

Gliederung

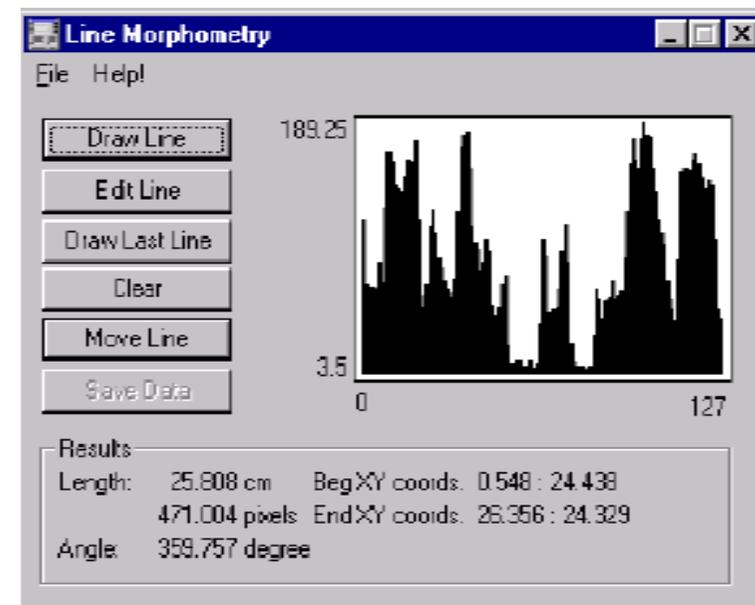
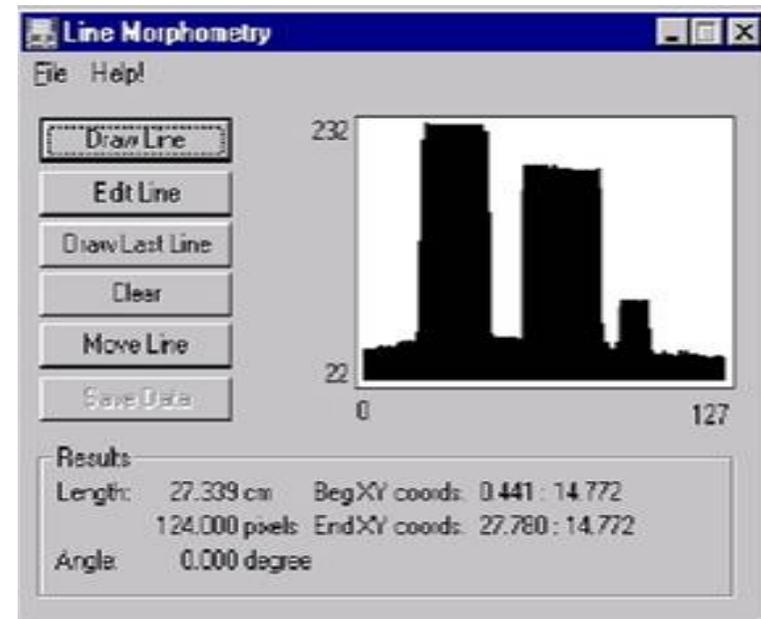
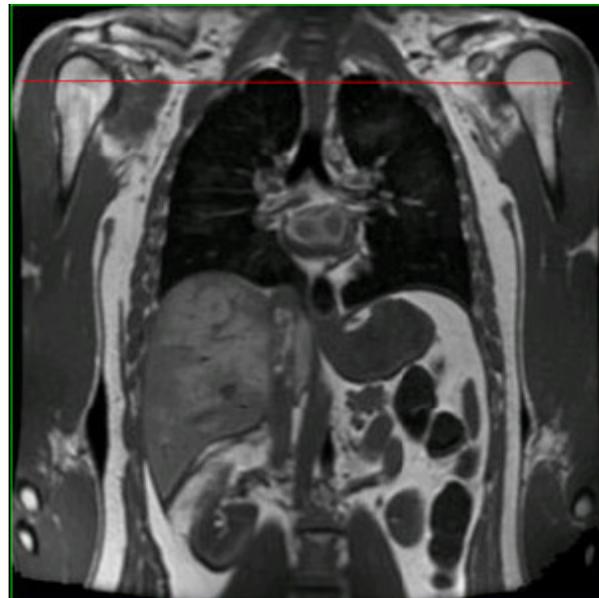
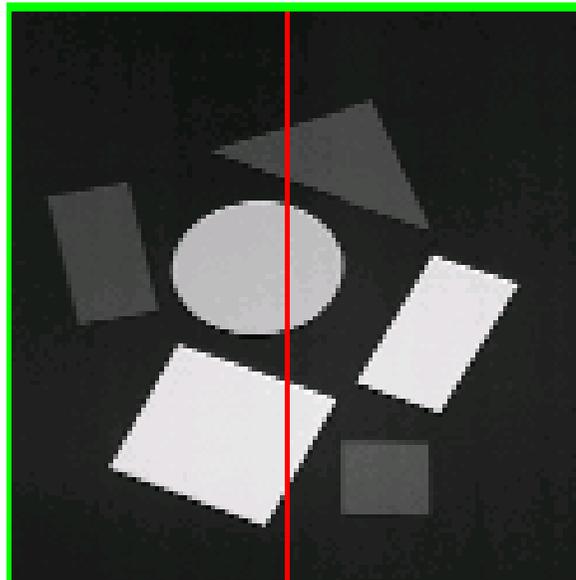
- Einführung
- Bildabtastung und Digitalisierung
- **Grauwertstatistik**
- Punktoperatoren
- Lokale Operatoren
- Globale Operatoren
- Merkmalsextraktion
- Klassifikation
- Codierung
- Technische Komponenten

Gliederung

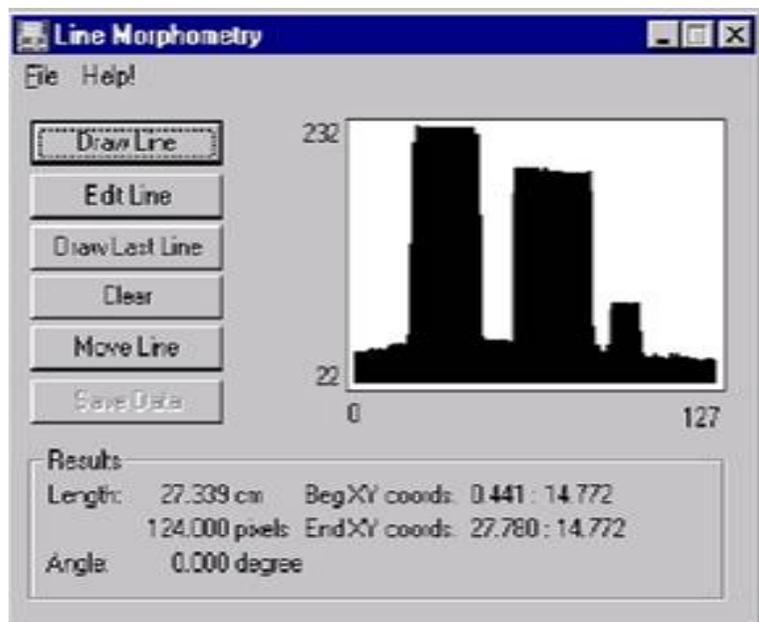
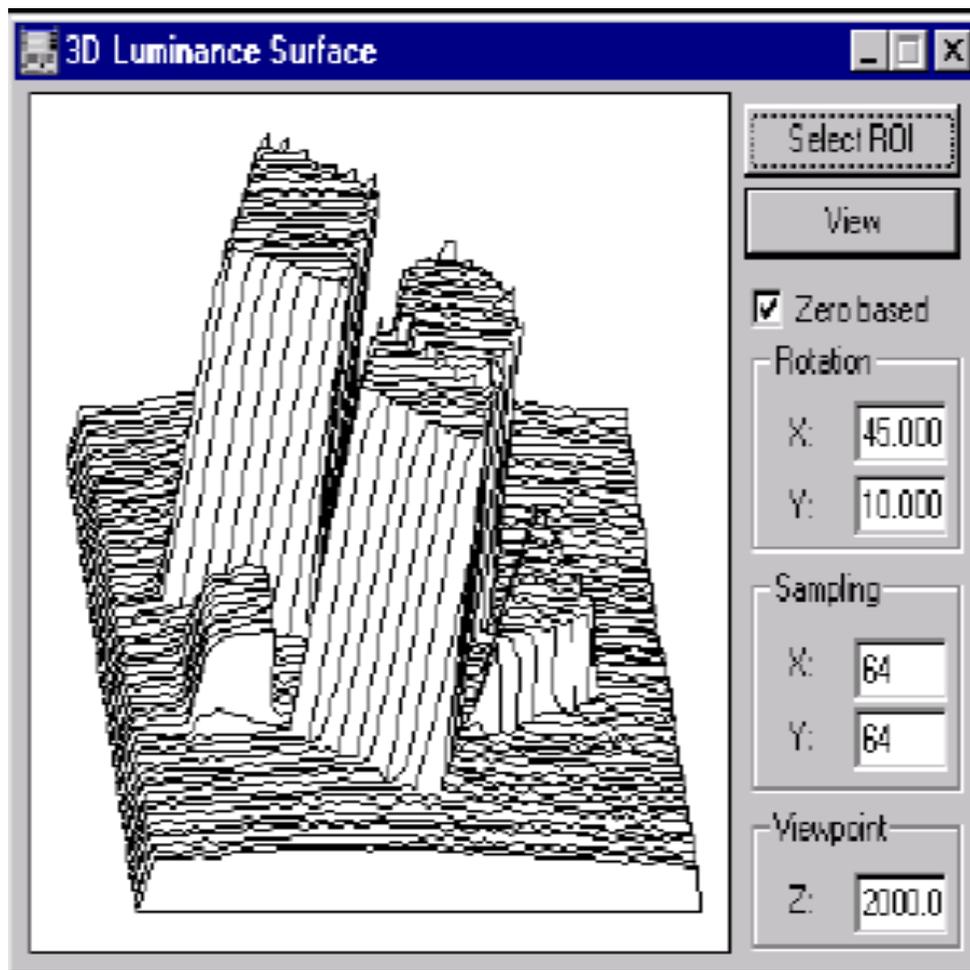
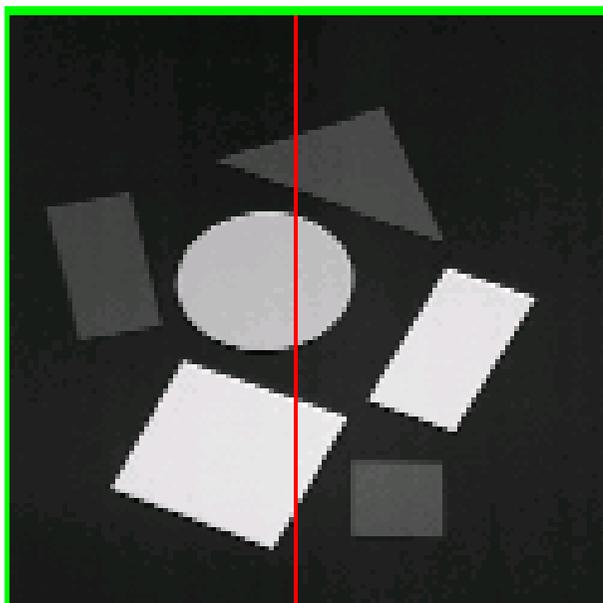
- 1 **Grauwerthistogramme**
- 2 **Histogrammoperationen**
- 3 **Charakterisierung von Grauwerthistogrammen,
Momente**

Grauwerthistogramme:

