

Bildgebende Verfahren in der Medizin

Kleiner Ausflug in die digitale Bildverarbeitung

Olaf Dössel

INSTITUTE OF BIOMEDICAL ENGINEERING



KIT – University of the State of Baden-Württemberg and
National Research Center of the Helmholtz Association

www.ibt.kit.edu

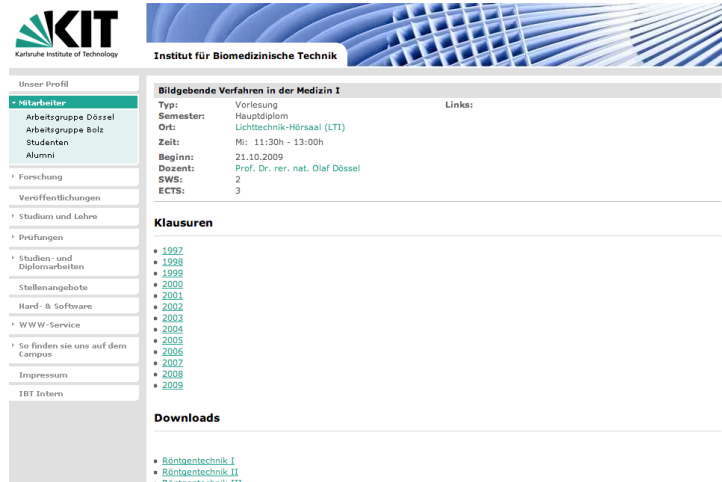
Kleiner Ausflug in die digitale Bildverarbeitung

- Punktoperationen
- Geometrische Transformationen
- Interpolation
- Faltungsfiler: linear und verschiebungsinvariant
- Rangordnungsfiler
- Bild-Restoration
- Bewegungs- und Verschiebungsanalyse
- Segmentierung
- Klassifizierung
- Multi-Modality-Imaging
- Bildkommunikation und Archivierung

