

Graphische Datenverarbeitung

Bildbearbeitung für Rasterbilder 1

Prof. Dr. Elke Hergenröther

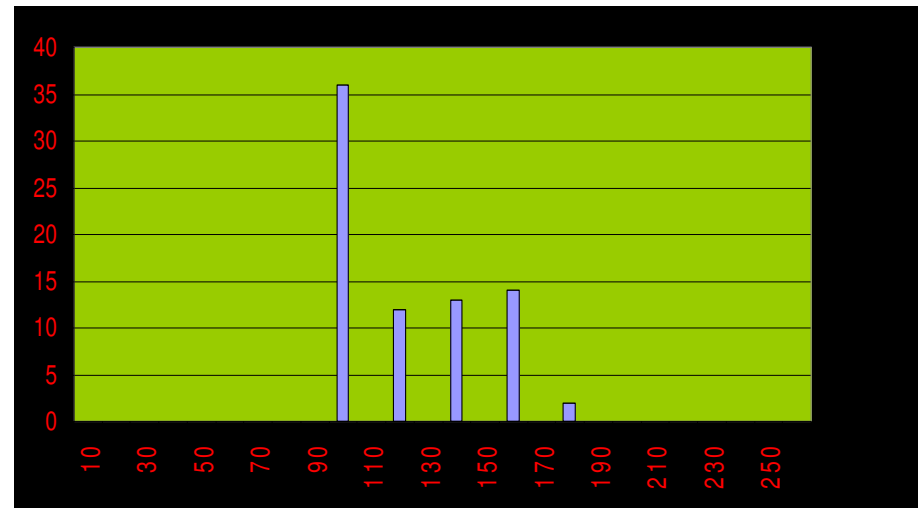
Übersicht

- Neu Folien: 11, 28 und ab 56
- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm
 - Entropie
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren:
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Ein Maß zur Beurteilung eines Bildes

Histogramm: Häufigkeitsverteilung der Grauwerte

Häufigkeit eines Grauwertes

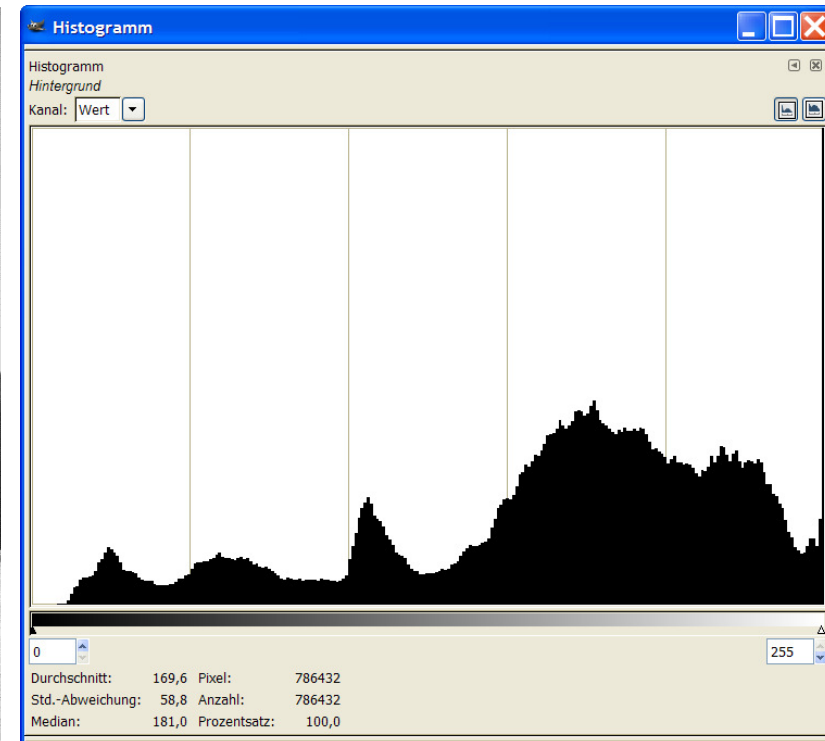


Grauwerte

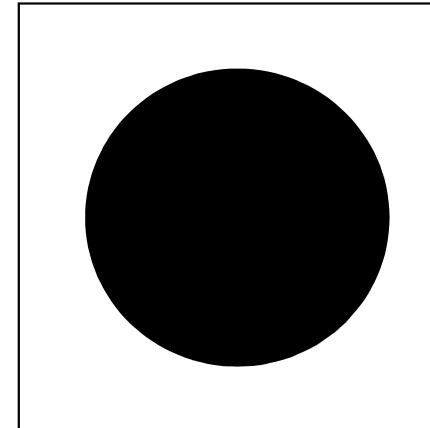
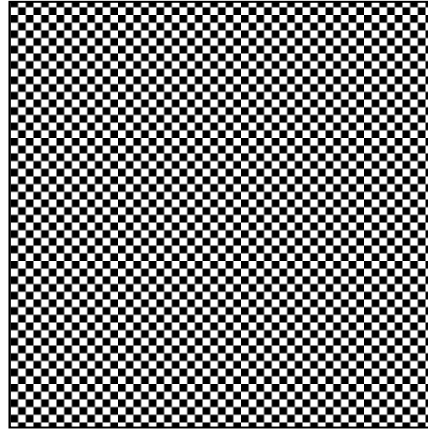
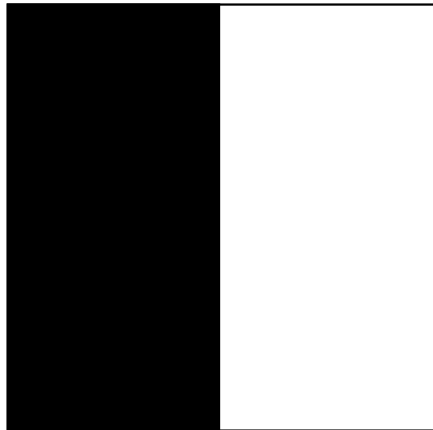
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136

Zugrunde liegendes Grautonbild

Histogramm: Häufigkeitsverteilung der Grauwerte



Wie sehen die Histogramme aus?



