

Bildverarbeitung 1 Vom Pixel zum Objekt

Dr. Andrea Miene

Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

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



**Mustererkennungs-
Paradigma**

Vorverarbeitung

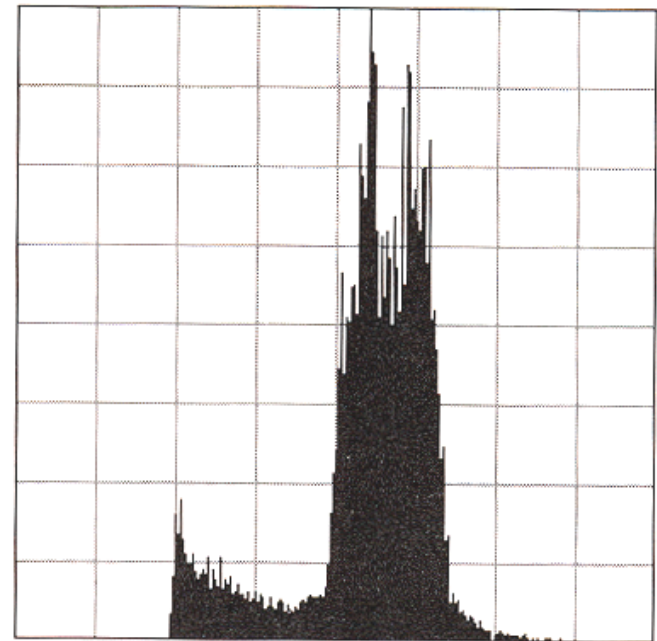
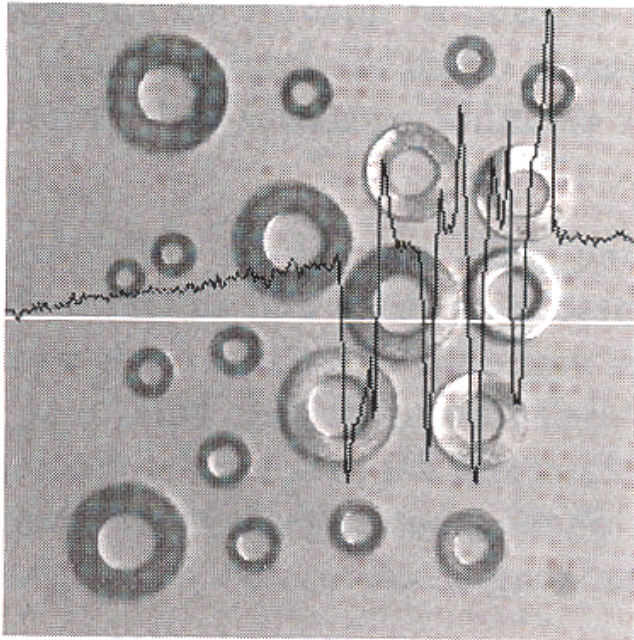
- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

- ▶ Problem: Bild enthält überlagertes Hintergrundsignal durch
 - Inhomogenität der Beleuchtung
 - A/D-Wandler
 - Inhomogenität der Vorlage
- ▶ Z.B. Mikroskopie: große Blende → kugelförmige Ausleuchtung der Szene
- ▶ Shadingkorrektur
 - Additive oder multiplikative Verknüpfung von Bildmatrix und Shadingmatrix
- ▶ Globale Korrektur von Hintergrundfehlern

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

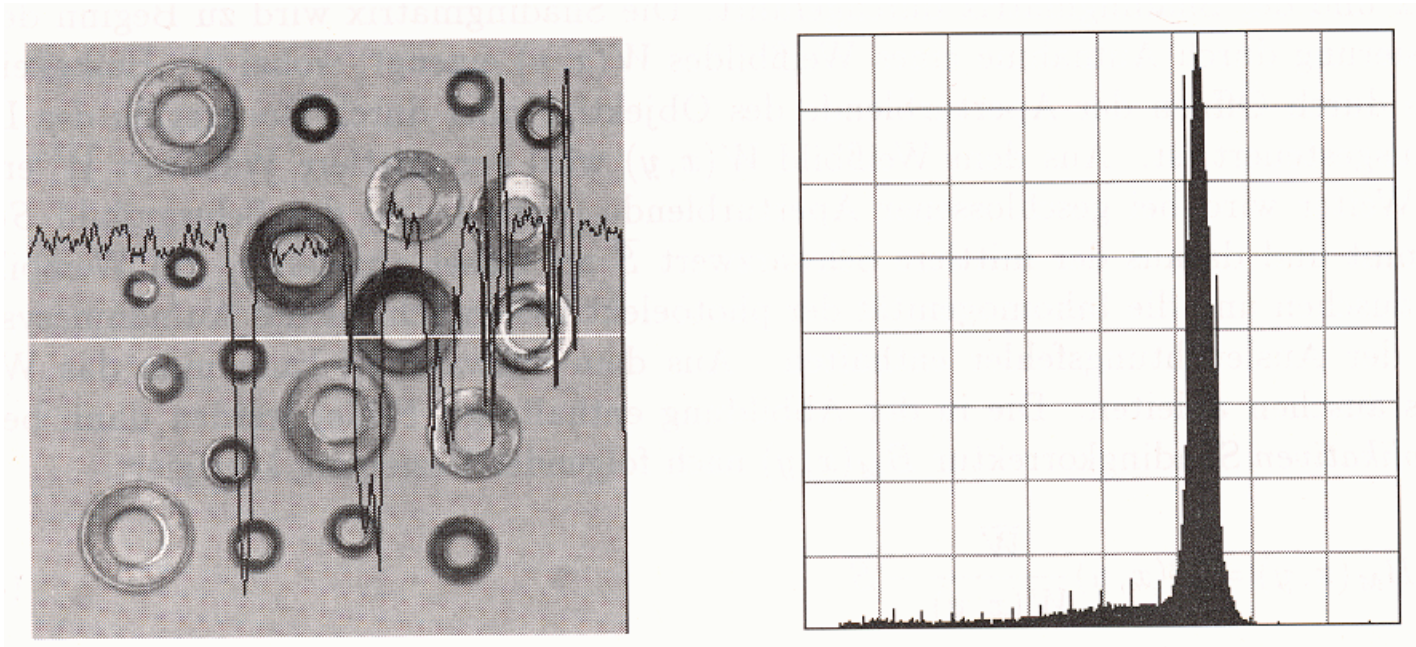
- ▶ Shadingkorrektur: Beispielbild vor der Korrektur