Tutorium für digitale Bildverarbeitung mit NIH ImageJ

<http://rsbweb.nih.gov/ij/>

<http://www.ibt.kit.edu/bildgebendeverfahren1.php>

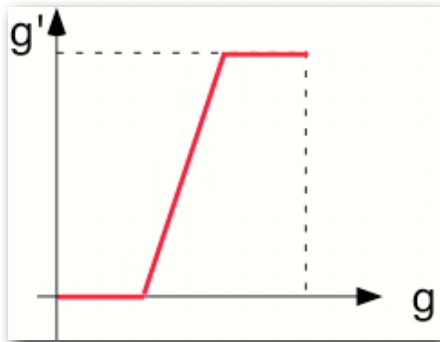


FFT, Filtern und Segmentieren mit ImageJ

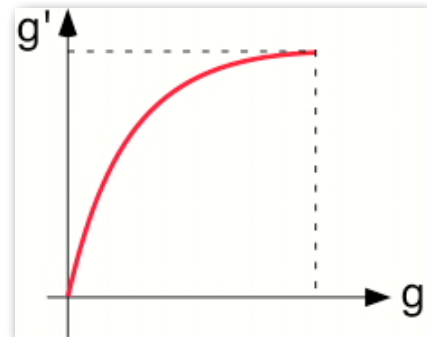
Punktoperationen

$$g'(x,y) = f(g(x,y))$$

Kontrastdehnungen

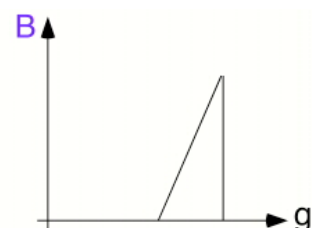
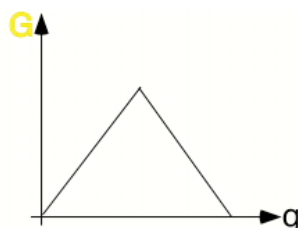
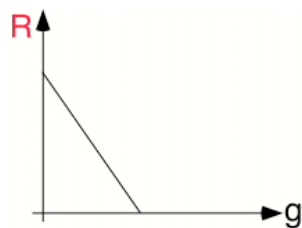
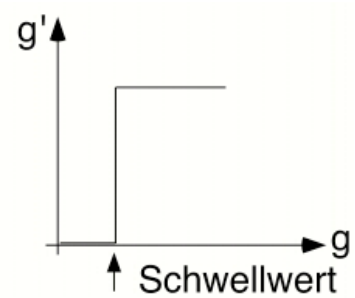
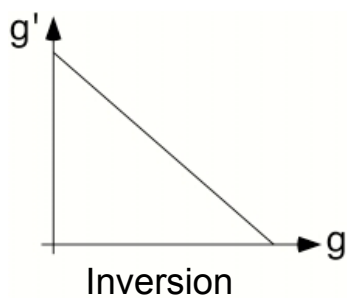


mit linearer Kennlinie



mit logarithmischer Kennlinie

Andere Beispiele für Punktoperationen



Falschfarbendarstellung

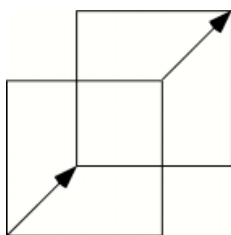
Geometrische Transformationen

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}$$

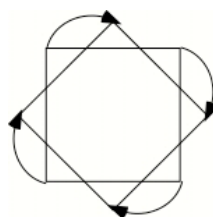
homogene
Koordinaten

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

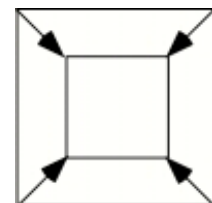
Translation, Rotation, Dilatation, Stauchung und Scherung



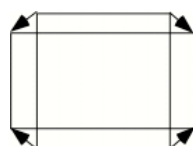
Translation



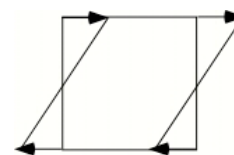
Rotation



Dilatation



Stauchung



Scherung

Image Warping

$$T \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} : \text{Ankerpunkte}$$

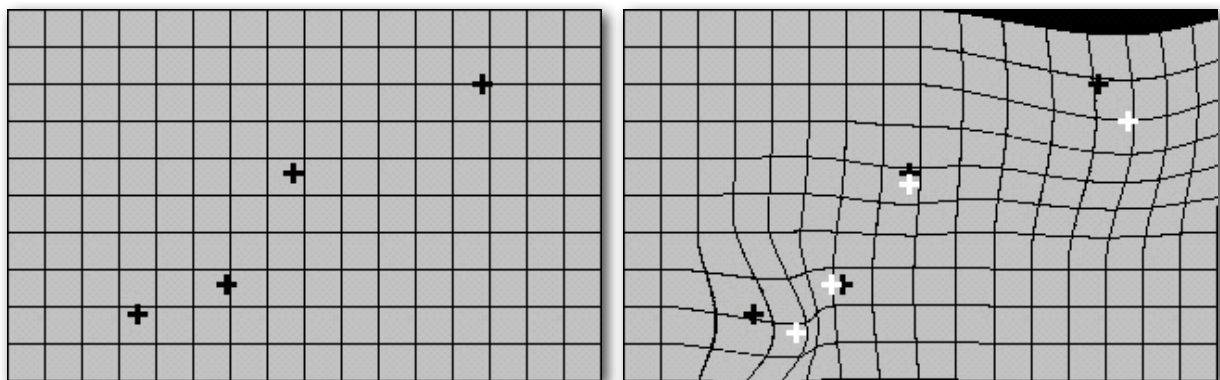
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_1(x,y) \\ R_2(x,y) \end{bmatrix}$$

$$R_k(x,y) = \sum_{i=1}^N b_i g(r) = \sum_{i=1}^N b_i g\left(\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}\right)$$