Was ist aus einem Histogramm abzulesen?

Belichtungsfehler

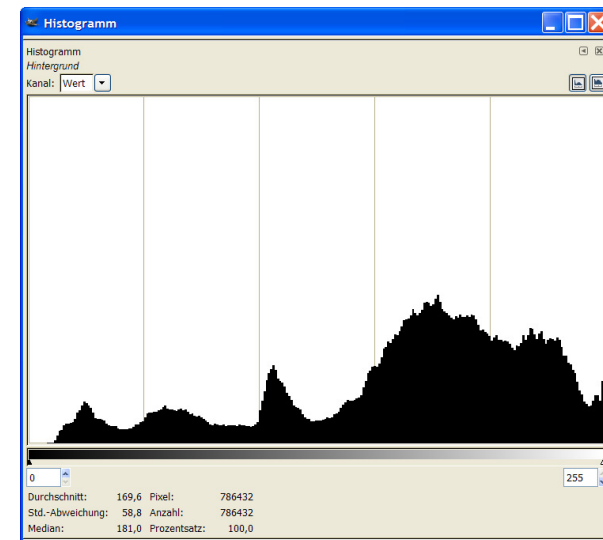
- ein Ende der Grauwertskala bleibt ungenutzt
- Während beim anderen Ende Häufungen eintreten

Kontrast

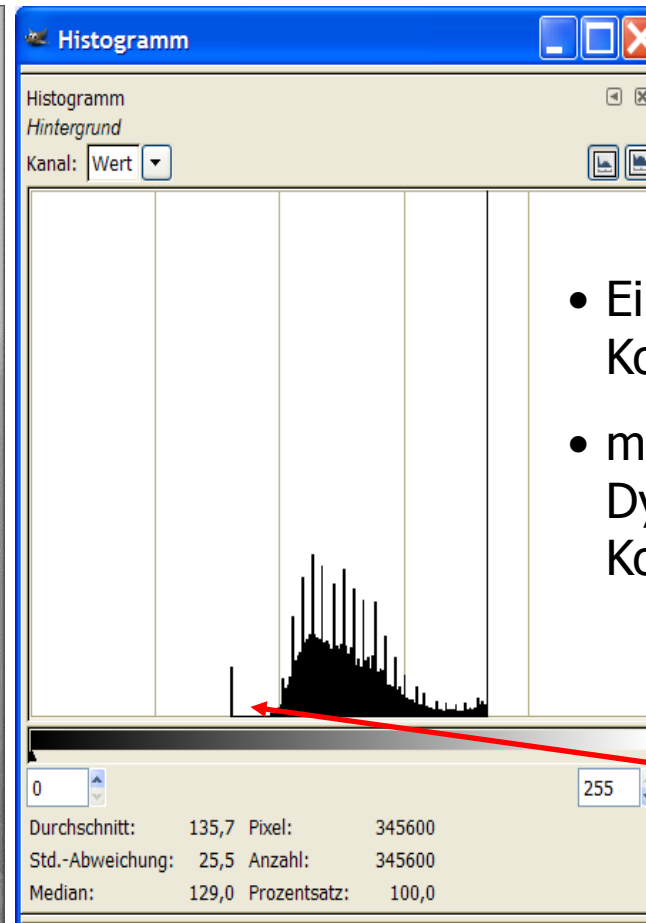
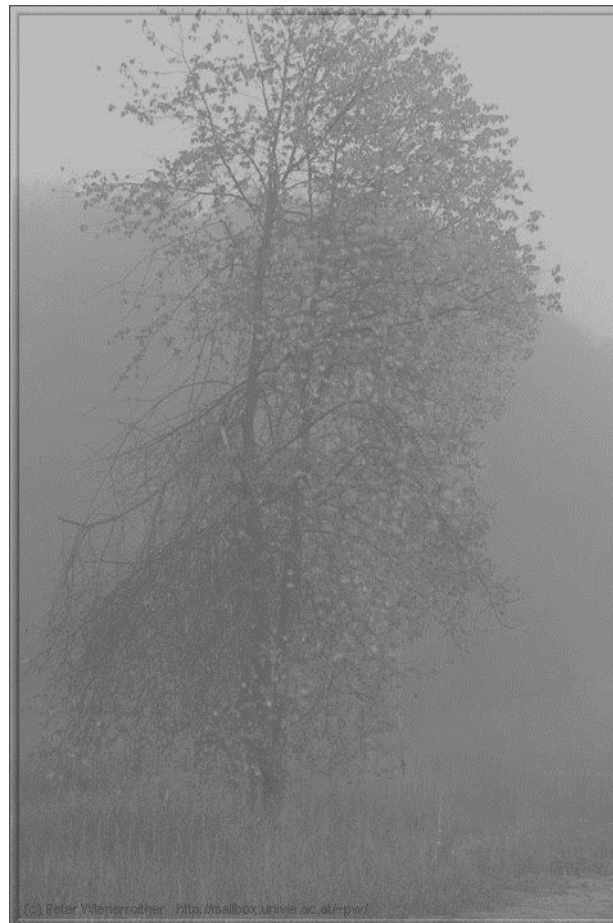
- Als Kontrast bezeichnet man die Differenz zwischen minimal und maximal genutzten Grauwert. Ein voller Kontrast nützt den gesamten Grauwertbereich.