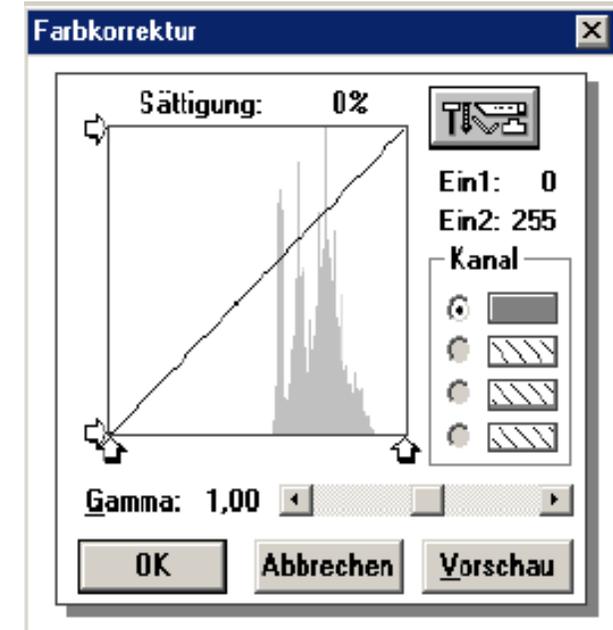
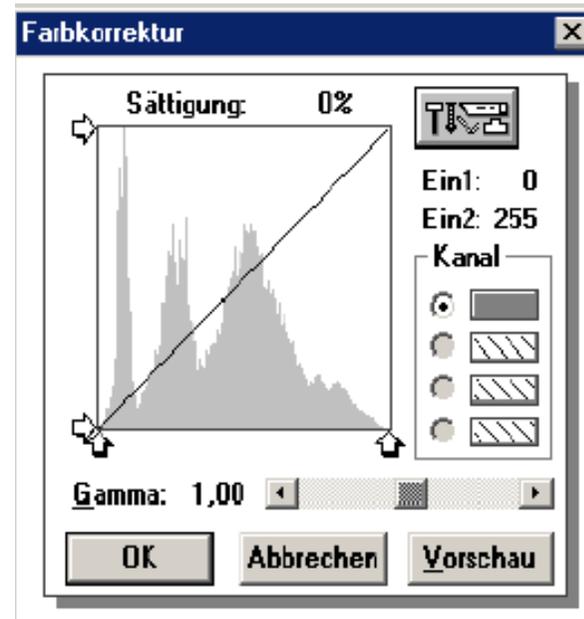
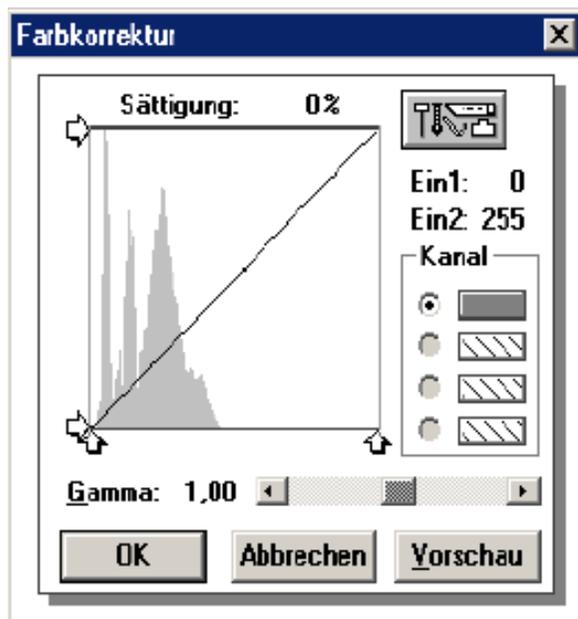
Beispiele



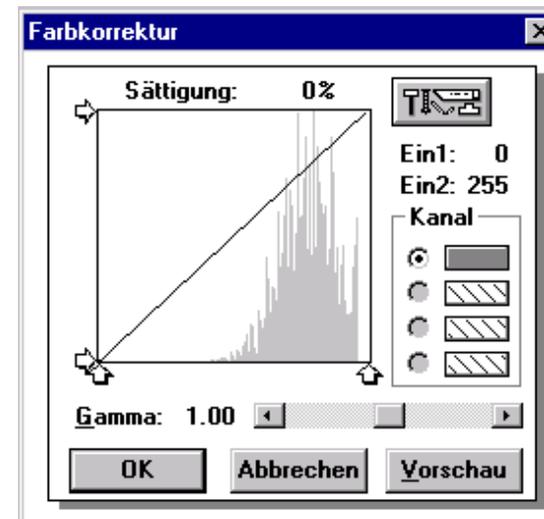
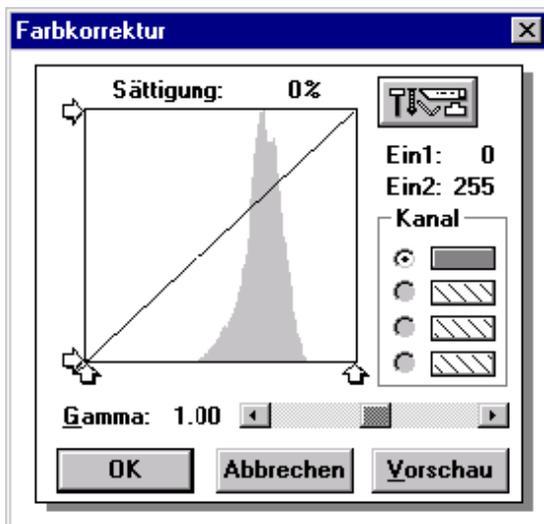
Grauwerthistogramme: Beispiele



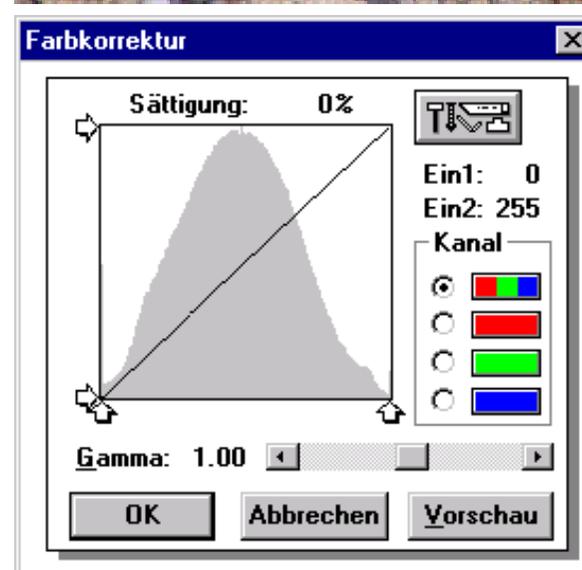
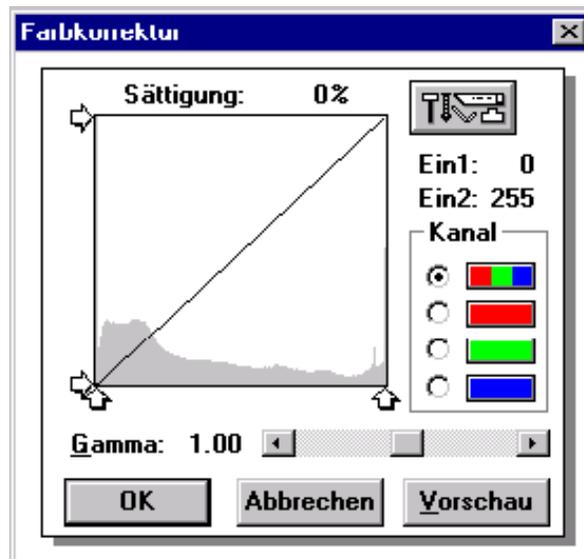
Grauwerthistogramme: Beispiele



Grauwerthistogramme: Beispiele

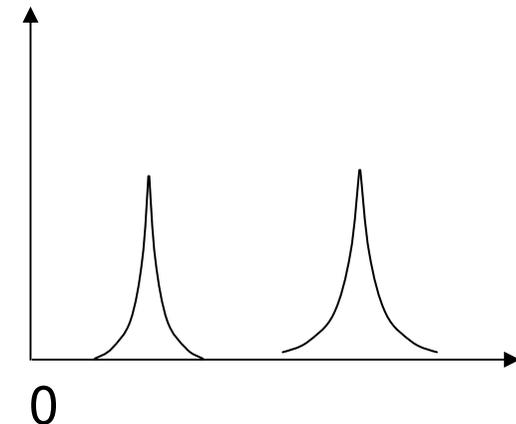
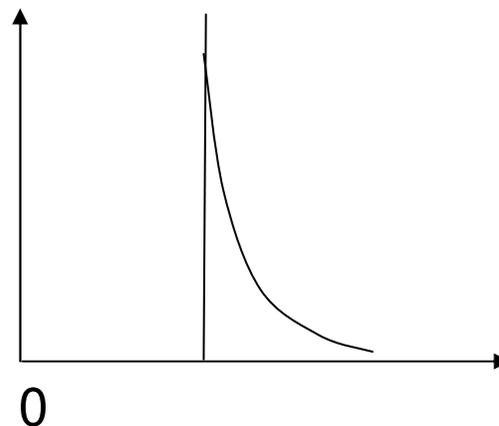
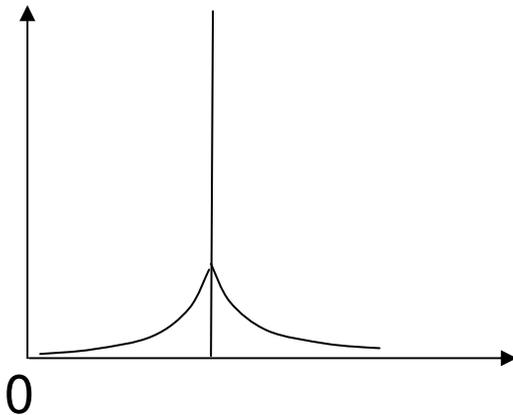
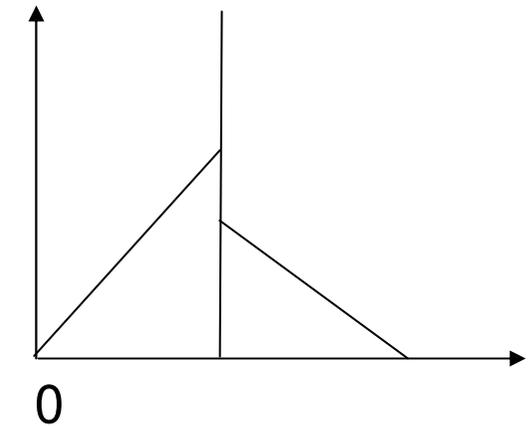
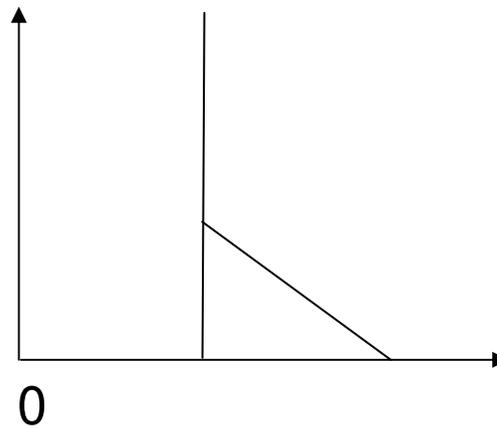
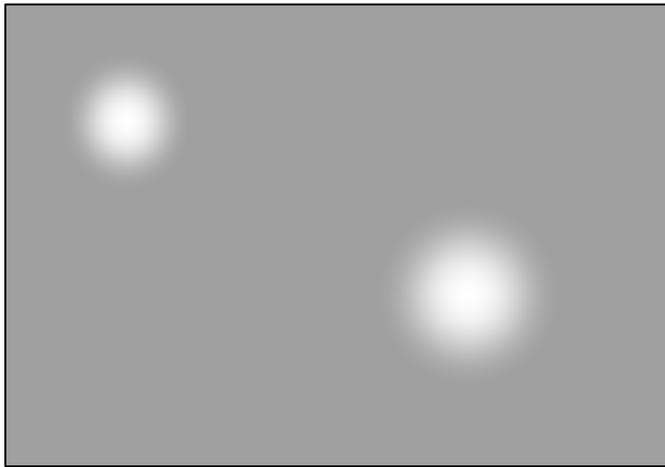