Beispiel für $g(r)$:

$$g(r) = \exp(-r^2/\sigma^2)$$

Image Warping

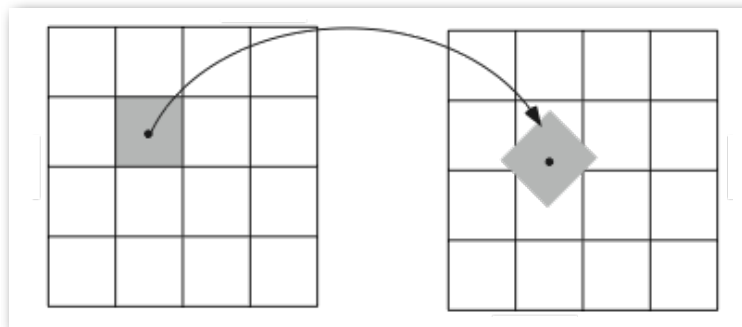


Die Ankerpunkte im Original (schwarze Kreuze)
werden elastisch auf die neuen Orte (weiße Kreuze) verschoben

Interpolation

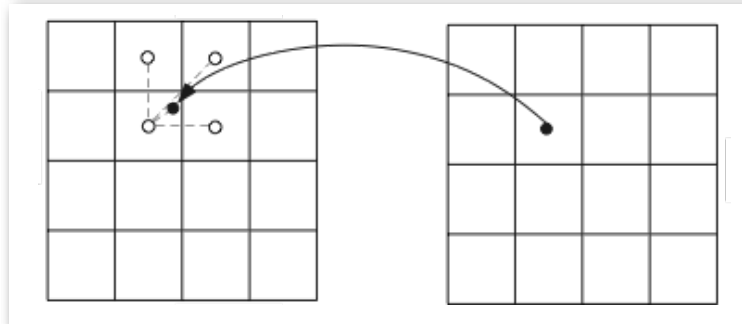
Geometrische Abbildung auf ein neues Pixelraster

a
Eingabebild



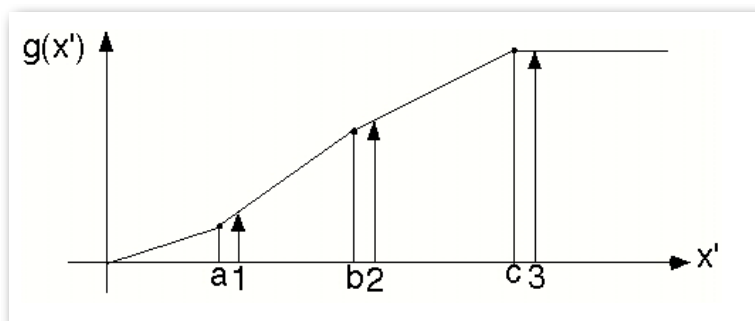
Ausgabebild

b
Eingabebild



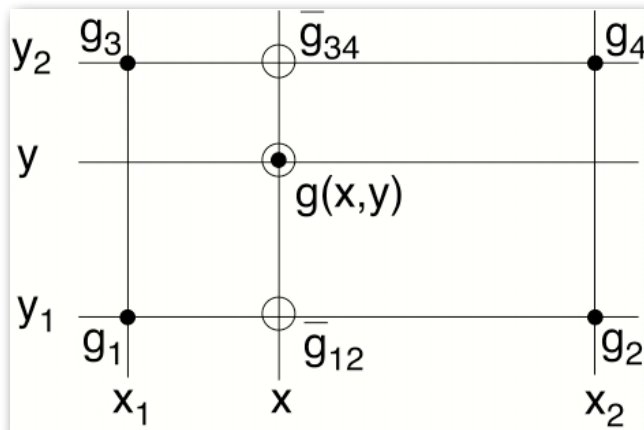
Ausgabebild

Lineare Interpolation im eindimensionalen Fall



a, b, c: altes Raster,
1, 2, 3: neues Raster

Lineare Interpolation im zweidimensionalen Fall



$$\bar{g}_{12} = g_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (g_2 - g_1)$$

$$\bar{g}_{34} = g_3 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (g_4 - g_3)$$

$$g(x,y) = \bar{g}_{12} + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} (\bar{g}_{34} - \bar{g}_{12})$$