[Abmayr 94], S. 166

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

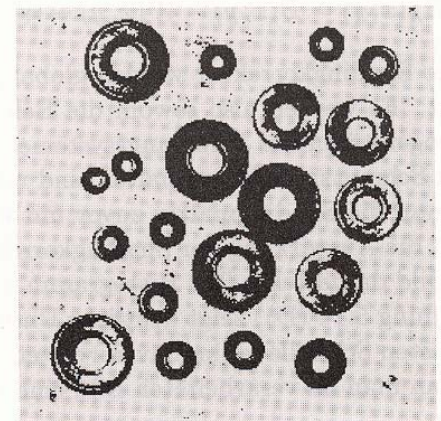
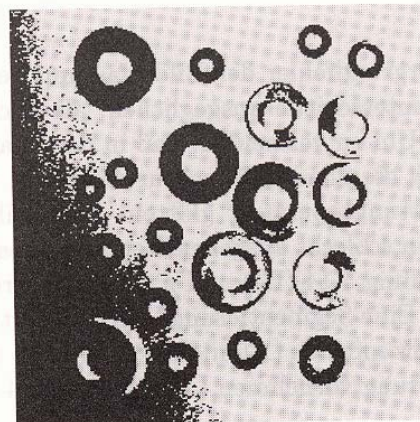
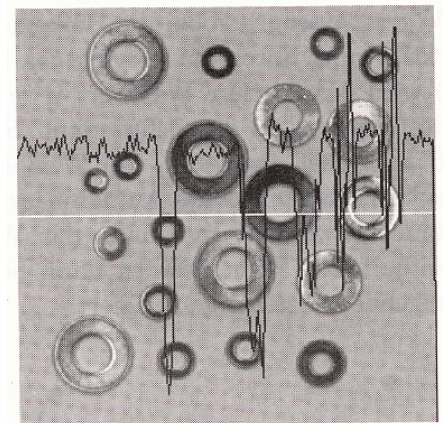
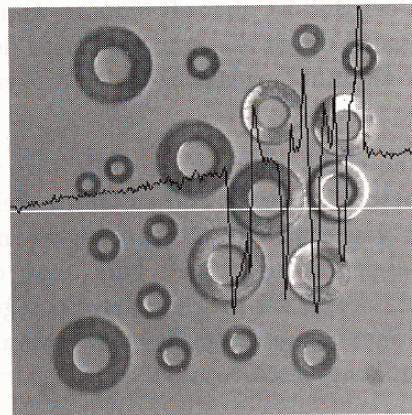
- Shadingkorrektur: Beispielbild nach der Korrektur



[Abmayr 94], S. 166

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

- ▶ Shadingkorrektur:
Binarisierung des
Beispielbildes
 - Links ohne vorherige
Shadingkorrektur
 - Rechts mit vorheriger
Shadingkorrektur



[Abmayr 94], S. 166

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

► Shadingmatrix:

- Aufnahme eines Weißbildes $W(x,y)$, mit
 - Vollständigem Öffnen der Blende
 - Vollständigem „Hochregeln“ des Lichts
 - Berechnung des mittleren Weißwerts \overline{W} aus $W(x,y)$
- Aufnahme eines Schwarzbildes $S(x,y)$, mit
 - Geschlossener Blende
 - Ohne Licht
 - Berechnung des mittleren Schwarzwerts \overline{S} aus $S(x,y)$

Vorverarbeitung: Shadingkorrektur

- ▶ Multiplikative Shadingkorrektur

$$A_M(x, y) = E(x, y) \frac{\overline{W}}{W(x, y)} - \overline{S}$$

- ▶ Additive Shadingkorrektur

$$A_A(x, y) = E(x, y) - W(x, y) + \overline{W} - \overline{S}$$

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Affine Transformation

- ▶ Operationen in 2D (Affine Transformationen)
 - Versetzen des Ursprungs: Translation (=Verschiebung)
 - Skalierung der Achsen (Vergrößerung/Verkleinerung)
 - Rotation der Achsen (Drehung)
 - Kombinationen aus diesen drei Transformationen
- ▶ Affine Transformationen sind Bildpunktoperationen
- ▶ Transformation der Ortskoordinaten notwendig bei
 - Vergleich von unterschiedlich großen Bildern
 - Abbildungsfehlern
 - Bildverzerrungen

Vorverarbeitung: Affine Transformation

- ▶ Verwendung einer 3x3 Matrix P zur Darstellung der 2D-Transformation und eines Spaltenvektors S zur Darstellung der Ortskoordinaten:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad S = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{pmatrix}$$

- ▶ Ein Bildpunkt $E(x, y)$ hat die Koordinaten (x, y) bzgl. des alten Koordinatensystems und (x', y') bzgl. eines neuen Koordinatensystems