Grauwerthistogramme: Beispiele



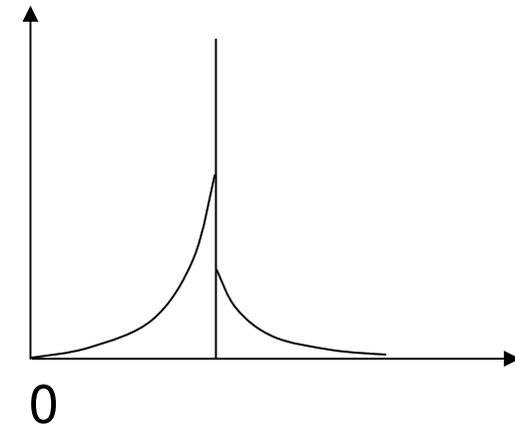
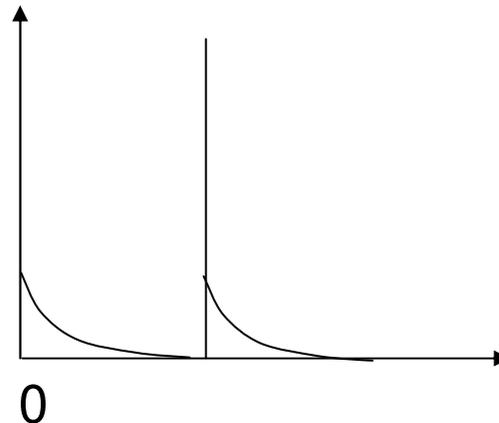
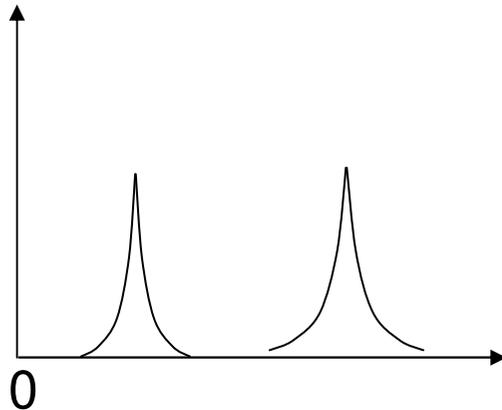
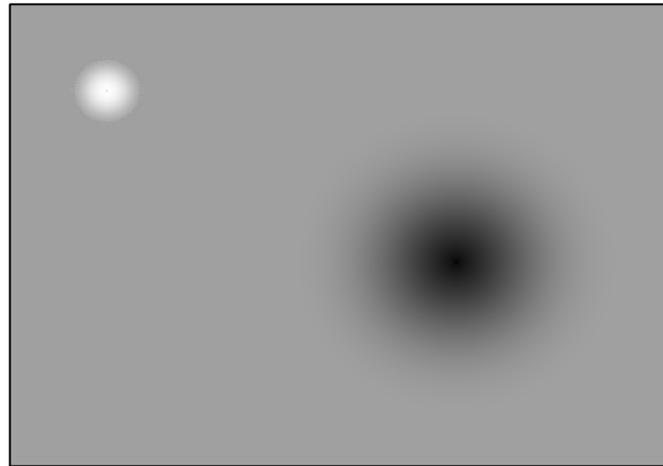
Grauwertistogramme: Beispiele

Ordnen Sie das richtige Histogramm zu (die Helligkeit in den beiden Flecken nimmt zum Zentrum hin linear zu)

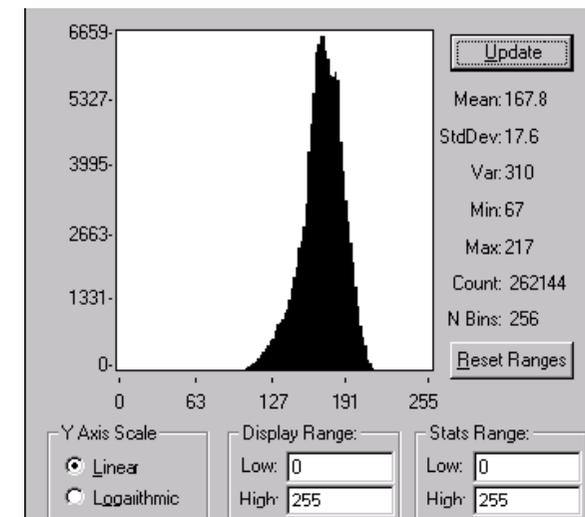
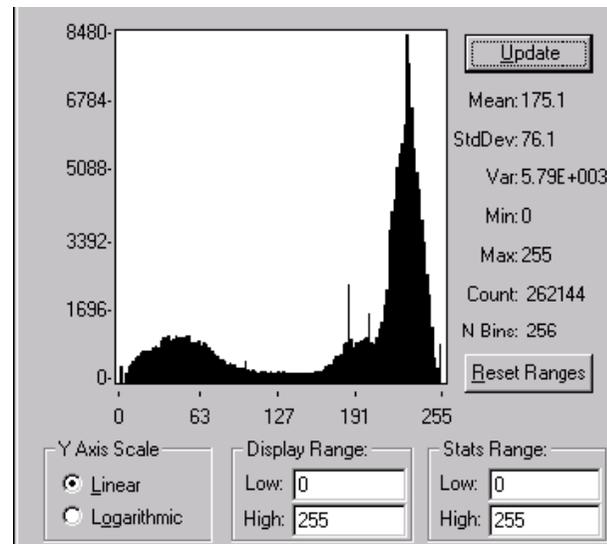
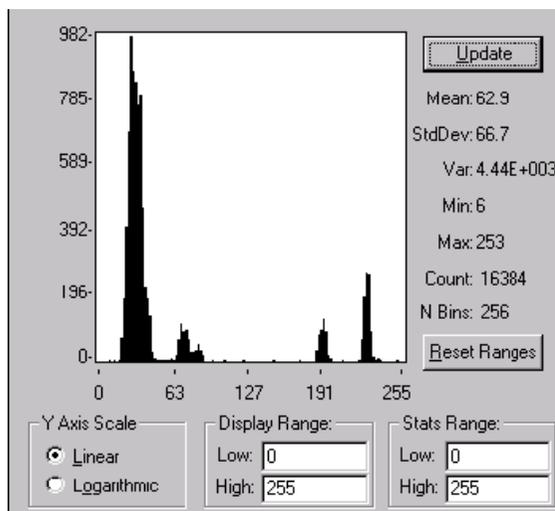
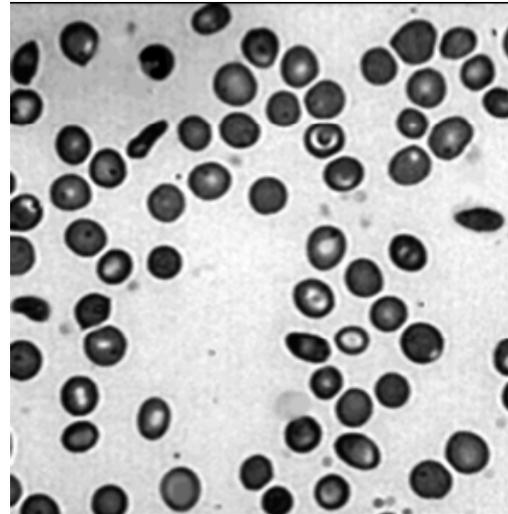
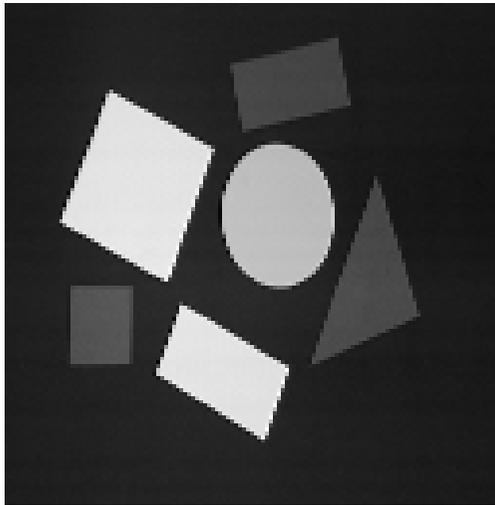


Grauwerthistogramme: Beispiele

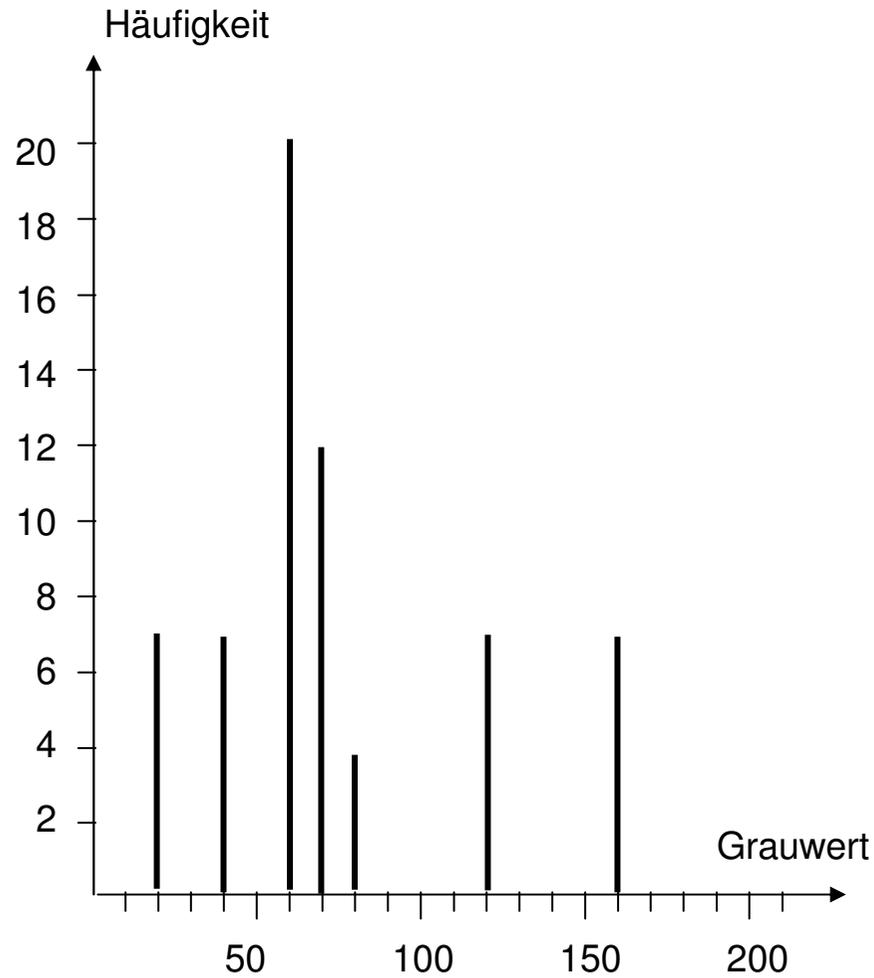
Ordnen Sie das richtige Histogramm zu (lineare Abhängigkeit der Helligkeit in den beiden Mustern in Abhängigkeit vom Radius)