Dynamik

- Unter Dynamik versteht man die Anzahl verschiedener Pixelwerte in einem Bild. Im Idealfall wird der Wertebereich voll ausgeschöpft.



Im Histogramm sichtbar: Kontrast & Dynamik

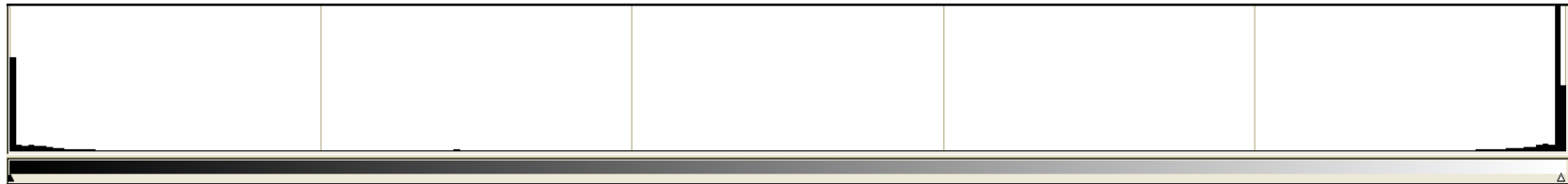


- Eingeschränkter Kontrastumfang
- mit eingeschränkter Dynamik im Kontrastbereich

Wenn diese Lücke gefüllt wäre, hätte man die maximal mögliche Dynamik im eingeschränkten Kontrastbereich erreicht

Woher kommen die Spitzen im Histogramm?

Im Histogramm sichtbar:
Auswirkungen von Kompression



Durch die JPEG-Komprimierung sind, neben weiß und schwarz, zusätzliche Grauwerte hinzugekommen.

Übersicht

- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm ✓
 - Entropie
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Punktoperationen

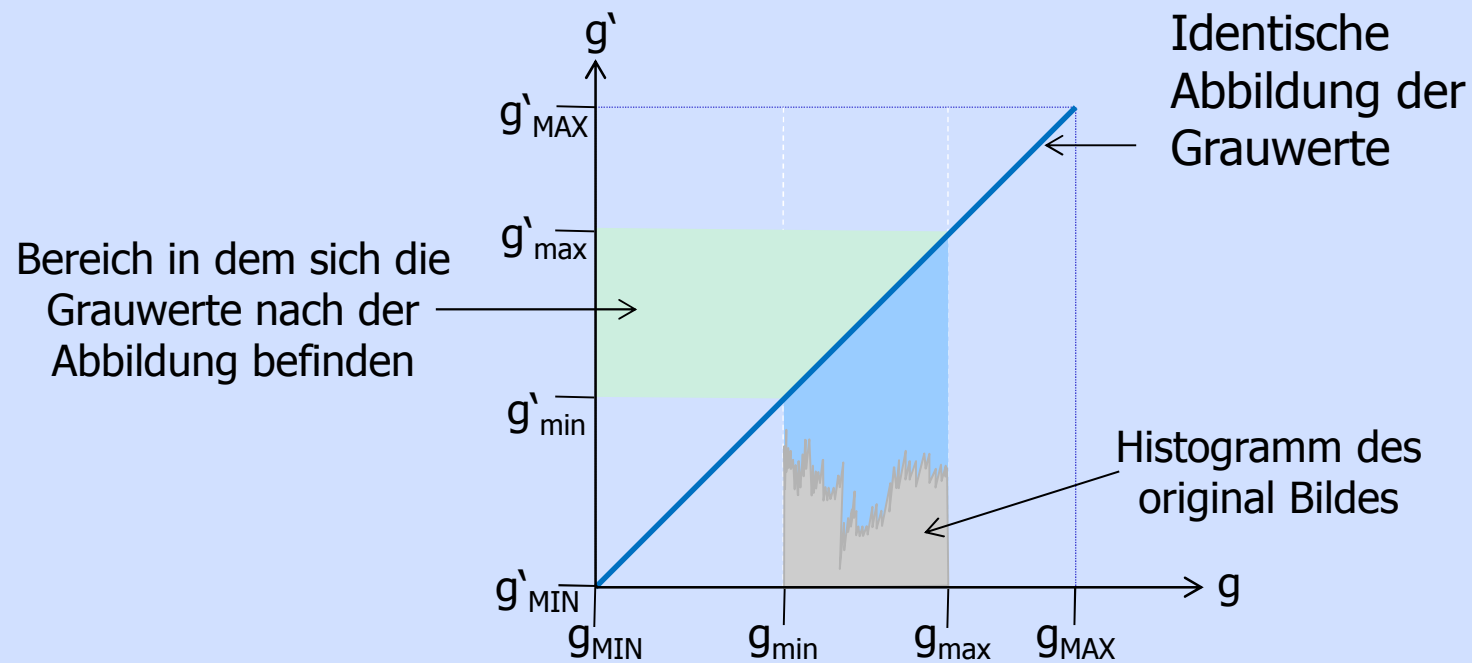
Punktoperation:

- Berechnungsvorschrift wird auf jeden Pixel angewendet.
- Nachbarschaften spielen keine Rolle