Vorverarbeitung: Affine Transformation

- Die Bildpunkte $E(x, y)$ und $E'(x', y')$ als homogene Koordinaten (in Spaltenvektorschreibweise):

$$E = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \text{ und } E' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix}$$

- Transformiertes Koordinatenpaar (x', y') (in Spaltenform) durch Multiplikation einer Matrix mit einem Spaltenvektor (alte Koordinaten)

$$E' = E \cdot P \Leftrightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

- ▶ Neue Koordinatenwerte durch lineare Kombinationen der alten Werte mit den Koeffizienten der Transformationsmatrix

$$x' = P_{11} \cdot x + P_{12} \cdot y + P_{13}$$

$$y' = P_{21} \cdot x + P_{22} \cdot y + P_{23}$$

$$1 = P_{31} \cdot x + P_{32} \cdot y + P_{33}$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

► Translation

- Verschiebung des Ursprungs um/auf $-t_x, -t_y$
- Achsenverlauf bleibt erhalten
- Keine Skalierung

$$\begin{aligned}x' &= 1 \cdot x + 0 \cdot y - t_x \\y' &= 0 \cdot x + 1 \cdot y - t_y\end{aligned} \quad T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -t_x \\ 0 & 1 & -t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

► Skalierung

- Achsenverlauf und Ursprung bleiben erhalten
- Skalierung der Achsen mit S_x bzw. S_y

$$x' = S_x \cdot x + 0 \cdot y + 0$$

$$y' = 0 \cdot x + S_y \cdot y + 0$$

$$S = \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

► Rotation

- Skalierung und Ursprung bleiben erhalten
- Veränderung der Achsenrichtung: Drehung um Winkel Φ gegen den Uhrzeigersinn

$$x' = \cos \Phi \cdot x + \sin \Phi \cdot y + 0$$

$$y' = -\sin \Phi \cdot x + \cos \Phi \cdot y + 0$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos \Phi & \sin \Phi & 0 \\ -\sin \Phi & \cos \Phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

- ▶ Kombination affiner Transformationen
- ▶ Multiplikation der Matrizen
 - Beispiel: Translation und Rotation durch Matrizenmultiplikation

$$M_{RT} = R \cdot T$$

Vorverarbeitung: Affine Transformation

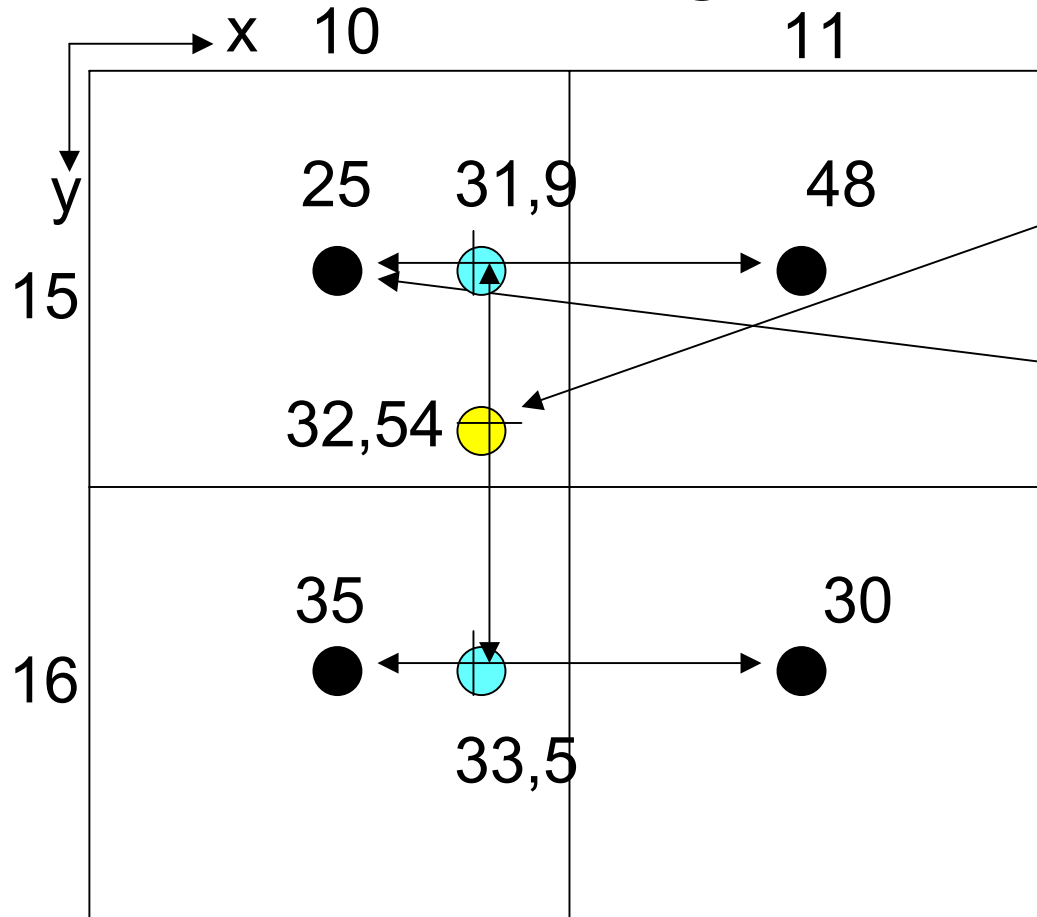
► Interpolation von Bildpunkten

- Rundung auf nächsten Wert (nearest-neighbor-resampling)
- Bilineare Interpolation: Neuer GW $A(x', y')$ als gewichteter Mittelwert von vier benachbarten Bildpunkten

$$\begin{aligned} A(x', y') = & g_1 E(x, y) + g_2 E(x, y + 1) \\ & + g_3 E(x + 1, y) + g_4 E(x + 1, y + 1) \end{aligned}$$