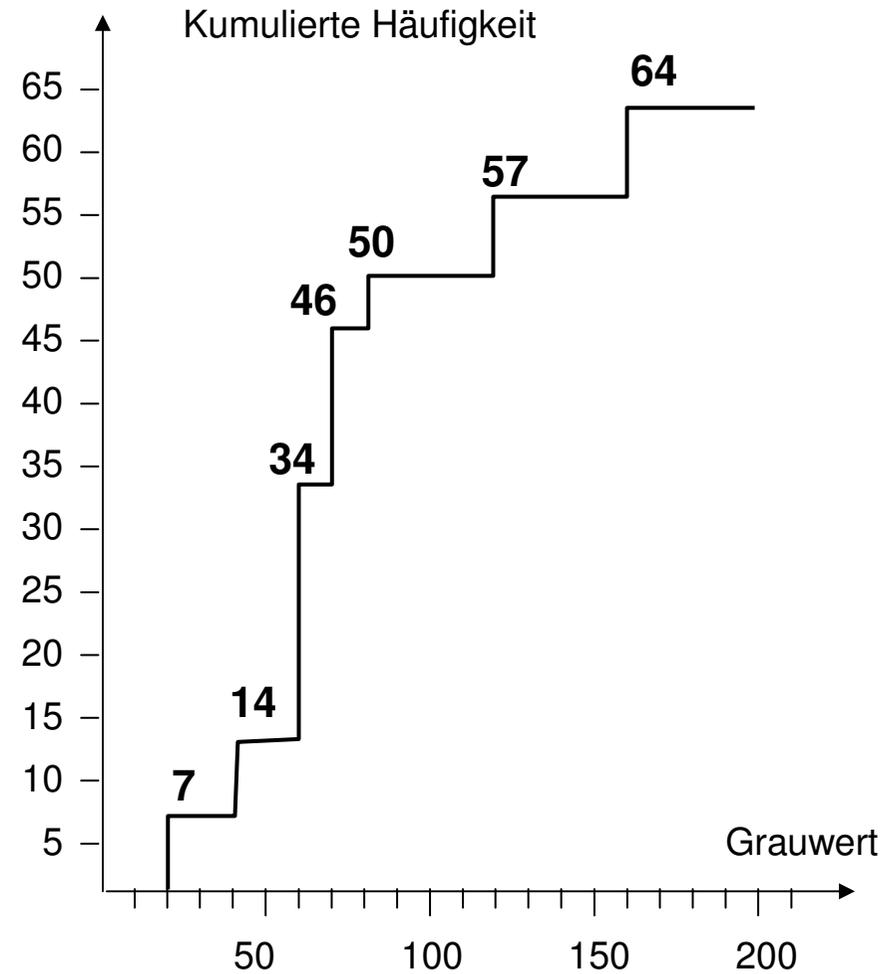
Grauwerthistogramme: multimodal, bimodal, monomodal



Grauwertistogramme: kumulatives Histogramm



Häufigkeitsverteilung



Kumulierte Häufigkeitsverteilung

Grauwertstatistik: Coocurrence-Matrix

Die Coocurrence-Matrix gibt die Nachbarschaftsbeziehungen für eine bestimmte Nachbarschaftsorientierung an (z.B. rechter Nachbar, unterer Nachbar, rechter unterer Nachbar) in Form der Häufigkeiten der Amplituden(Zahlen-)Kombinationen an.

Anwendung: Texturerkennung / Oberflächenanalyse

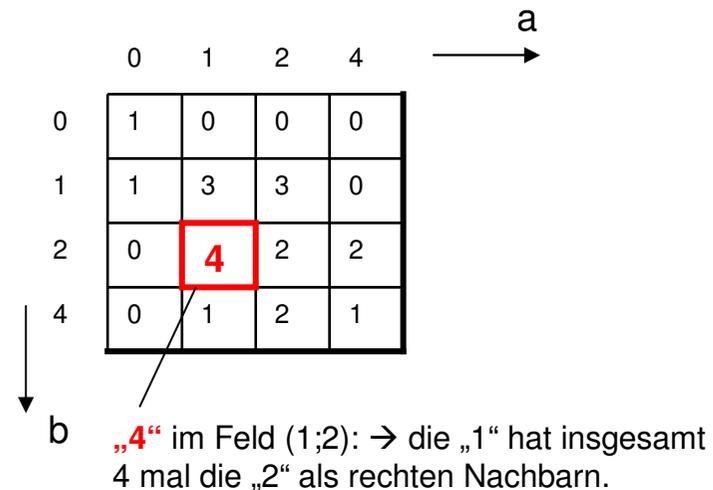
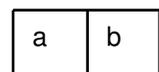
Coocurrence-Matrix: an die Ordinate und die Abszisse sind alle vorkommenden Amplitudenwerte in aufsteigender Reihenfolge anzutragen

Beispiel 1:

	0	1	2	3	4
0	1	2	2	4	2
1	2	2	1	4	4
2	1	1	2	1	2
3	0	0	1	1	2
4	2	4	2	1	1

rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$



Probe:

Die Summe über alle Elemente der Coocurrence-Matrix muss die Summe aller möglichen rechten Nachbarschaften ergeben, hier: 20

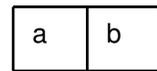
Grauwertstatistik: Coocurrence-Matrix

nochmal Beispiel 1:

	0	1	2	3	4
0	1	2	2	4	2
1	2	2	1	4	4
2	1	1	2	1	2
3	0	0	1	1	2
4	2	4	2	1	1

rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$



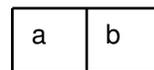
	0	1	2	4	a
0	1	0	0	0	
1	1	3	3	0	
2	0	4	2	2	
4	0	1	2	1	
b					

Beispiel 2:

	0	1	2	3	4
0	1	2	2	2	2
1	2	2	2	4	4
2	1	1	1	1	2
3	0	0	1	0	0
4	1	1	2	1	1

rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$



	0	1	2	4	a
0	2	1	0	0	
1	1	5	1	0	
2	0	3	5	0	
4	0	0	1	1	
b					

Probe: 20

Große homogene Flächen: starke Besetzung der Hauptdiagonale (je mehr unterschiedliche Amplituden, desto länger gestreckt)

Inhomogenitäten: Ausweitungen nach rechts oben bzw. links unten, umso ausgeprägter, je größer die Amplitudendifferenzen benachbarter Bildpunkte (in der gewählten Richtung)

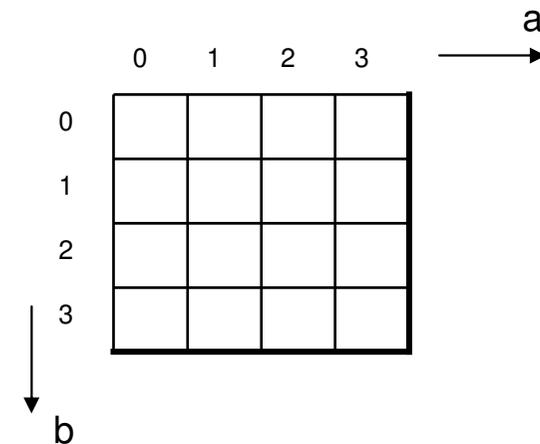
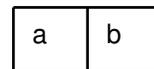
Grauwertstatistik: Coocurence-Matrix

Beispiel: Es ist die Coocurence-Matrix für den rechten Nachbarn zu entwickeln

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	3	3	3	3
1	0	0	0	0	3	3	3	3
2	0	0	0	0	3	3	3	3
3	0	0	0	0	3	3	3	3
4	2	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1	1
6	2	2	2	2	1	1	1	1
7	2	2	2	2	1	1	1	1

rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$



Grauwertstatistik: Coocurence-Matrix

Beispiel: Es ist die Coocurence-Matrix für den rechten Nachbarn zu entwickeln

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	3	3	3	3
1	0	0	0	0	3	3	3	3
2	0	0	0	0	3	3	3	3
3	0	0	0	0	3	3	3	3
4	2	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1	1
6	2	2	2	2	1	1	1	1
7	2	2	2	2	1	1	1	1

rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$



	0	1	2	3
0	12	0	0	0
1	0	12	4	0
2	0	0	12	0
3	4	0	0	12

→ a

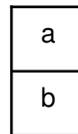
↓ b

Grauwertstatistik: Coocurrence-Matrix

Ermittlung weiterer Coocurrence-Matrizen aus dem Beispiel

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	3	3	3	3
1	0	0	0	0	3	3	3	3
2	0	0	0	0	3	3	3	3
3	0	0	0	0	3	3	3	3
4	2	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1	1
6	2	2	2	2	1	1	1	1
7	2	2	2	2	1	1	1	1

unterer Nachbar $\Delta x = 0 \Delta y = 1$

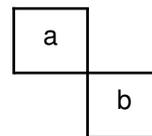


→ a

	0	1	2	3
0	12			
1		12		4
2	4		12	
3				12

↓ b

Unterer rechter Nachbar $\Delta x = 1 \Delta y = 1$



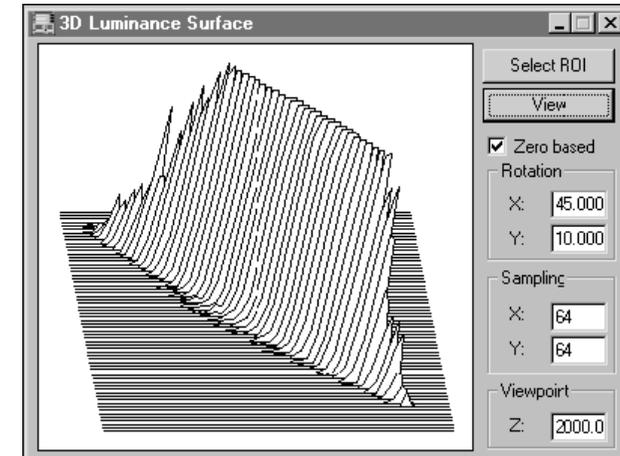
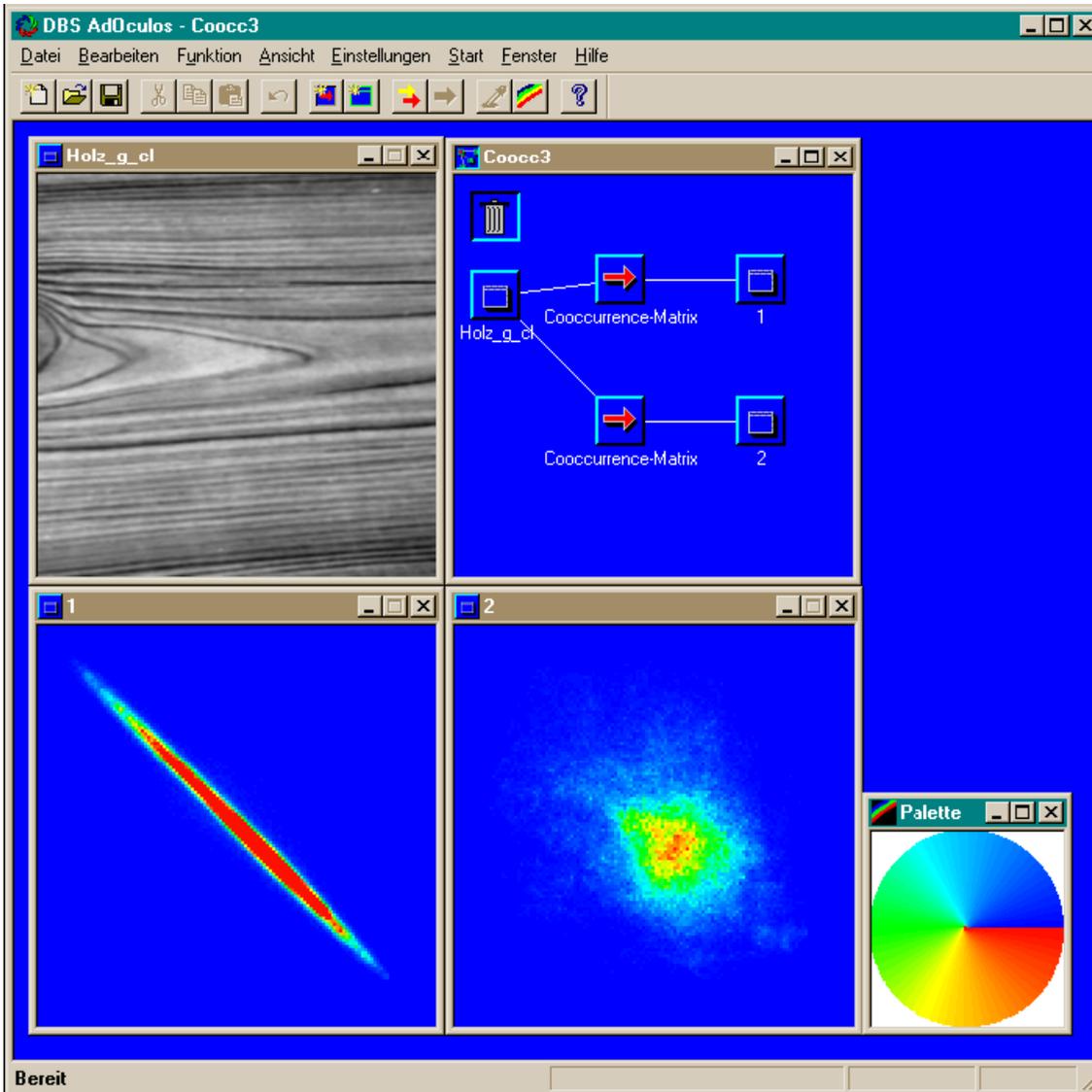
	0	1	2	3
0	9			
1	1	9	3	3
2	3		9	
3	3			9