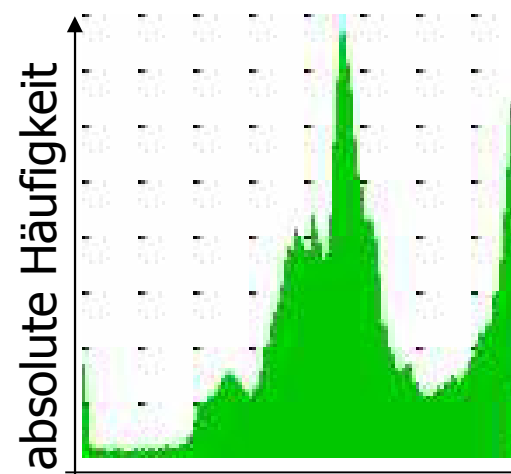
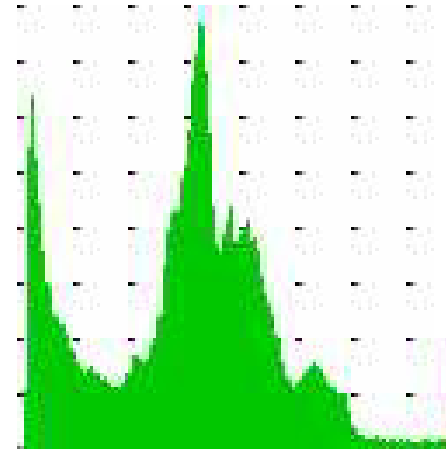
Einige mögliche Punktoperationen:

- Addition
- Invertieren
- Addition & Multiplikation: Lineare Grauwerttransformation
- Gamma-Korrektur

gg'-Diagramm



Invertieren eines Bildes



Pixeloperation:

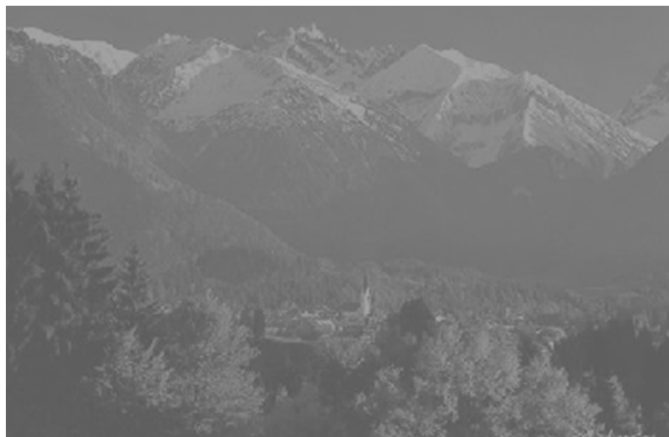
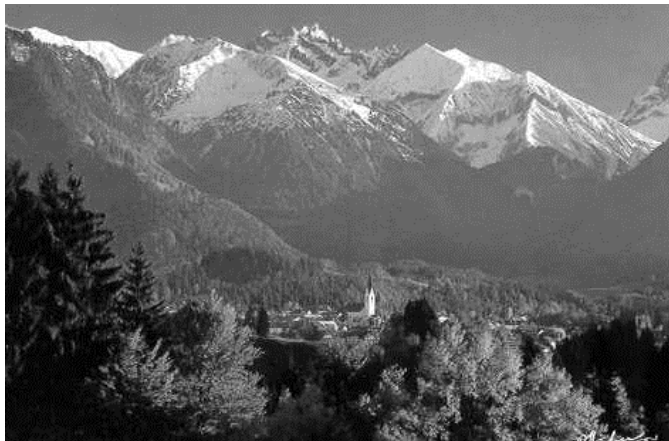
$$g'(i,j) = g_{\text{MAX}} - g(i,j)$$

daraus folgt:

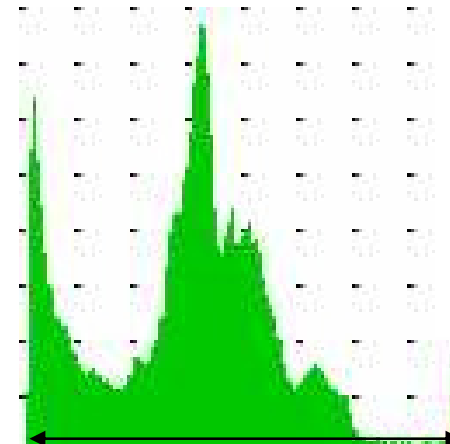
$$h(g'_i) = h(g_{\text{MAX}-i})$$

→ Grauwerte

Kontrast

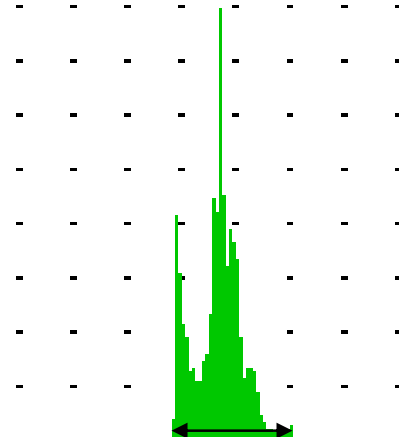


Grauwertbilder



Δg

kontrastreich

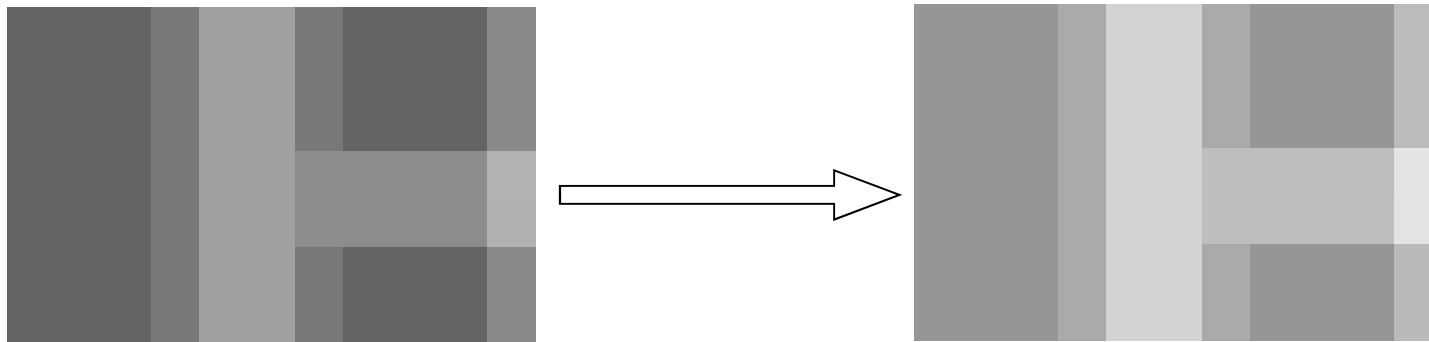


Δg

kontrastarm

Histogramme

Punktoperation: Addition

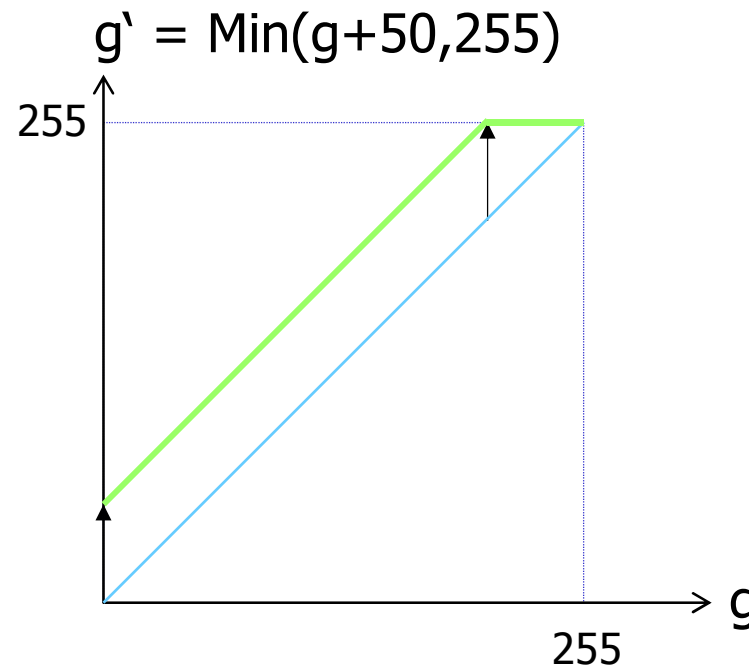


Pixeloperation:

$g(i,j) \leq 205$ dann $g'(i,j) = g(i,j) + 50$

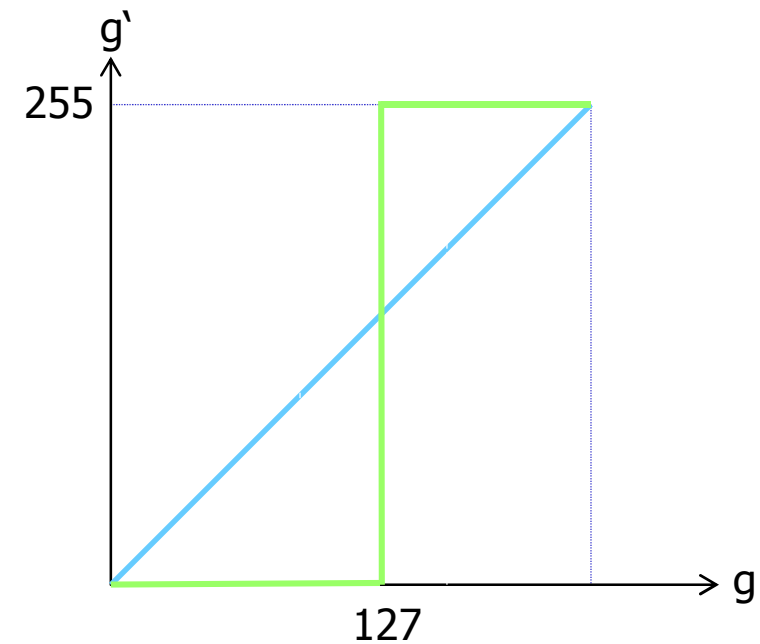
$g(i,j) > 205$ dann $g'(i,j) = 255$

Punktoperation: Addition

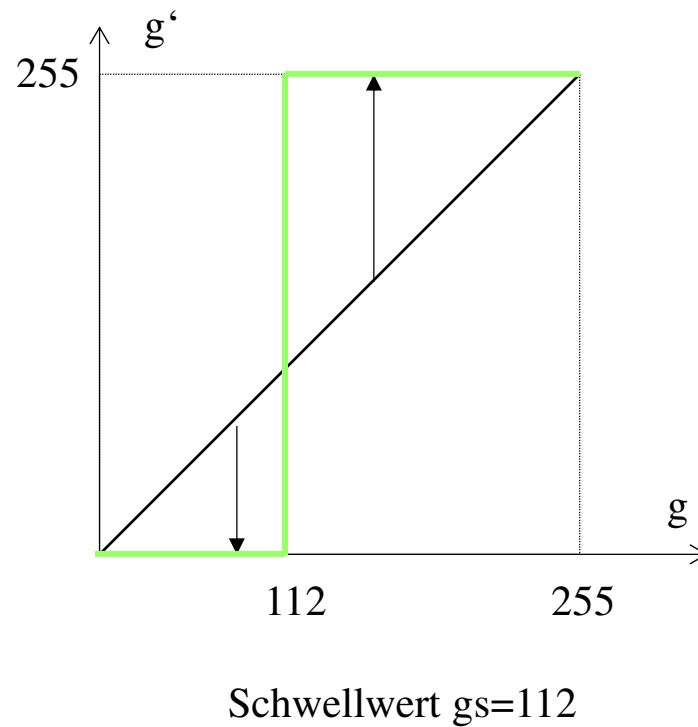


Wie wirkt sich die Addition im Histogramm aus, wenn die relative Häufigkeit der Grauwerte vorher für alle Grauwerte gleich war?