- Durch g_1 bis g_4 Berücksichtigung der Lage des neuen Punktes bzgl. der Nachbarpunkte

Vorverarbeitung: Interpolation



Ergebnis der Transformation:
 $x=10,3$ $y=15,4$

Erste Möglichkeit:
Nächsten Punkt suchen

Zweite Möglichkeit:
Bilineare Interpolation

$$0,7 \cdot 25 + 0,3 \cdot 48 = 31,9$$

$$0,7 \cdot 35 + 0,3 \cdot 30 = 33,5$$

$$0,6 \cdot 31,9 + 0,4 \cdot 33,5 = 32,54$$

gerundet 33

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Lokale Operatoren

- ▶ Berechnung eines neuen Ausgangsbildes $A(x,y)$ unter Einbeziehung einer (bestimmten) lokalen Umgebung des Eingangsbildes $E(x,y)$
 - Im Gegensatz zu den Punktoperationen, die nur den Punkt selber berücksichtigen!
- ▶ Berechnung wird auf alle Punkte in gleicher Weise angewendet (homogene Verknüpfungsoperation)
- ▶ Lineare, homogene Operationen nennt man *Faltung*

Diskrete 2D Faltung

► Beispiel einer Faltungsoperation

8	5	4	6	8	10	13	11
5	5	5	6	11	14	14	14
5	3	7	5	12	15	13	12
5	5	5	8	15	17	14	13
4	5	12	18	20	16	17	16
8	14	16	20	18	20	15	21
13	22	20	18	17	18	22	27
21	21	18	20	20	25	30	32

Bild E

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Matrix C

	47	46	64	87	110	116	
	45	49	74	103	125	126	
	51	68	102	126	139	133	
	74	103	132	152	152	149	
	114	145	159	165	163	172	
	153	169	167	176	185	210	

Bild A

Zelle A_{22}

[Abmayr 94], S. 182

Diskrete 2D Faltung

► Beispiel

$$A_{22} = C_{11}E_{11} + C_{12}E_{12} + C_{13}E_{13} + \\ C_{21}E_{21} + C_{22}E_{22} + C_{23}E_{23} + \\ C_{31}E_{31} + C_{32}E_{32} + C_{33}E_{33}$$

$$A_{22} = 1 \times 8 + 1 \times 5 + 1 \times 4 + \\ 1 \times 5 + 1 \times 5 + 1 \times 5 + \\ 1 \times 5 + 1 \times 3 + 1 \times 7 \\ = 47$$

► Allgemeine Gleichung einer diskreten 2D-Faltung:

$$A(x, y) = c_1 \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-l}^l C(i, j) E(x-i, y-j) + c_0$$

Lokale Operatoren: Randproblem

- ▶ Für Punkte am Bildrand ist eine Sonderbehandlung erforderlich
- ▶ Bei einer Filtergröße von $(2k+1) \cdot (2k+1)$ entsteht ein Rand der Breite k
 - Rand des alten Bildes in das neue kopieren (Randpunkte bleiben unverändert)
 - Spiegeln oder Wiederholen der neuen Randwerte
 - Anwenden der Faltungsmaske auf die verfügbaren Punkte (nicht bei allen Masken sinnvoll)
 - ...

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Mittelwert-Glättungsfilter

- Mittelwert in 5-Punkte- (A) und 9-Punkte-Nachbarschaft (B)
- Gewichteter Mittelwert in 9-Punkte Nachbarschaft (C)
- 3x3 Gauß-Filter (D)

► Unterdrückung der hohen Frequenzen führt zur Abnahme der Bildschärfe

		1		
1		1		1
		1		

(A)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(B)

1	1	1
1	2	1
1	1	1

(C)

1	2	1
2	4	2
1	2	1

(D) [Abmayr 94], S. 184

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► 3x3 Mittelwertfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

$$57 / 9 = 6,333$$

	6			

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► 3x3 Mittelwertfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

$$59 / 9 = 6,555$$

	6	→ 7		

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► 3x3 Mittelwertfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

$$65 / 9 = 7,222$$

	6	7	7	

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► 3x3 Mittelwertfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

$$59 / 9 = 6,555$$

	6	7	7	
	7			

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► 3x3 Mittelwertfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

6	6	7	7	7
6	6	7	7	7
7	7	7	8	8
7	7	8	8	8
7	7	8	8	8

Lösung des Randproblems: Letzte gültige Zeile und Spalte solange nach außen kopieren, bis das Ausgabebild gefüllt ist.

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Beispiel 3x3 Mittelwertfilter, ungewichtet



Originalbild



1x gefiltert



10x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Beispiel 3x3 Mittelwertfilter, ungewichtet