Faltungsfilter

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

$$\begin{aligned}\tilde{g}(x,y) = & w_1 \cdot g(x-1, y+1) + w_2 \cdot g(x, y+1) + w_3 \cdot g(x+1, y+1) \\ & + w_4 \cdot g(x-1, y) + w_5 \cdot g(x, y) + w_6 \cdot g(x+1, y) \\ & + w_7 \cdot g(x-1, y-1) + w_8 \cdot g(x, y-1) + w_9 \cdot g(x+1, y-1)\end{aligned}$$

Mittelwertfilter

$$M = \frac{1}{9}$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Gaußfilter

$$G = \frac{1}{52}$$

1	1	2	1	1
1	2	4	2	1
2	4	8	4	2
1	2	4	2	1
1	1	2	1	1

Gradienten-Filter

$$D_x = \frac{1}{2}$$

1	0	-1
---	---	----

$$D_y = \frac{1}{2}$$

1
0
-1

$$|\mathcal{D}| = [D_x \cdot D_x + D_y \cdot D_y]^{1/2}$$

$$|\mathcal{D}| \approx |D_x| + |D_y|$$

Sobel-Filter

$$S_x = \frac{1}{8}$$

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

$$S_y = \frac{1}{8}$$

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Laplace-Filter

$$L_1 = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & -8 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$L_2 = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & -4 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