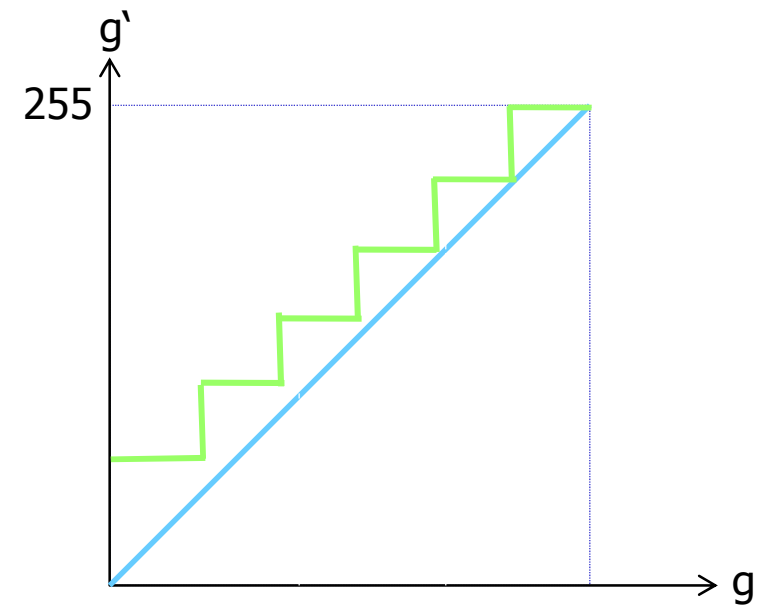
Punktoperation: Binarisierung



Punktoperation: Binarisierung



Punktoperation: Äquidensitenbild (Poster)



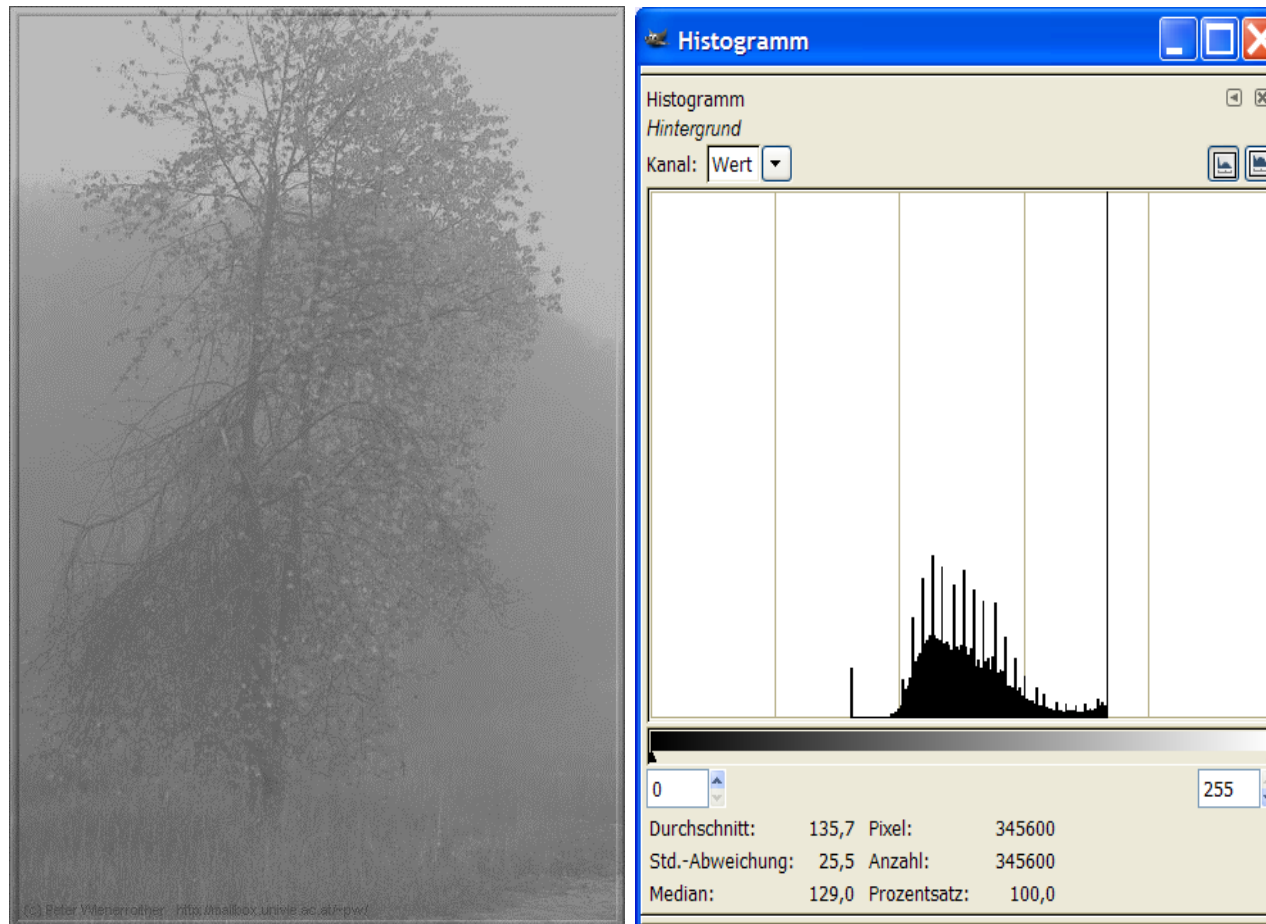
mit 6 gleichmäßig
verteilten Stufen

Punktoperation: Äquidensitenbild (Poster)