Originalbild,
verrauscht



1x gefiltert



10x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Beispiel 3x3 Gaußfilter



Originalbild



1x gefiltert



10x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Beispiel 3x3 Gaußfilter



Originalbild



1x gefiltert



10x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter

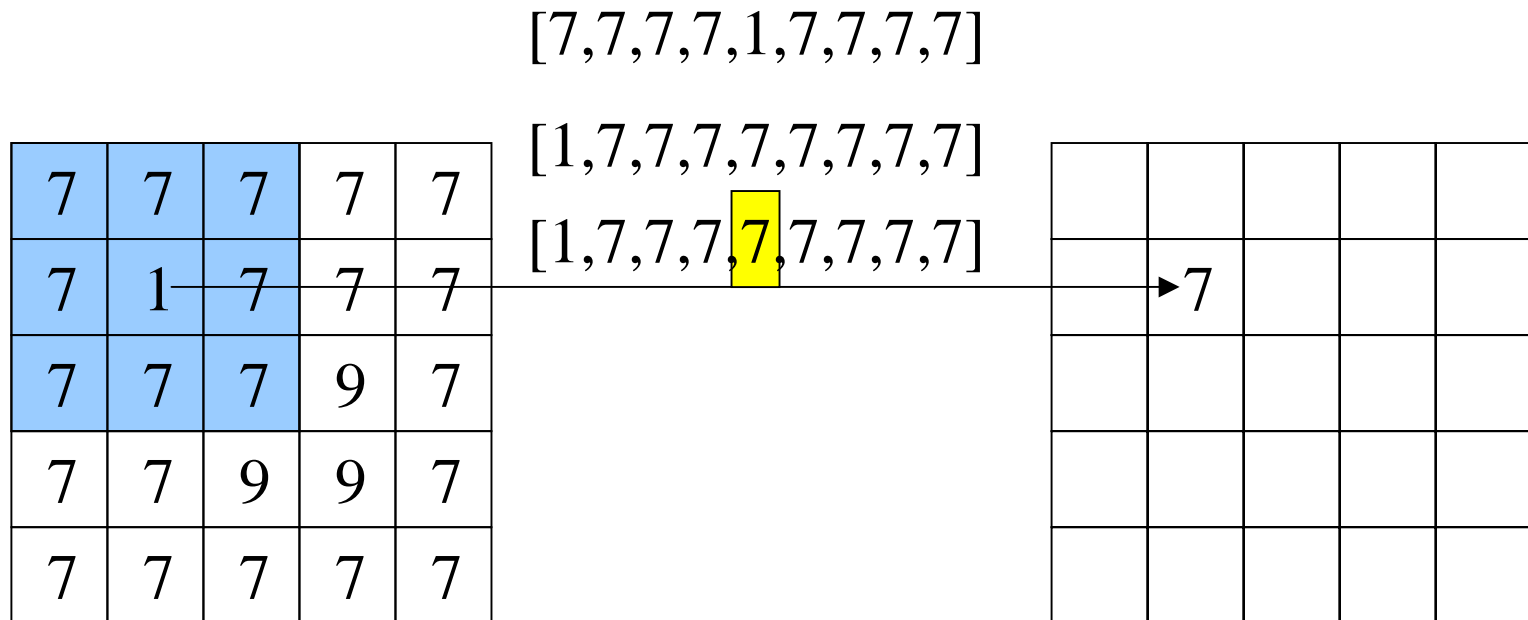
- Nichtlineare Filteroperation
- Rangfolge der Intensitäten bestimmt Intensität des Bezugspunktes
- Algorithmus:
 - $m \cdot n$ Punkte aus der Nachbarschaft um $E(x,y)$ lesen
 - Werte nach Intensität sortieren
 - Setzen des Wertes in der Mitte der sortierten Liste in $A(x,y)$
- Im Vergleich zum Mittelwertfilter höherer Rechenaufwand

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Eigenschaften des Medianfilters
 - Bildschärfe bleibt erhalten
 - Artefakte bei spitzwinkligen Strukturen
 - Gut geeignet, um Ausreißer zu entfernen
 - z.B. Salz/Pfeffer Rauschen
 - Dünne Linien werden unterdrückt

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter, Rechenbeispiel



Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter, Rechenbeispiel

[7,7,7,1,7,7,7,7,9]

[1,7,7,7,7,7,7,7,9]

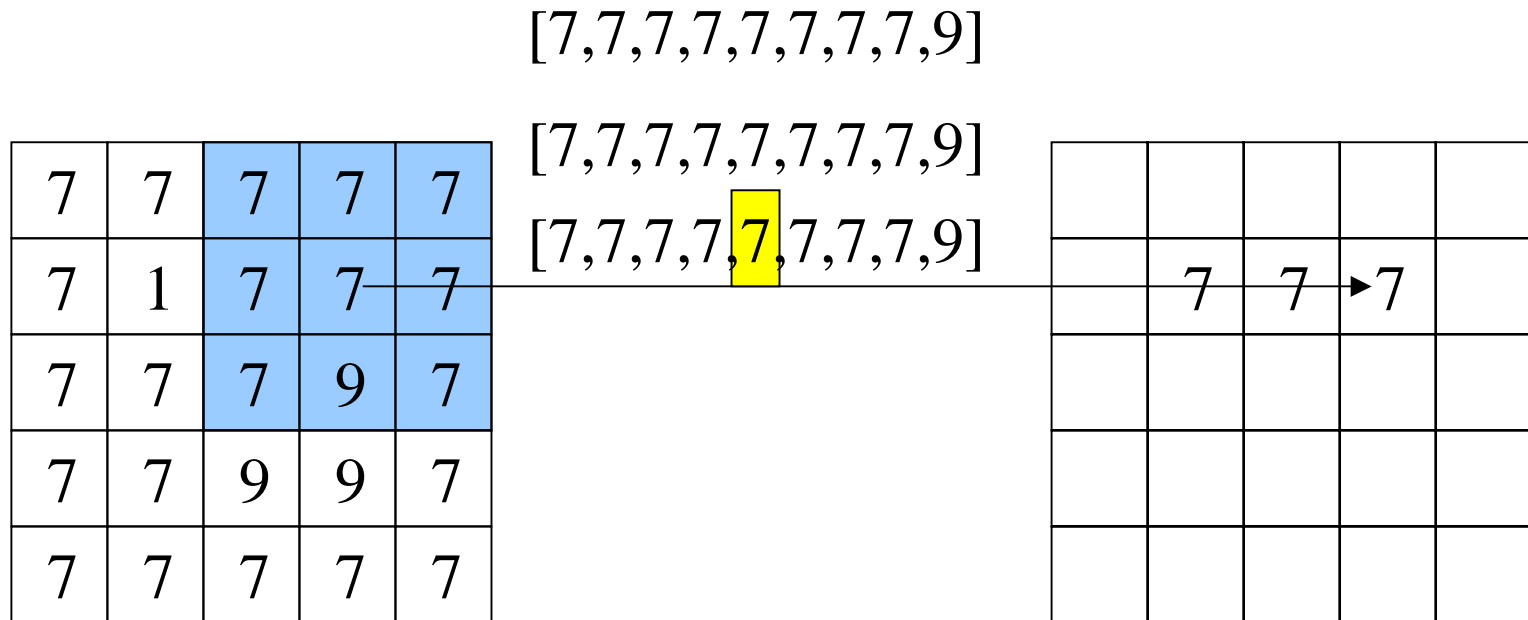
[1,7,7,7,7,7,7,7,9]