→ a

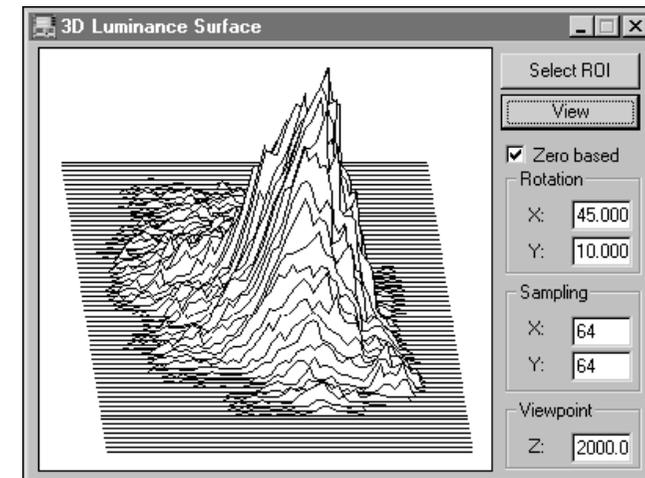
Aufgabe:

Bestimmen Sie die Coocurrence-Matrix für den unteren linken Nachbarn

Grauwerthistogramme: Coocurrence-Matrix Beispiel



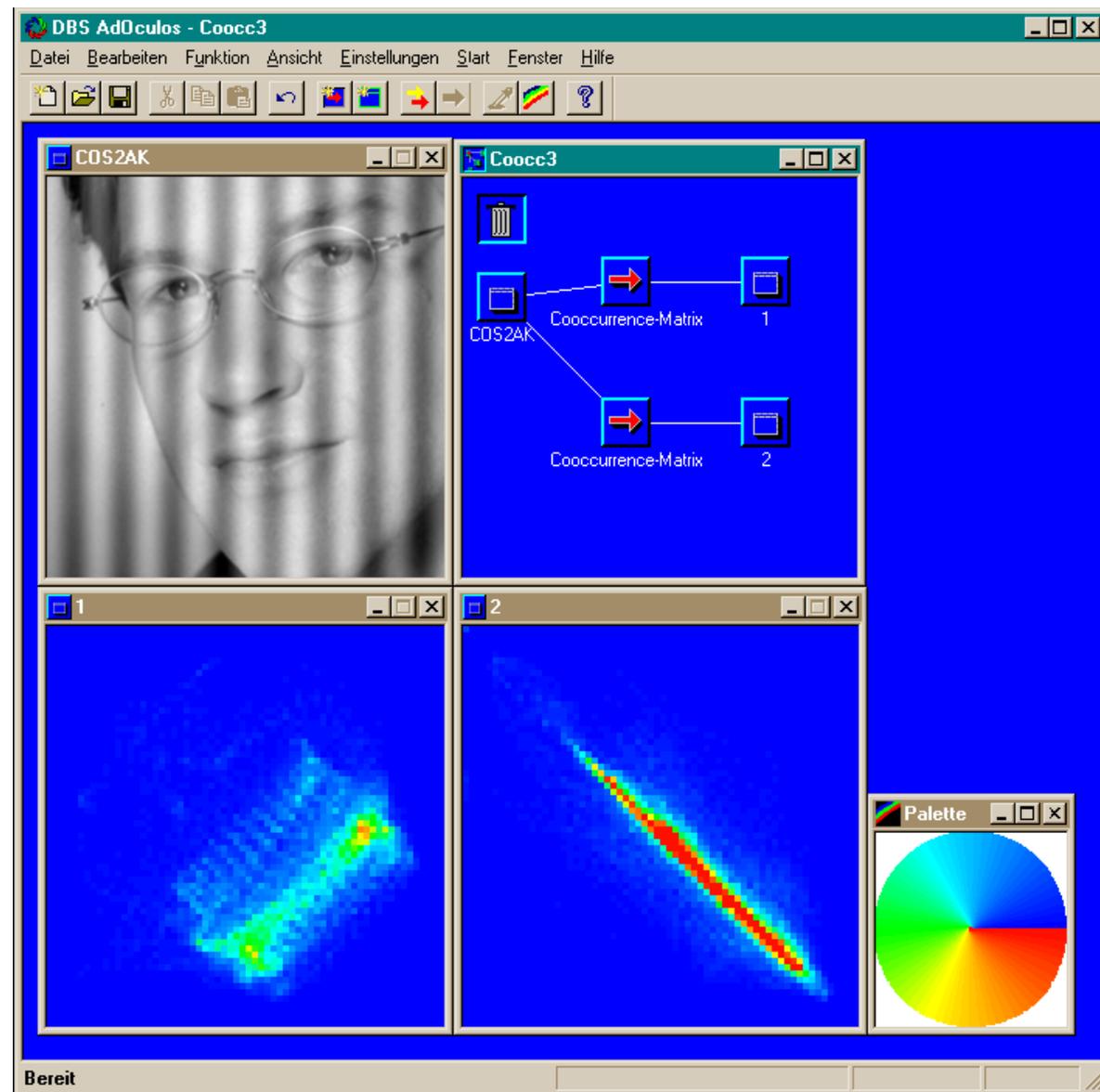
rechter Nachbar $\Delta x = 1 \Delta y = 0$



unterer Nachbar $\Delta x = 0 \Delta y = 1$ **17 von 38**

Grauwerthistogramme:

Coocurrence-Matrix / Beispiel



rechter Nachbar

$$\Delta x = 1 \quad \Delta y = 0$$

unterer Nachbar

$$\Delta x = 0 \quad \Delta y = 1$$

18 von 38

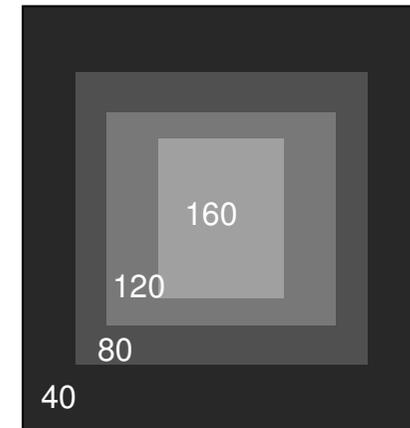
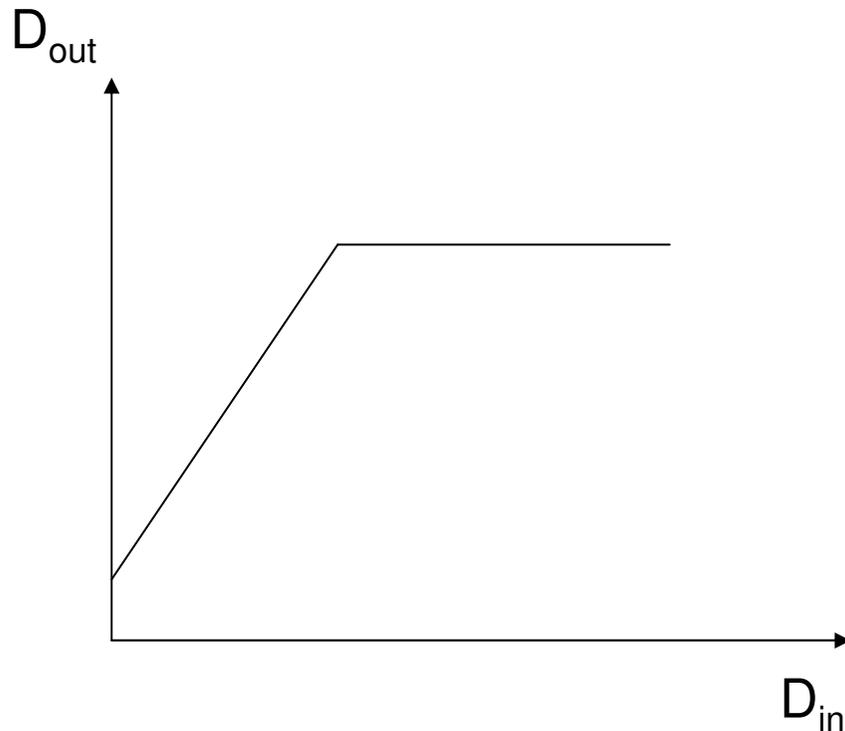
2. Histogrammoperationen

2.1 Kontrastverbesserung mittels linearer “Verstärkung” und ggf. BIAS Operation (Histogrammspreizung)

$$g_{out} = V \cdot g_{in} + BIAS$$

$$BIAS = MEAN_{out} - V \cdot MEAN_{in}$$

$MEAN_{out}$ – gewünschter Mittelwert der Grauwerte des Zielbildes



Beispiel: $D_{out} = 4 \cdot D_{in}$

2.2 Kontrastverbesserung mittels Anwendung einer LUT (Look up Table)

k	LUT [k]
0	0
1	4
2	8
3	12
⋮	⋮
10	40
⋮	⋮
20	80
⋮	⋮
30	120
⋮	⋮
40	156
	160

$$\text{Operation: } g_{\text{out}}[i,j] = \text{LUT} [g_{\text{in}}[i,j]]$$

Beispiel

0	10	10	20	30
40	40	30	20	10
0	10	10	20	30
40	40	30	20	10
0	0	0	10	10



0	40	40	80	120
160	160	120	80	40
0	40	40	80	120
160	160	120	80	40
0	0	0	40	40

2.2 Kontrastverbesserung mittels Anwendung einer LUT (Look up Table)

Programmbeispiel: Anwendung einer LUT auf einen Bildspeicher der Dimension 720 x 540 (typ. Bildformat)

```
void main();  
int LUT[40];           Deklaration der LUT als Integer-Array mit 40 Elementen;  
int image[720][540];  Deklaration des Bildspeichers als 2 dimensionales Integer-  
                      Array mit 720 x 540 Elementen  
  
for(int i = 0; i < 40; i++)  
    LUT[i] = 4*i;      Festlegen der Werte der LUT  
    :  
Get_image();          Holen eines Bildes (z.B. von einer Kamera) und Ablegen der  
                      Daten im Bildspeicher  
  
For (int i = 0; i < 720;i++)  
    For (int j = 0; j < 540; j++)  
        image [i] [j] = LUT [image [i] [j] ];    Anwenden der LUT auf den 2-dimensionalen Bildspeicher  
        :  
        :  
  
end.
```

2.2 Kontrastverbesserung mittels Anwendung einer LUT (Look up Table)

Weitere LUT-Varianten (Quantisierungsarten):

- **Gamma-Korrektur (Anpassung an die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges),**
- **linear, nichtlinear, Wurzelquantisierung**
- **Quadratisch**
- **Logarithmisch**
- **Invertierung**
- **Fenster-, Weißmarkierung (Weißzuordnung nur bestimmten Grauwerten, z.B. 50-70)**

2.3. Histogrammebnung

Austausch der Grauwerte gegen die Häufigkeit ihres Auftretens entsprechend des kumulativen Histogramms (Automatische Grauwertänderung)

$$g_{out} = \sum_{i=0}^{g_{in}} \frac{N_i}{N}$$

g_{in} – Grauwert (Eingangsdaten)

g_{out} – neuer Grauwert

N_i – Anzahl aller Pixel mit dem Grauwert i

N – Anzahl aller Pixel

Das bedeutet:

Große Flächen werden heller, demgegenüber dunkle Strukturen kleiner Fläche werden dunkler und bilden einen größeren Kontrast zu den helleren Strukturen.