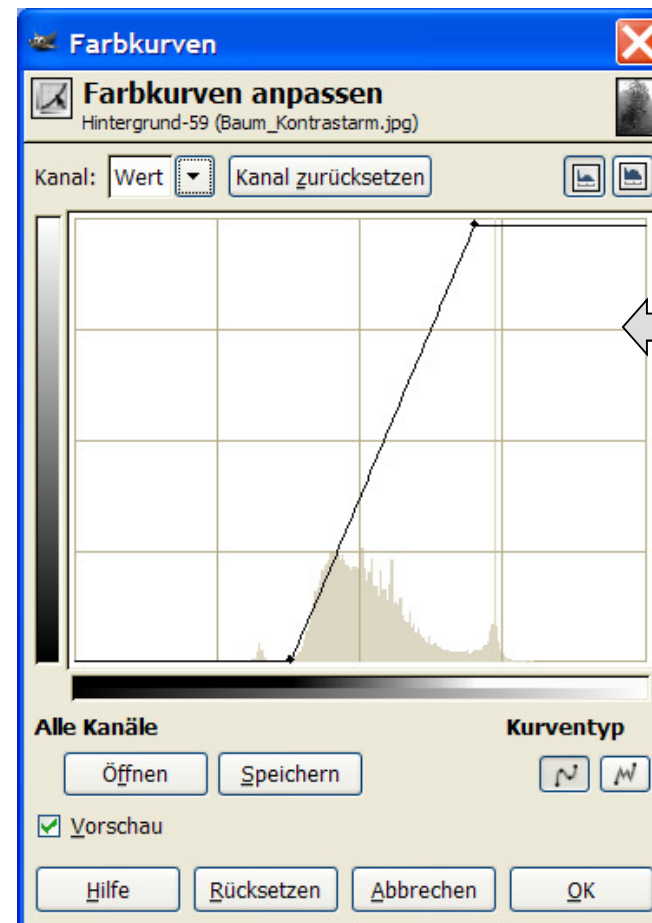
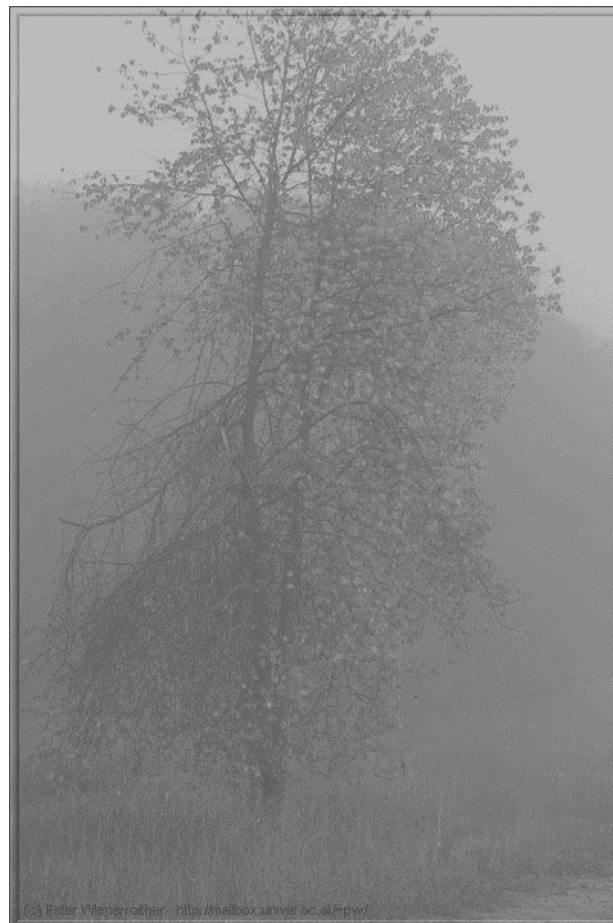


mit 14 gleichmäßig
verteilten Stufen

Wie kann man den Kontrast erhöhen?