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

	7	7		

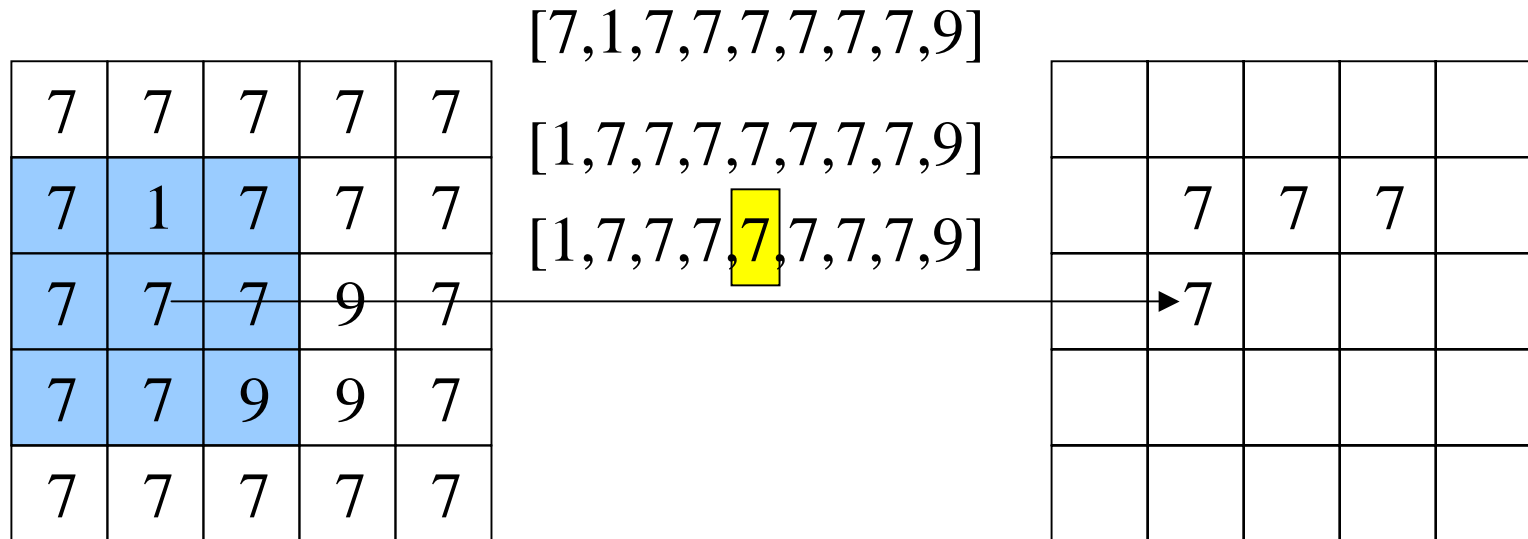
Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter, Rechenbeispiel



Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter, Rechenbeispiel



Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Medianfilter, Rechenbeispiel

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7

Lösung des Randproblems: Letzte gültige Zeile und Spalte solange nach außen kopieren, bis das Ausgabebild gefüllt ist.