2.3. Histogrammebnung

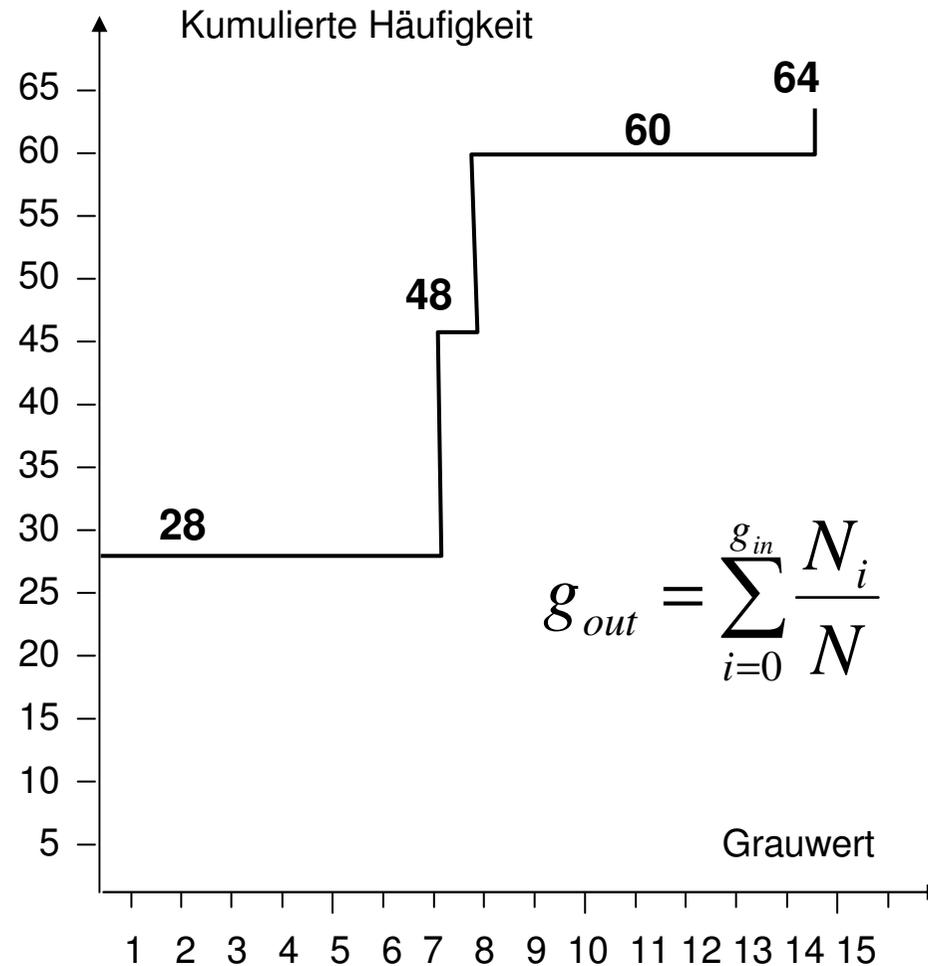
Beispiel 1

0	0	0	0	0	0	0	0
0	7	7	7	7	7	7	0
0	7	8	8	8	8	7	0
0	7	8	15	15	8	7	0
0	7	8	15	15	8	7	0
0	7	8	8	8	8	7	0
0	7	7	7	7	7	7	0
0	0	0	0	0	0	0	0

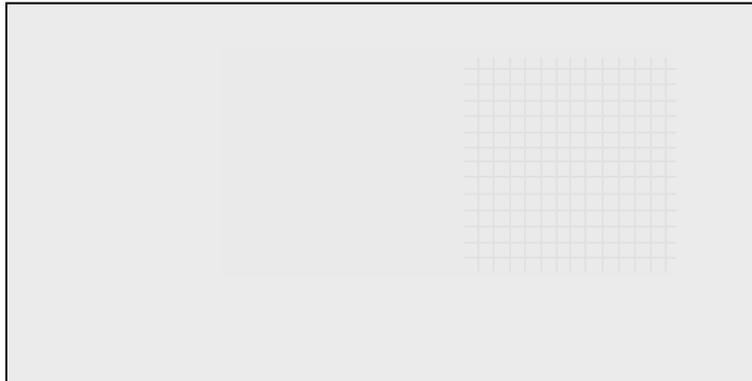
Skalierung auf 0..15

0 → 28
7 → 48
8 → 60
15 → 64

28 → 0
48 → 8
60 → 13
64 → 15



Histogrammebnung: Rechenbeispiel (dunkles Muster auf hellem Untergrund)



Objekt	Abmessungen	Grauwert
Hintergrund	200 x 100	235
Rechteck	120 x 60	234
Gitter	2 x 13 Linien $l = 54, b = 1$	225

Häufigkeit

g	h(g)
225	1404
234	5796
235	12800

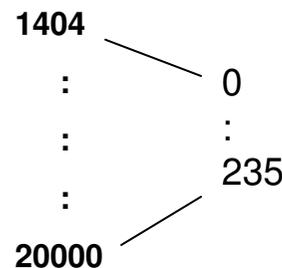
Kumulierte Häufigkeit **geebnet**

g	H(G)
225	1404
234	7200
235	20000

normiert

g	h(g)
0	1404
73	5796
235	12800

Skalierung auf den Maximalwert von g (übliche Normierung):

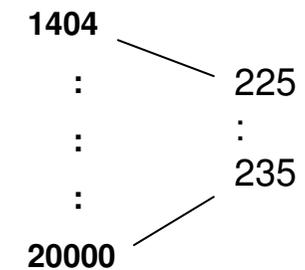


Neuzuordnung Grauwerte:

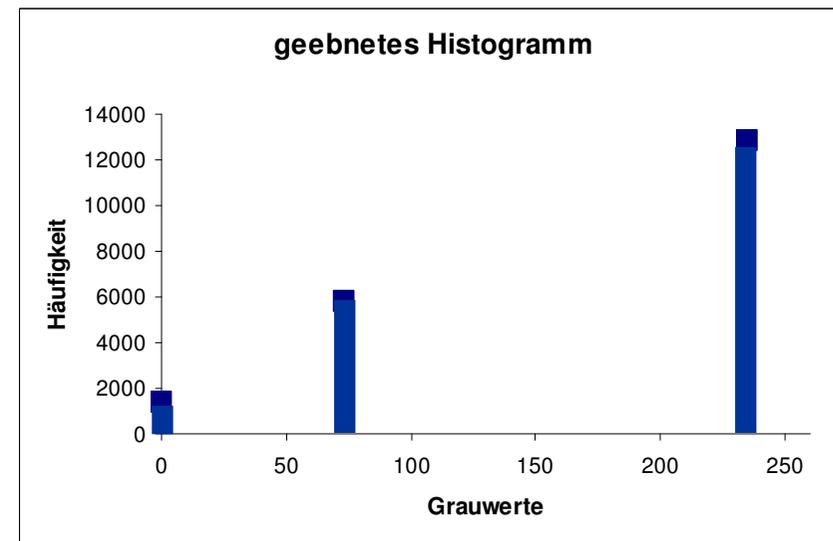
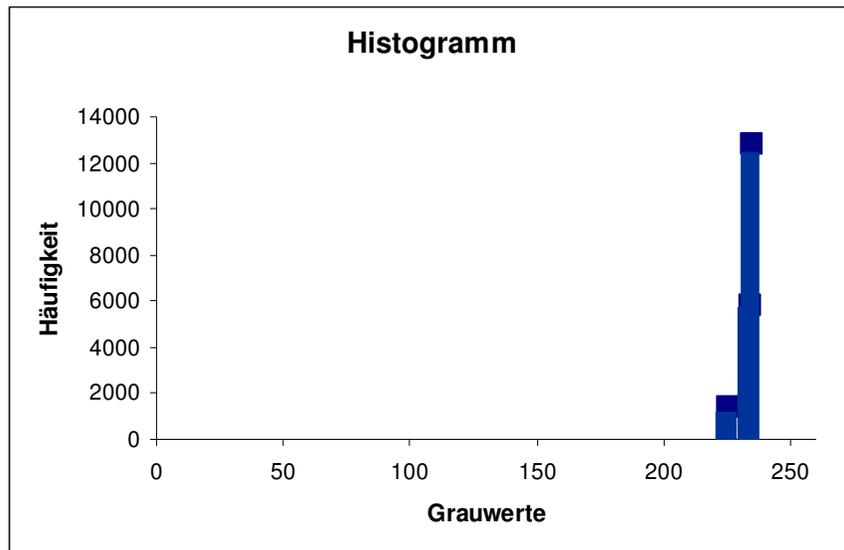
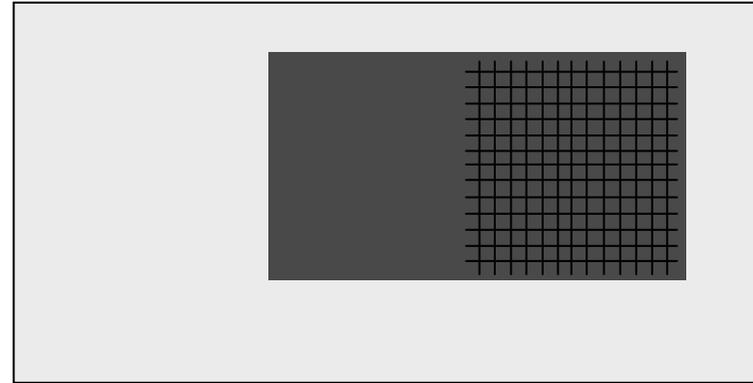
$225 \rightarrow 0$
 $230 \rightarrow 73$
 $235 \rightarrow 235$

oder:

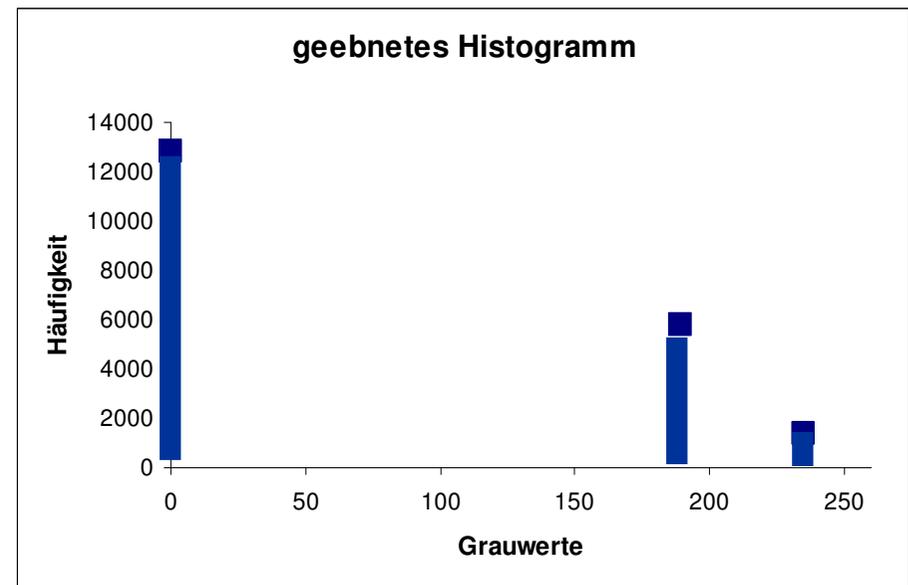
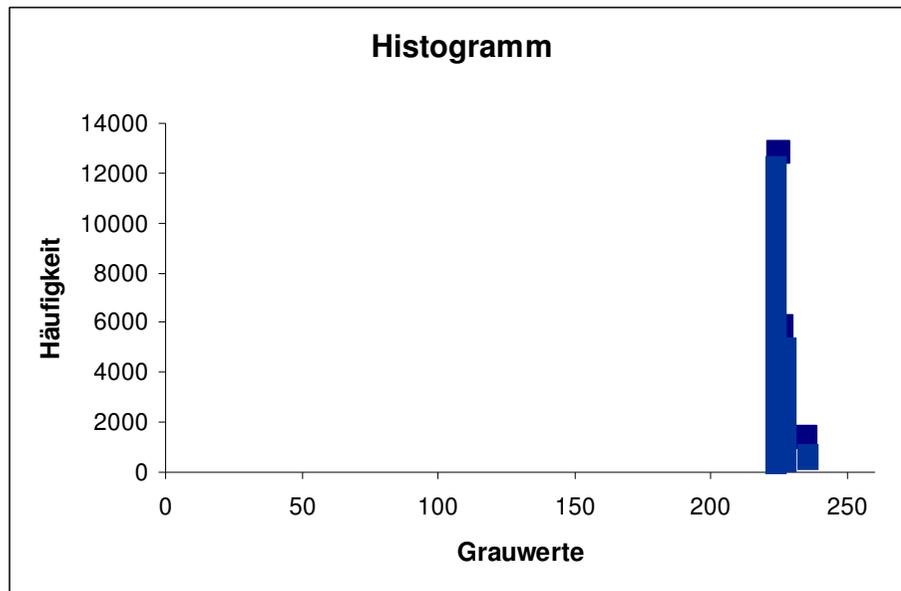
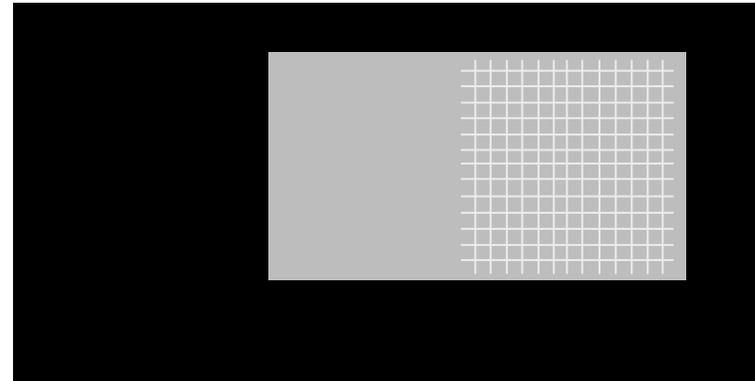
Skalierung auf den ursprünglichen Bereich von g