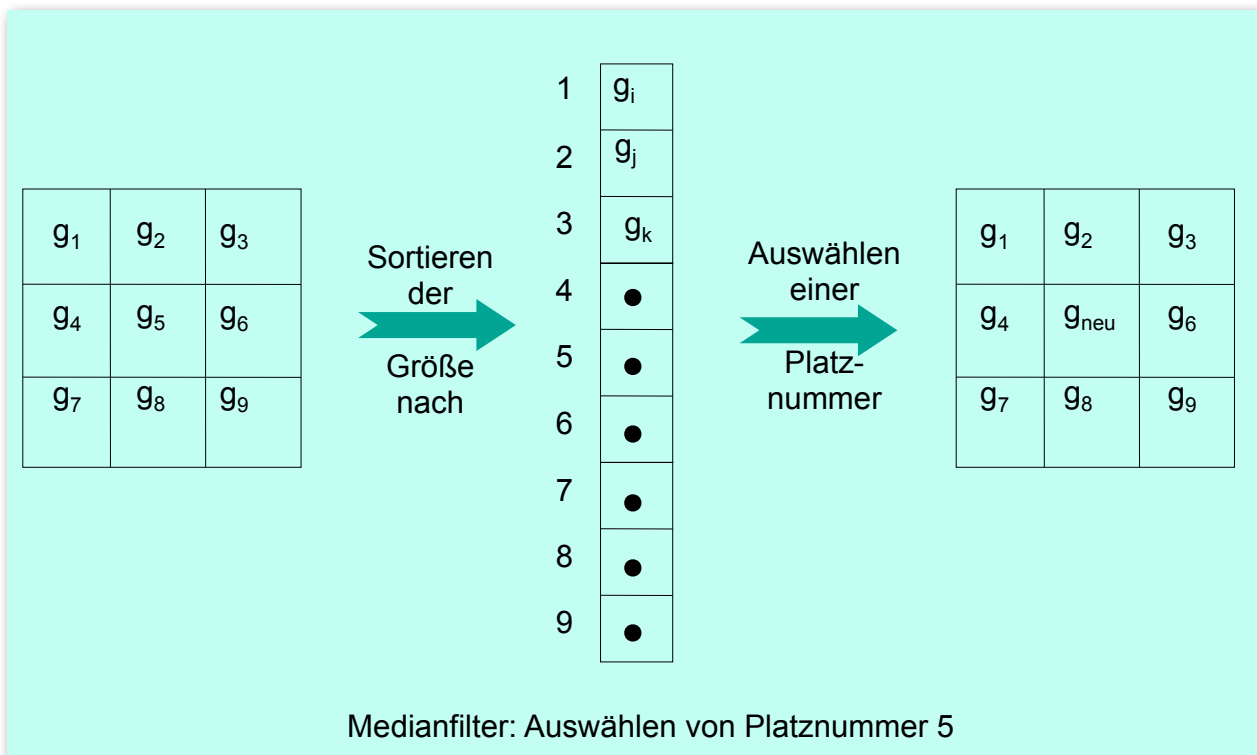
Faltungsfilter

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

$$\begin{aligned} \tilde{g}(x,y) = & w_1 \cdot g(x-1, y+1) + w_2 \cdot g(x, y+1) + w_3 \cdot g(x+1, y+1) \\ & + w_4 \cdot g(x-1, y) + w_5 \cdot g(x, y) + w_6 \cdot g(x+1, y) \\ & + w_7 \cdot g(x-1, y-1) + w_8 \cdot g(x, y-1) + w_9 \cdot g(x+1, y-1) \end{aligned}$$

Alle Faltungsfilter sind linear und verschiebungsinvariant.
Das heißt: es gibt eine Systemübertragungsfunktion $H(u,v)$,
die den Faltungsfilter vollständig beschreibt.
 $H(u,v)$ ist die Fouriertransformierte der Maske.

Rangordnungsfilter



Filterung mit einem Medianfilter



Original



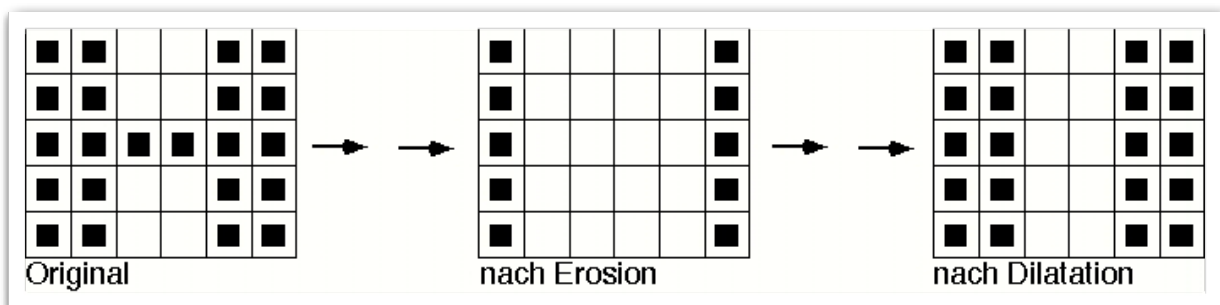
Gefiltertes Bild

Erosions und Dilations-Operator

Erosion: Rangordnungsfiler mit dem kleinsten Grauwert

Dilatation: Rangordnungsfiler mit dem größten Grauwert

Opening-Operator



Closing-Operator

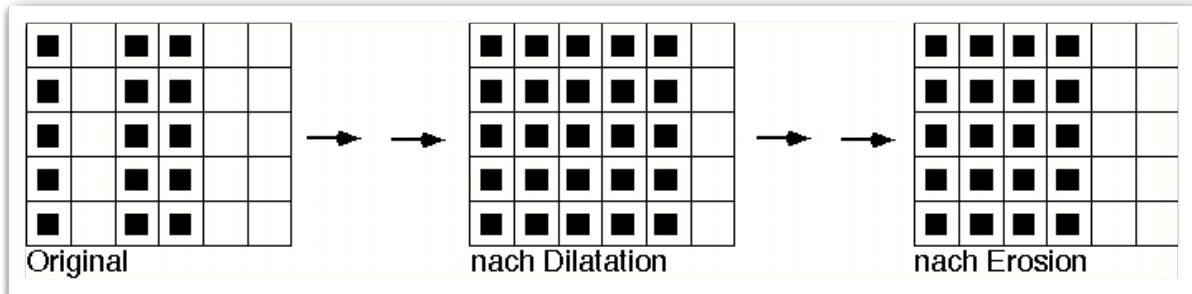


Bild-Restoration

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) \quad \circ \text{---} \bullet \quad G(u,v) = F(u,v) \cdot H(u,v)$$

