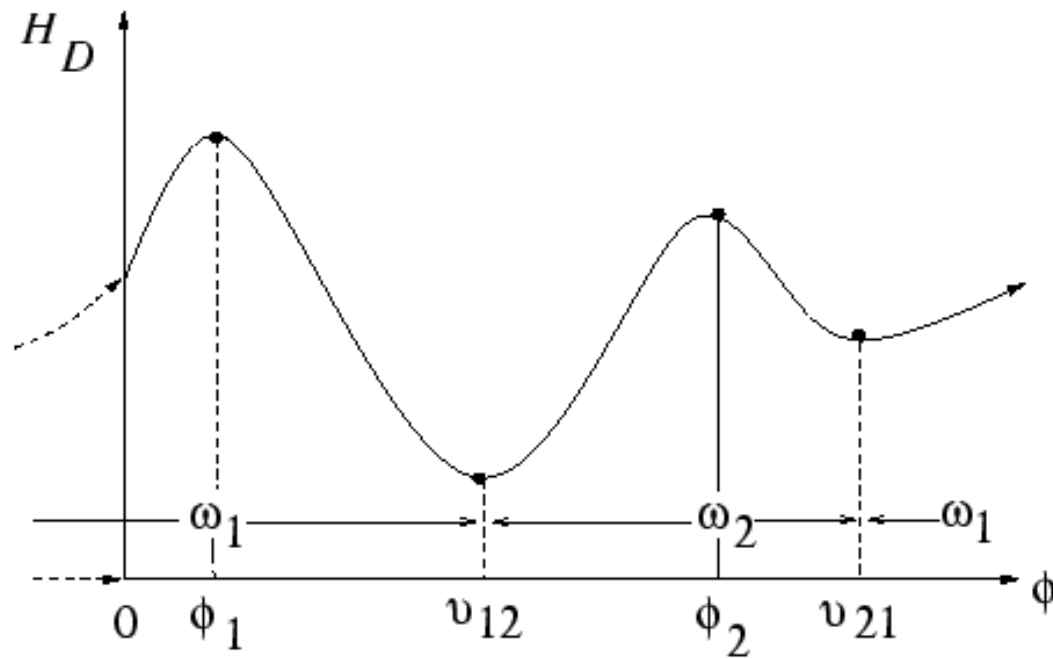
► Gerichtetheit [Tamura 78]

- Histogramm normiert mit der Anzahl der Einträge im absoluten Histogramm

$$H_D(k) = \frac{N_\theta(k)}{\sum_{i=0}^{n-1} N_\theta(i)}, \text{ mit } k = 0, 1, \dots, n-1$$

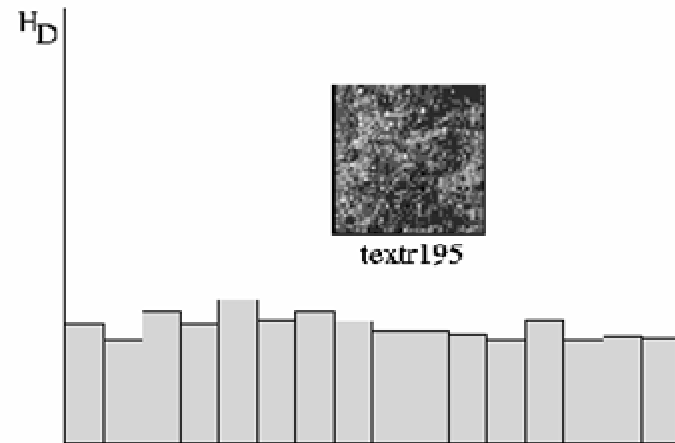
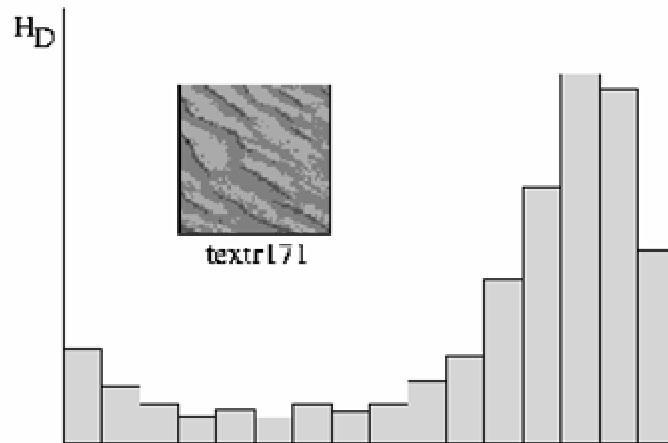
Texturmerkmal Gerichtetheit

- Kantenrichtungshistogramm [Tamura 78]



Texturmerkmal Gerichtetheit

- Beispiele für Kantenrichtungshistogramme



[Miene 98]

Texturmerkmal Gerichtetheit

- ▶ Deutung der Kantenrichtungshistogramme
 - Flaches Histogramm entspricht ungerichteter Textur
 - Wahl unterschiedlicher Schwellwerte th verschiebt das Histogramm in y -Richtung
 - Eine Spitze: Gerichtete Textur, Grad der Gerichtetheit ergibt sich aus der „Schärfe“ der Spitze
 - Mehrere Spitzen: keine einheitliche, vorherrschende Richtung, sondern mehrere ggf. unterschiedlich stark ausgeprägte Richtungen
 - Position der Spitze im Histogramm gibt die Richtung an

Texturmerkmal Kontrast

► Verschiedene Varianten der Kontrastbestimmung

- Bewertung der Größe des verwendeten Grauwertbereichs [Abmayr 94]:

$$K = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max} + B_{\min}}$$

- B_{\min} und B_{\max} kleinster und größter Grauwert der Textur
- Varianz des Grauerthistogramms (kommt nächste Woche)
- Merkmal f_2 , berechnet aus der Cooccurrence Matrix [Haralick 73] (kommt nächste Woche)

Texturanalyse – Literatur (1)

- ▶ [Abmayr 94] Abmayr, Wolfgang. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*. Teubner, 1994.
- ▶ [Bähr 91] Bähr, H.-P. und Vögtle, T., *Digitale Bildverarbeitung: Anwendung in Photogrammetrie, Kartographie und Fernerkundung*. Wichmann, 1991.
- ▶ [Brodatz 99] Phil Brodatz. Textures: A Photographic Album for Artists and Designers. Dover Publ. 1999.
- ▶ [Gool 85] van Gool, L., Dewaele, P. und Oosterlinck, A., *Texture Analysis Anno 1983*, Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 29, pp. 336-357, 1985.

Texturanalyse – Literatur (2)

- ▶ [Hermes 99] Th. Hermes. *Texturen: Analyse, Beschreibung und Synthese*. Dissertation, Universität Bremen, DISKI 216, 1999.
- ▶ [Miene 98] A. Miene und O. Moehrke. *Analyse und Beschreibung von Texturen*. Diplomarbeit. Universität Bremen, 1998.
- ▶ [Tamura 78] Tamura, H. and Mori, S. and Yamawaki, T. *Textural Features Corresponding to Visual Perception*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 8, No. 6, pp. 1264-1274, 1978.
- ▶ [Wechsler 80] Wechsler, H. *Texture Analysis - A Survey*. In: Signal Processing 2, pp. 271-282, North-Holland Publishing Company, 1980.