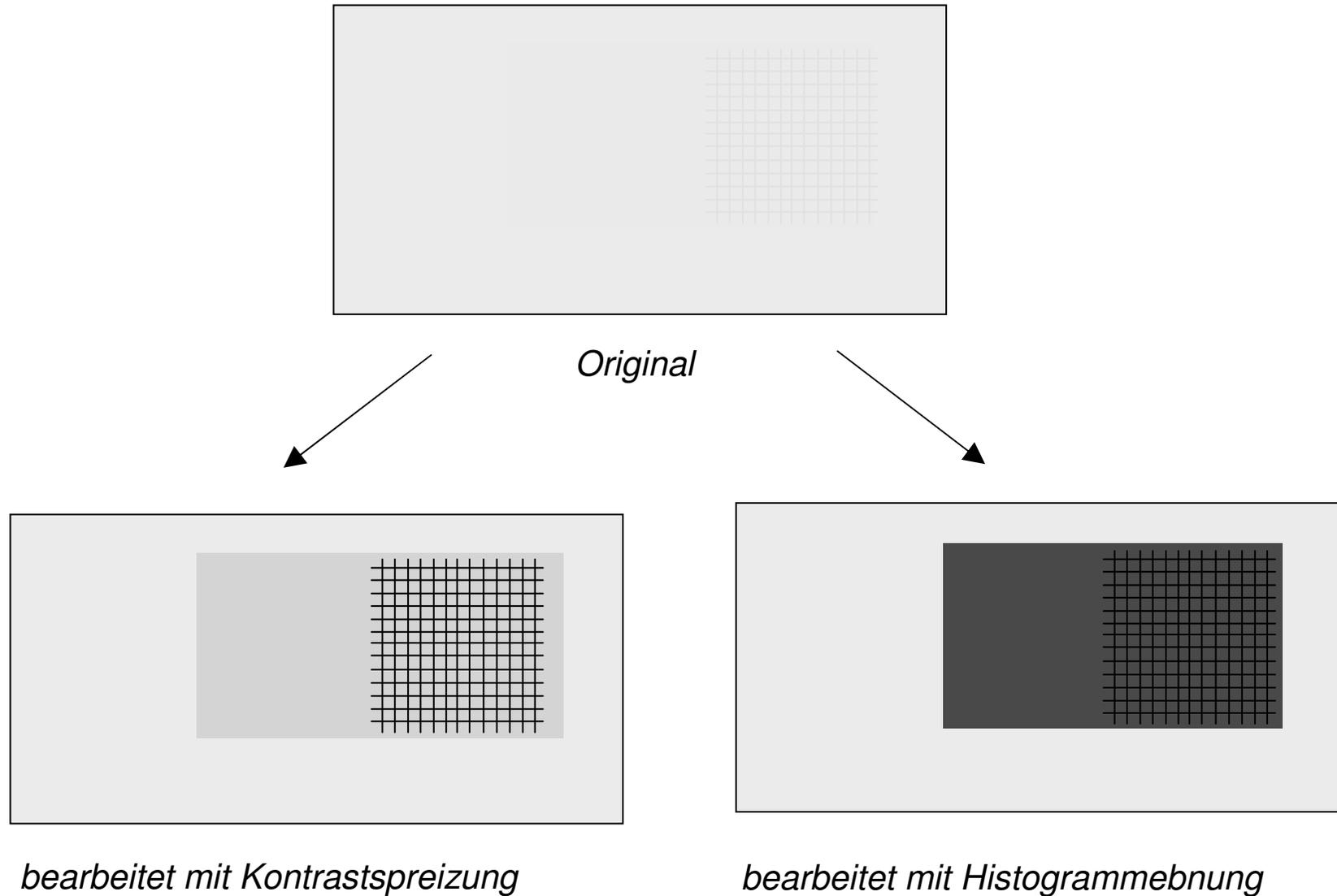
Histogrammebnung: Rechenbeispiel / Forts.



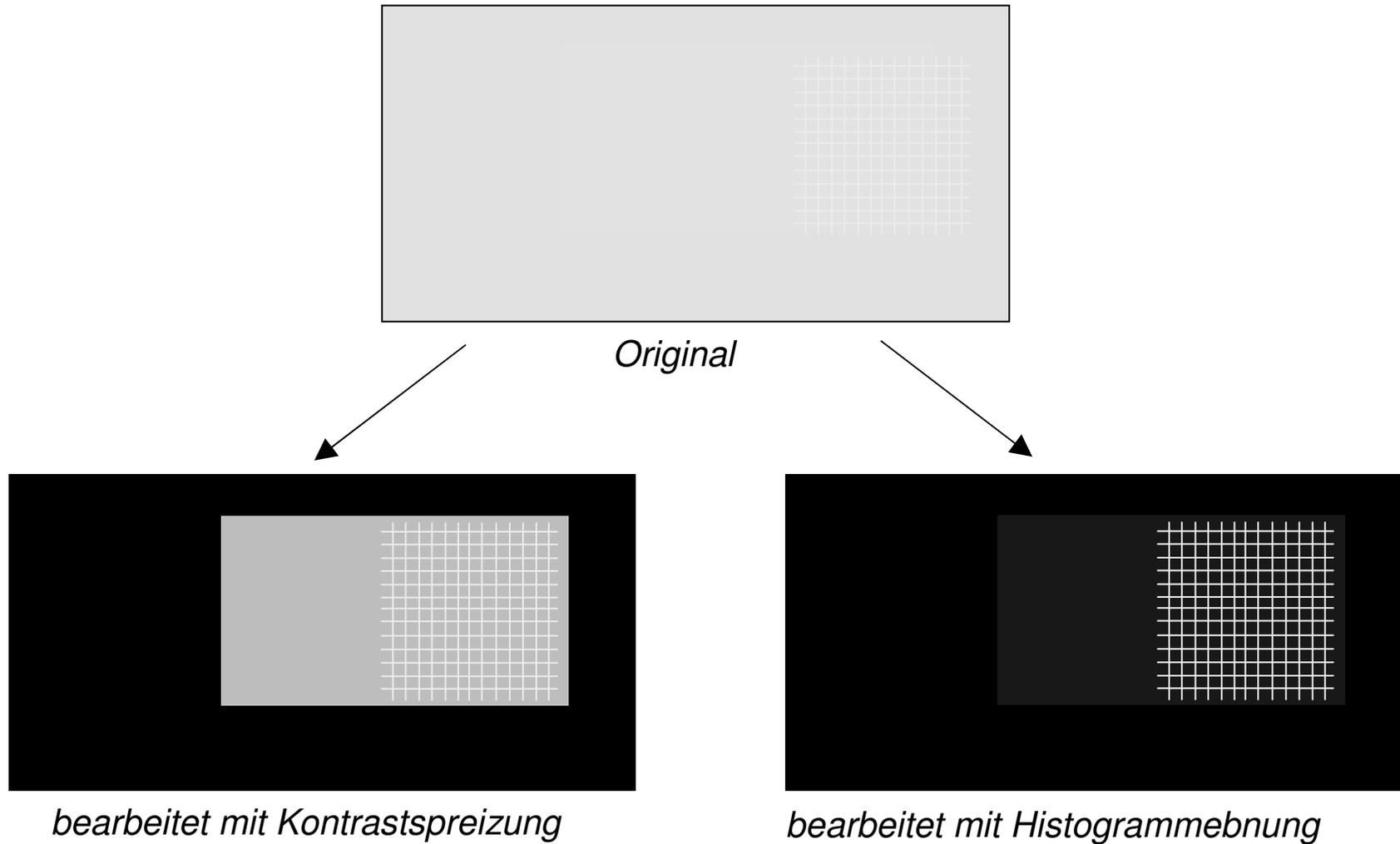
Histogrammebnung: Beispiel (wie vor., aber helles Muster auf dunklem Untergrund)



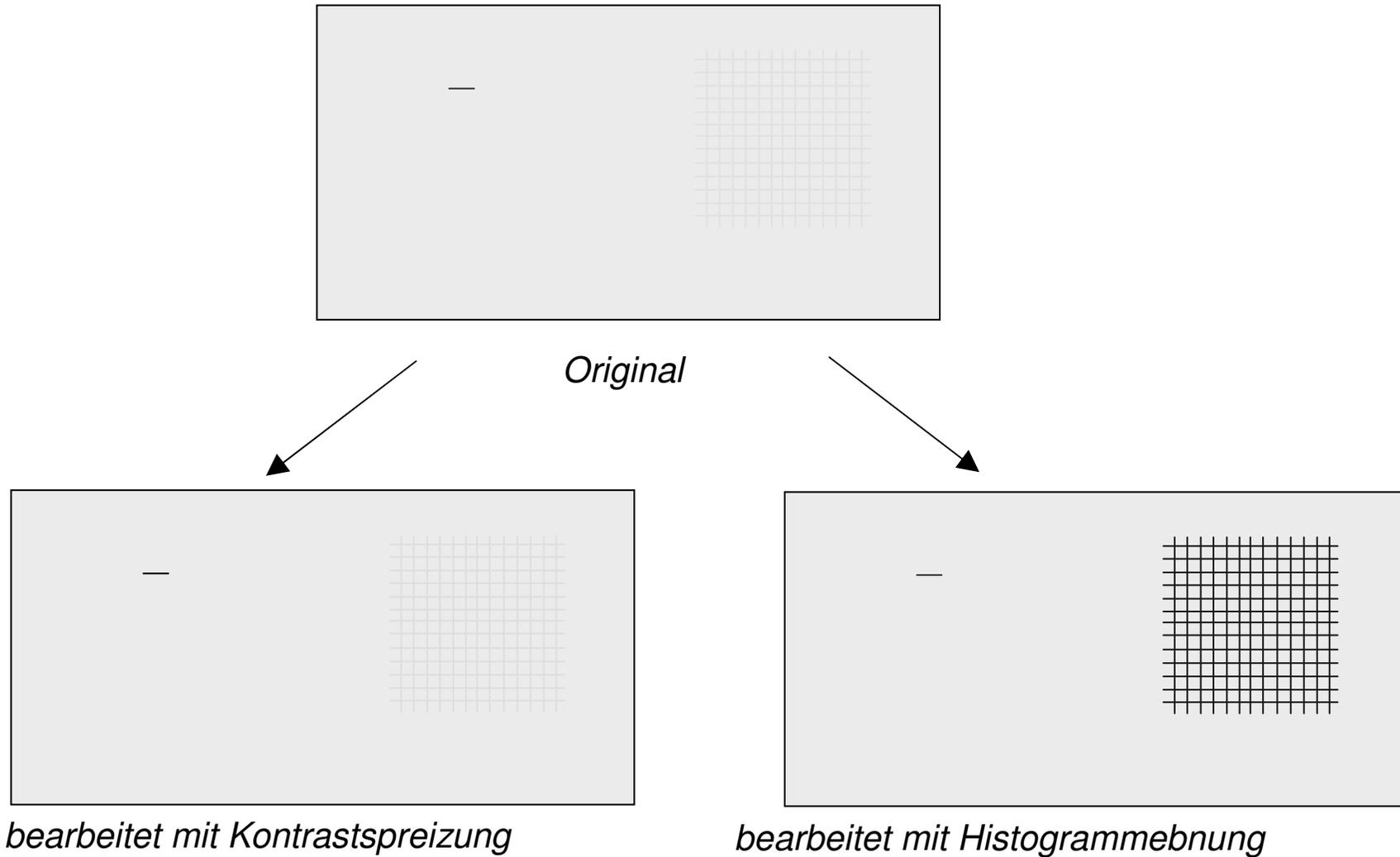
Histogrammebnung: Vergleich mit linearer Kontraststreckung (ohne "Clipping")