ist $H(u,v)$ bekannt, kann $f(x,y)$ rekonstruiert werden:

$$f(x,y) \quad \circ \text{---} \bullet \quad F(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)}$$

$$\hat{F}(u,v) = \left[\frac{G(u,v)}{H(u,v)} \cdot \frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2 + \frac{NPS(u,v)}{SPS(u,v)}} \right]$$

mit: NPS(u,v) = Rauschleistungsspektrum
SPS (u,v) = Signalleistungsspektrum

- ➡ Optischer Fluss
- ➡ Korrelation
- ➡ Entropiebasierte Ähnlichkeitsmaße

Bewegungs- und Verschiebungsanalyse mit der Kreuzkorrelation

$$\tilde{r}(x', y') = \int_{x_a}^{x_b} \int_{y_a}^{y_b} f_1(x, y) \cdot f_2(x + x', y + y') dx dy$$

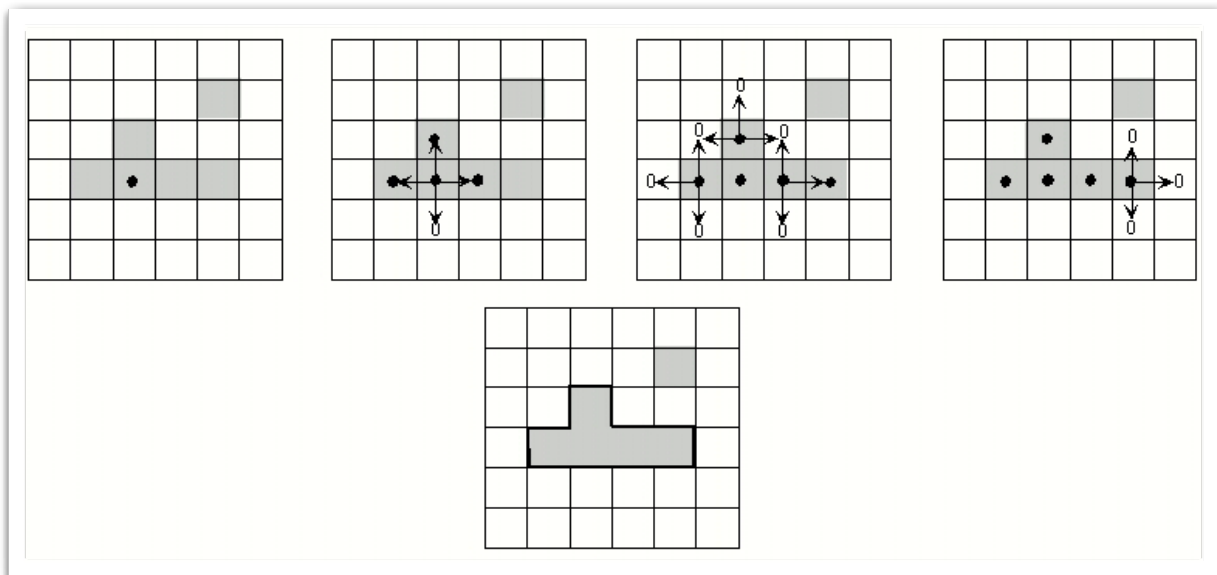
$$r(x', y') = \frac{\int \int f_1(x, y) \cdot f_2(x + x', y + y') dx dy}{\left[\int \int f_1^2(x, y) \cdot dx dy \int \int f_2^2(x, y) dx dy \right]^{1/2}}$$