Vergleich Mittelwert und Median

Mittelwert

Median

7	7	7	7	7
7	1	7	7	7
7	7	7	9	7
7	7	9	9	7
7	7	7	7	7

6	6	7	7	7
6	6	7	7	7
7	7	7	8	8
7	7	8	8	8
7	7	8	8	8

7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7
7	7	7	7	7

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Beispiel 3x3 Median



Originalbild



1x gefiltert



20 x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Beispiel 3x3 Median



Originalbild,
verrauscht



1x gefiltert



20 x gefiltert

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Vergleich Gauß/Median



Originalbild



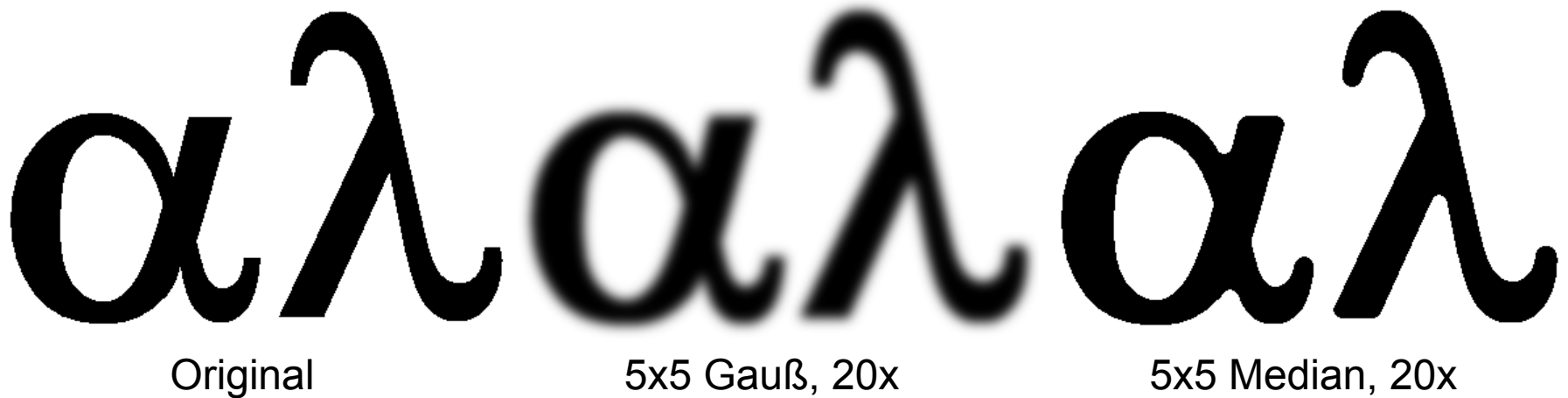
20 x Gauß



20 x Median

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

► Vergleich Gauß/Median



Nach [Abmayr 94], S. 186

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Median unterdrückt feine Linien und rundet besonders bei großen Kernen und häufiger Anwendung die Ecken der Objekte ab
- ▶ Spezielle Kernelformen verringern diese Effekte

0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
1	1	1	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Median: Vergleich verschiedener Kernel



Originalbild



Median 5x5, 10x



Median 5x5 Kreuz, 10x

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

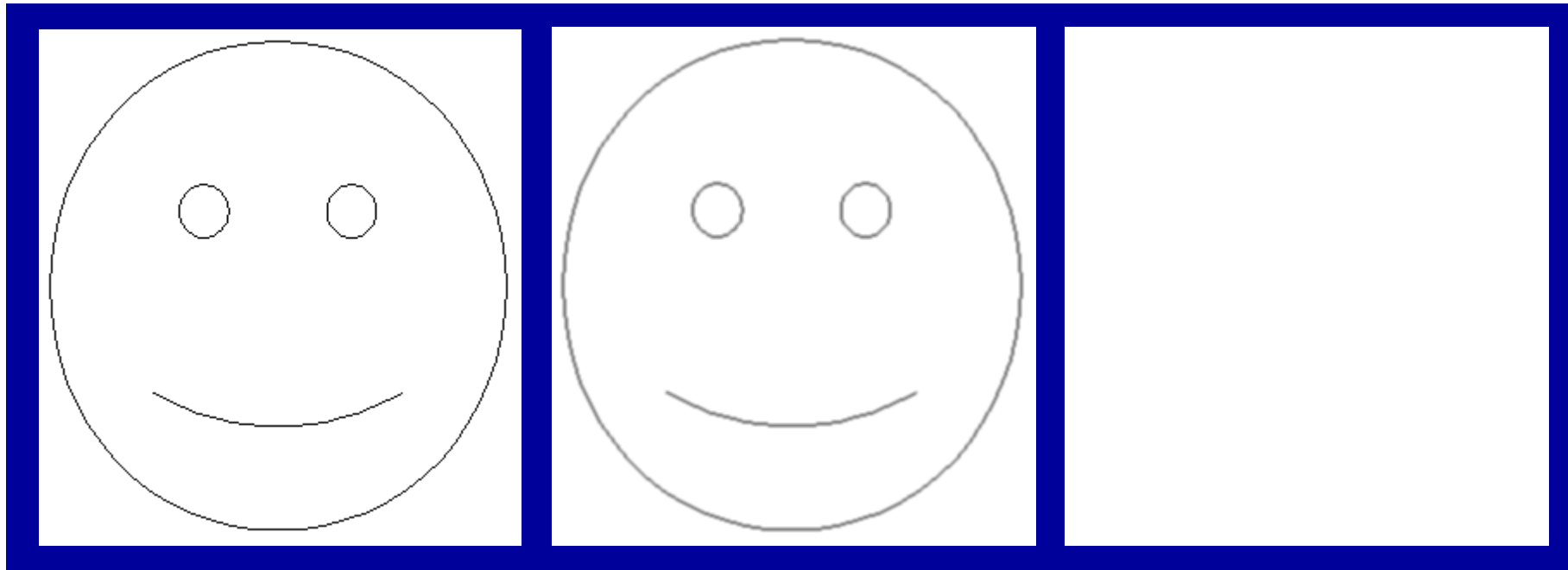
- ▶ Vergleich Median mit verschiedenen Kernels