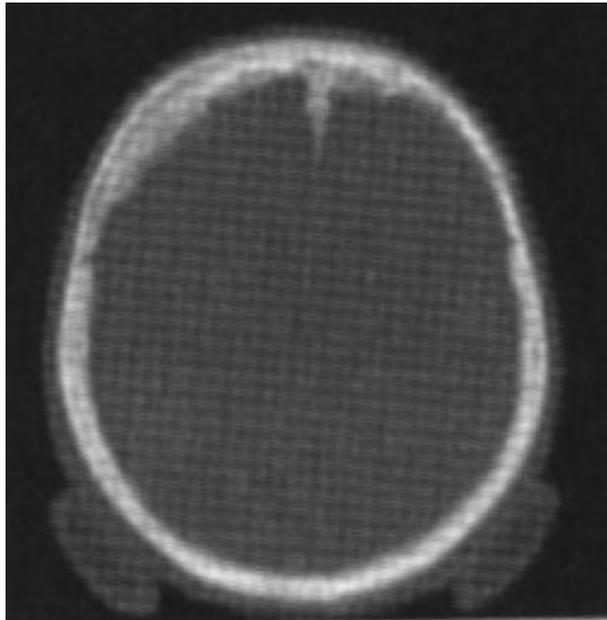
Histogrammebnung: Vergleich mit linearer Kontrastspreizung (ohne "Clipping")



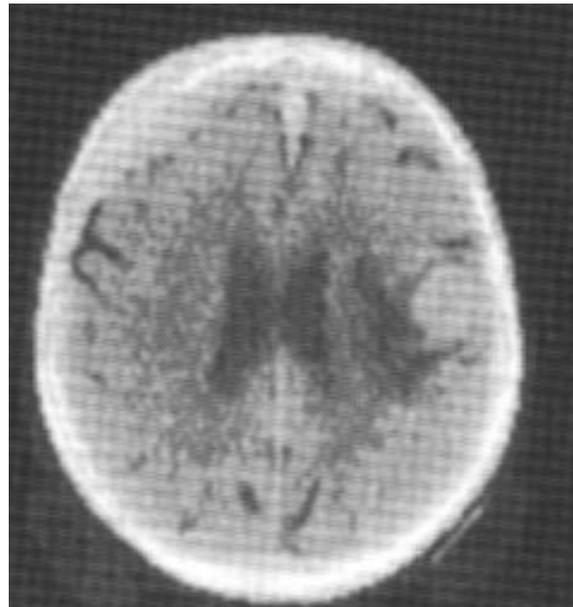
Histogrammebnung: Vergleich mit linearer Kontrastspreizung (ohne "Clipping")



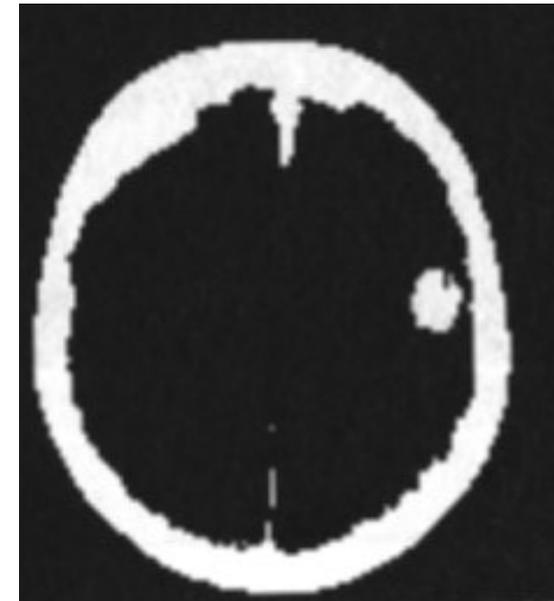
2.3. Histogrammebnung: Beispiel



Originalbild



Geebnetes Bild



Binärbild

Schwache und feine Strukturen gegenüber einem großflächigen helleren Hintergrund werden deutlich dunkler und damit kontrastreicher dargestellt.

Binarisierung

- Festlegen eines Schwellwertes
- Alle Werte unterhalb des Schwellwertes bekommen den Wert 0 (schwarz) zugewiesen
- Alle Werte oberhalb des Schwellwertes bekommen den Wert 255 (weiß) zugewiesen



Originalbild mit 255 Graustufen



Schwellwert 128



Schwellwert 64



Schwellwert 192

Schichtung → siehe Vorlesungskomplex “Punktoperatoren”

3. Charakterisierung von Histogrammen / Momente: Schwerpunkt

Schwerpunkt bei einem Wertebereich von 0..255:

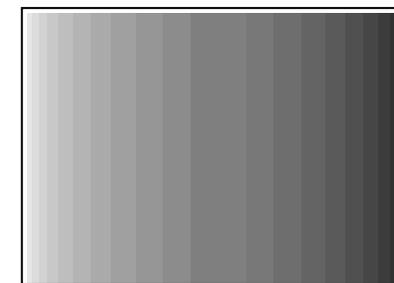
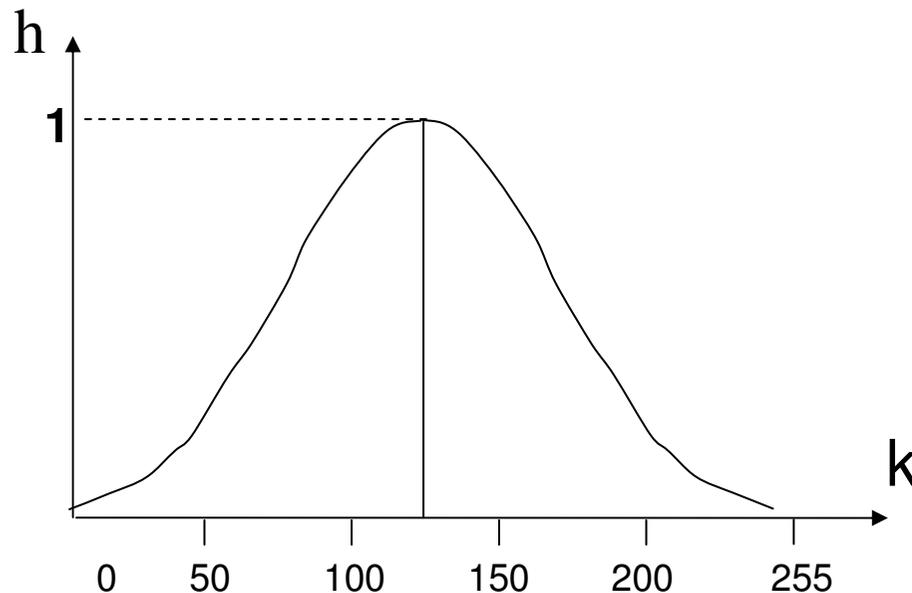
$$X_s = \frac{1}{\sum_{k=0}^{255} h_k} \sum_{k=0}^{255} k \cdot h_k$$

X_s – Schwerpunkt (Erwartungswert)

k – Grauwert (0..255)

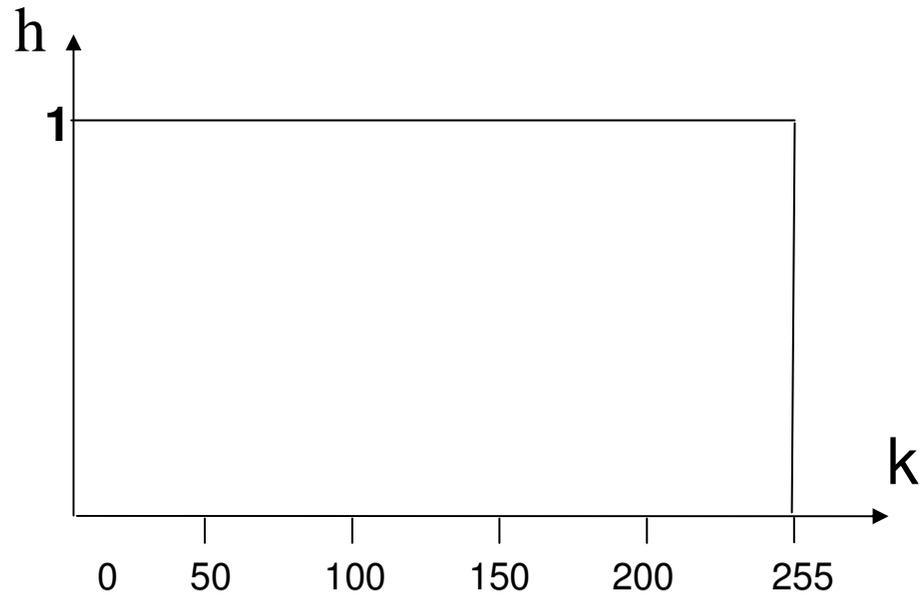
h_k – absolute Häufigkeit des Auftretens des Grauwertes k

h – relative Häufigkeit, normiert auf den Maximalwert

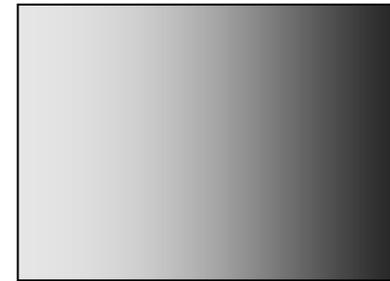


Beispiel: normalverteiltes Histogramm mit dem Schwerpunkt 127 und der Standardabweichung 50

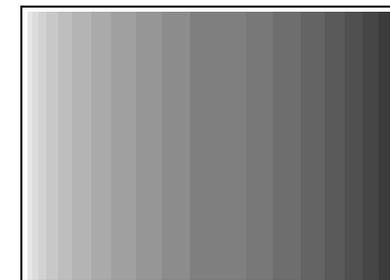
Momente: Schwerpunkt



Beispiel: gleichverteiltes Histogramm (abschnittsweise)



Farbverlauf mit gleichverteiltem Histogramm



Farbverlauf mit normalverteiltem Histogramm

Momente

Alle Formeln gelten für einen Grauwertbereich von 0..255

Varianz (mittlere quadratische Abweichung):

$$\sigma^2 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{255} h_k} \sum_{k=0}^{255} (k - X_s)^2 \cdot h_k$$

Schiefe (Skewness, Grad der Asymmetrie):

$$s = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{k=0}^{255} (k - X_s)^3 \cdot h_k$$

Exzess (Kurtosis, Grad der Abweichung von der Gausschen Normalverteilung):

$$e = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{k=0}^{255} (k - X_s)^4 \cdot h_k$$

Moment der Grauwertverteilung eines Bildes bzw. Bildausschnittes (geometrische Momente, nicht zu verwechseln mit den statistischen Momenten):

$$M_{ij} = \sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N x^i y^j \cdot g(x, y)$$

Beispiel: Schwerpunkt eines Bildes / Bildausschnittes

$$x_s = \frac{M10}{M00}; \quad y_s = \frac{M01}{M00};$$

M+1; N+1: Länge und Breite eines Bildes bzw. Bildbereiches in Bildpunkten (Pixeln)

g(x,y): Grauwert an der Stelle (x,y)

i + j: Ordnung eines Momentes

Anwendung (z.B.: Mustererkennung, Bestimmung der räumlichen Orientierung von Mustern und Strukturen, siehe Vorl.-Komplex „Mustererkennung“)