Segmentieren mit Schwellwertverfahren

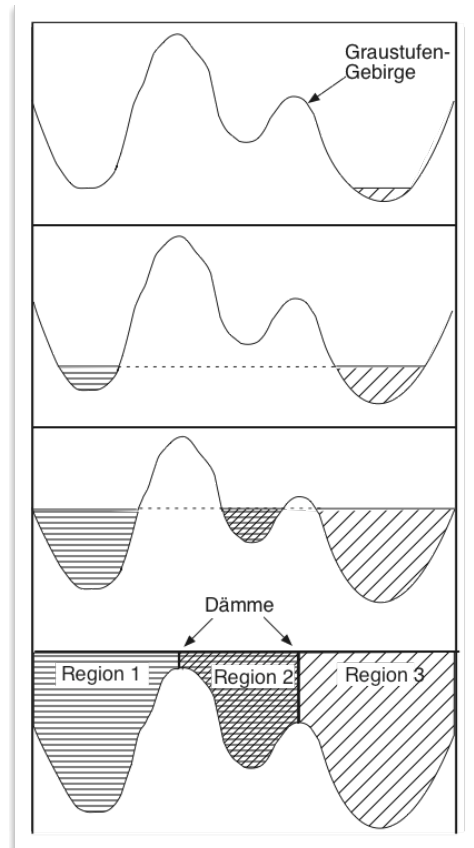
Wähle alle Punkte aus
mit einem Grauwert:

$$g > g_{\text{Schwelle u}} \quad \text{oder} \quad g < g_{\text{Schwelle o}}$$

Segmentieren mit Regionen-Wachstum



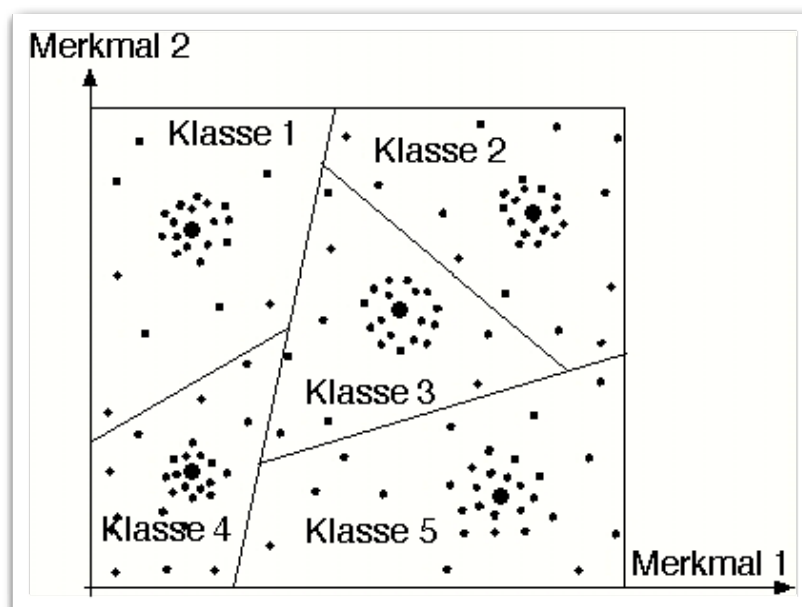
Segmentieren mit dem Wasserscheiden-Algorithmus



Klassifizierung - Auswahl von Merkmalen

- ➔ Häufigkeit von bestimmten Grauwerten in einem Gebiet
- ➔ Schwankungsbreite der Grauwerte in einem Gebiet
- ➔ Textur in einem Gebiet
- ➔ Schwerpunkt und Trägheitsmomente

Klassifikation im Merkmalsraum



Die Aufgaben der digitalen Bildverarbeitung bei Überlagerungen sind:

- ➡ Verschieben, Rotieren, Skalieren von einem Bild relativ zum anderem („rigid registration“)
- ➡ Korrigieren von Bildverzeichnungen („elastic registration“)
- ➡ Visualisierung der Ergebnisse (z. B. Falschfarbdarstellung, Transparenz)

Schlagworte:

- ➡ Informationssysteme in der Medizin
PACS, RIS, HIS
- ➡ Bilddaten-Formate
DICOM
- ➡ Archivierung
- ➡ Kommunikation
- ➡ Komprimierung
- ➡ Datenschutz, Authentifizierung, digitale Unterschrift

neue Schlagworte:

- ➡ Semantisches Durchsuchen von Daten
- ➡ intelligentes Datamining, Ableiten von Regeln
- ➡ Expertensysteme / Ratgeber bei der Befundung
- ➡ Statistische Auswertung von großen Datenbanken