Nach [Abmayr 94], S. 186

Vorverarbeitung: Glättungsoperatoren

- ▶ Vergleich Gauß/Median bei 1 Pixel breiten Linien



Originalbild

3x3 Gauß

3x3 x Median

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Morphologie

- ▶ Minimum und Maximum Filter
- ▶ Vergrößerung dunkler bzw. heller Details



Original



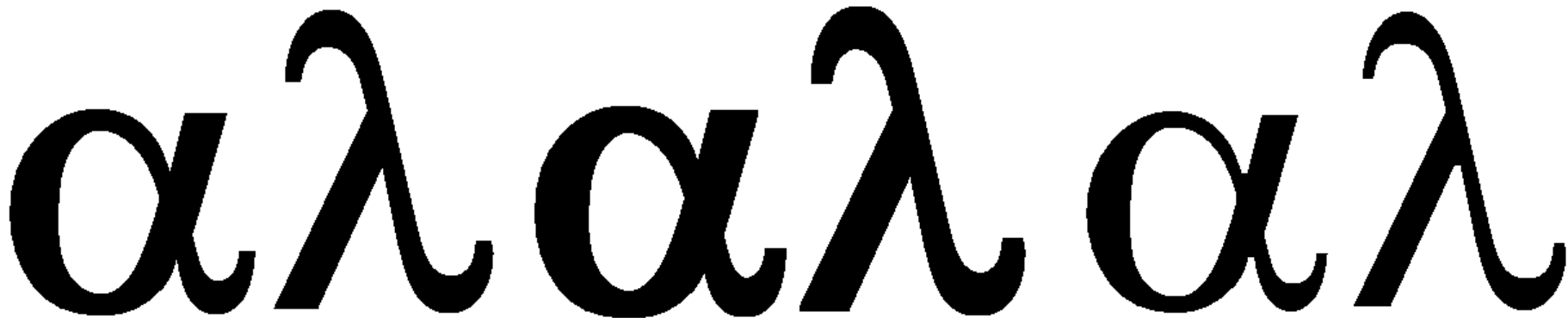
5x5 Minimum



5x5 Maximum

Vorverarbeitung: Morphologie

- ▶ Minimum und Maximum Filter
- ▶ Vergrößerung dunkler bzw. heller Details
- ▶ Auch in der Binärbildverarbeitung oft verwendet



Original

5x5 Minimum

5x5 Maximum

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung: Schärfen

- ▶ Verstärken der Kontraste durch negative Gewichtung von Pixeln in der Umgebung des Zentrumspixels
- ▶ Summe der Gewichte stets 1
- ▶ Schärfungsfaktor: negatives Gewicht der Nachbarn
- ▶ Radius: Größe der Operatormaske, Abstand der Nachbarn vom Zentrumspixel
- ▶ Beispiels:

0	-0,5	0	-0,5	-0,5	-0,5
-0,5	3	-0,5	-0,5	5	-0,5
0	-0,5	0	-0,5	-0,5	-0,5

Vorverarbeitung: Schärfen

- ▶ Schärfen mit Schärfungsfaktor 0.5 und Radius 1

$$\begin{matrix} 0 & -0,5 & 0 \\ -0,5 & 3 & -0,5 \\ 0 & -0,5 & 0 \end{matrix}$$



Vorverarbeitung: Schärfen

- ▶ Schärfen mit Schärfungsfaktor 0.5 und Radius 1.5

$$\begin{matrix} -0,5 & -0,5 & -0,5 \\ -0,5 & 5 & -0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 \end{matrix}$$



Vorverarbeitung: Unscharf maskieren

- ▶ Erhöhung der Bildschärfe
- ▶ Linearer Hochpassfilter durch Differenz zwischen dem Eingabebild $E(x,y)$ und dem Gauß-geglätteten Eingabebild $E_{Gau\beta}(x,y)$ (Tiefpass) unter Berücksichtigung eines Skalierungsfaktors $0 \leq c < 1$

$$A(x, y) = \frac{1}{(1-c)} \left(E(x, y) - c \cdot E_{Gau\beta}(x, y) \right)$$

- ▶ Parameter: Skalierungsfaktor c und Kernelgröße des Gaußfilters (z.B. 3x3, 5x5, 7x7, ...)

Vorverarbeitung: Unscharf maskieren

- ▶ Beispiel mit Gaußfilter 5x5



Original



$c = 0.1$



$c = 0.5$



$c = 0.9$

Vorverarbeitung

- ▶ Grundlagen, Ziele, Einordnung der Operatoren
- ▶ Verfahren der Bildvorverarbeitung
 - Bildpunktoperationen
 - Modifikation der Grauwertskala
 - Korrektur des Kontrasts (Histogramm-Modifikationen)
 - Hintergrundkompensation (Shadingkorrektur)
 - Geometrische Korrekturen (Affine Transformationen) und Interpolation
 - Lokale Operationen
 - Rauschunterdrückung (Glättungsoperatoren)
 - Minimum und Maximum (Morphologische Operatoren)
 - Kantenverstärkung (Schärfungsoperatoren)
- ▶ Zusammenfassung

Vorverarbeitung

► Zusammenfassung

- Vorverarbeitungsverfahren können die Bildqualität verbessern
- Gleichzeitig wird jedoch auch die Bildinformation verändert
- Zum Teil kommt es zu Informationsverlust, z.B. durch
 - Interpolation bei den affinen Transformationen
 - Verlust von Schärfe durch Glättungsoperatoren
 - Verstärkung von Rauschen durch Schärfen
 - Zusammenfassung zuvor unterschiedlicher Intensitäten (Rundung oder Clipping bei Histogrammmodifikationen)
 - Aufteilung bisher gleicher auf verschiedene Intensitäten (Histogrammebnung)
 - Artefakte (Rangordnungsfilter)
- Am besten ist es, die Aufnahmebedingungen so zu gestalten, dass man ohne Vorverarbeitung auskommt!

Literatur

- ▶ [Abmayr 94] Wolfgang Abmayr. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*. B.G. Teubner, 1994.
- ▶ [Hermes 04] Thorsten Hermes. *Digitale Bildverarbeitung. Eine praxisorientierte Einführung*. Hanser, 2004.
- ▶ [Jähne 05] Bernd Jähne: *Digitale Bildverarbeitung*. Springer-Verlag, 2005.
- ▶ [Klette 95] Reinhard Klette und Piero Zamperoni. *Handbuch der Operatoren für die Bildbearbeitung*. Vieweg, 1995.