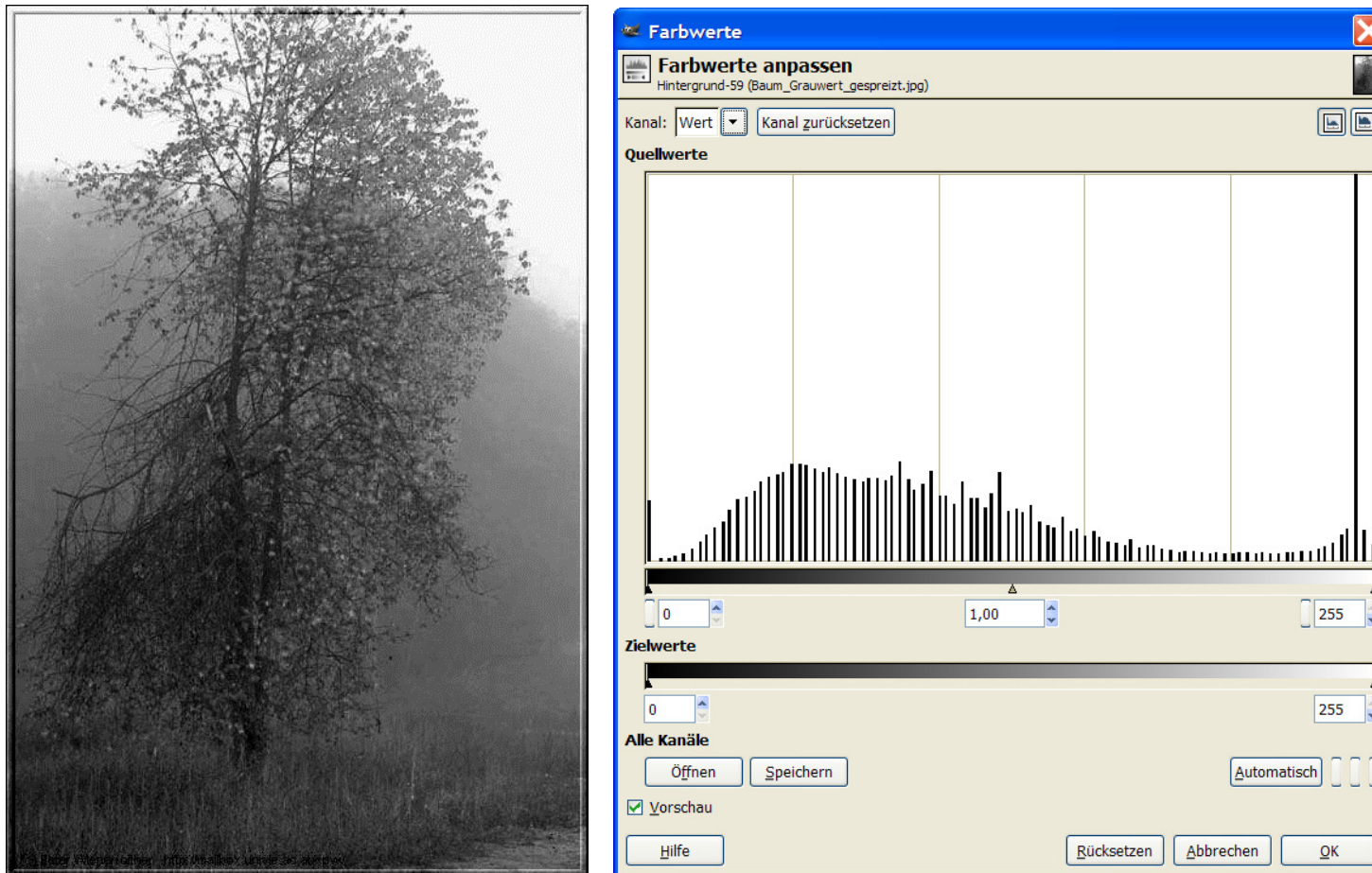


Kontrasterhöhung:



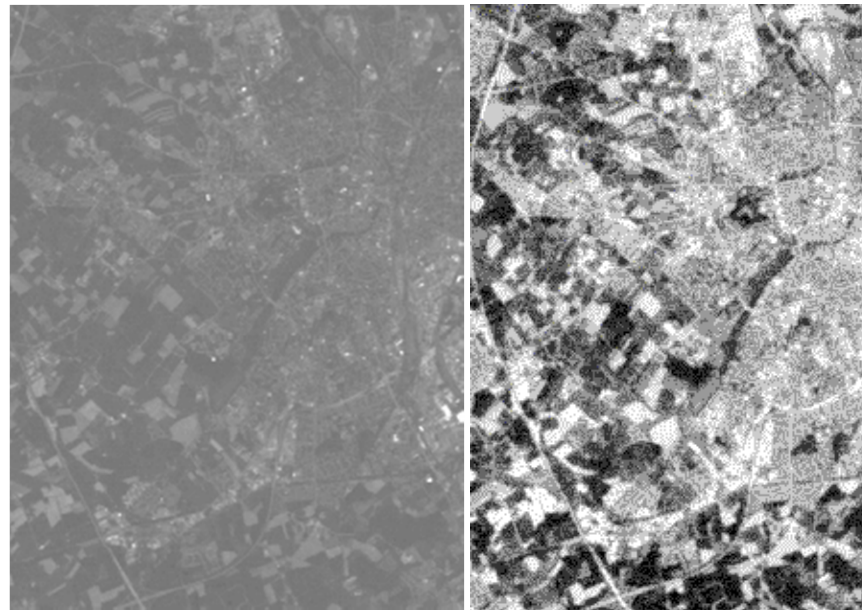
Das nennt man
lineare Grauwert-
transformation!

Nach der Kontrasterhöhung:

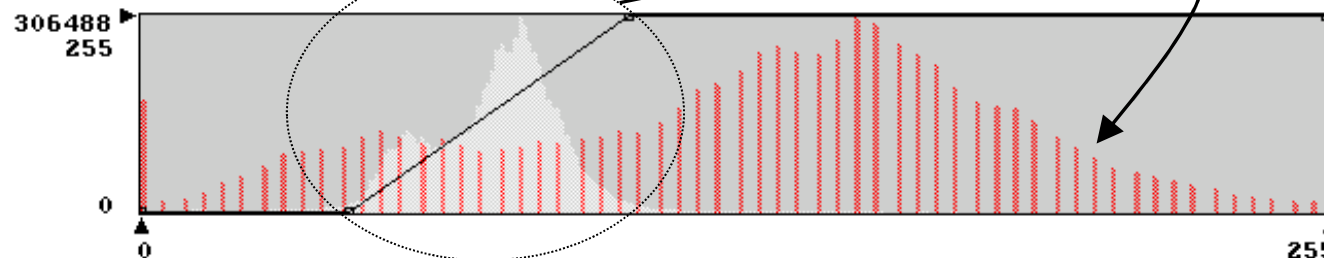


Punktoperation: Lineare Grauwerttransformation

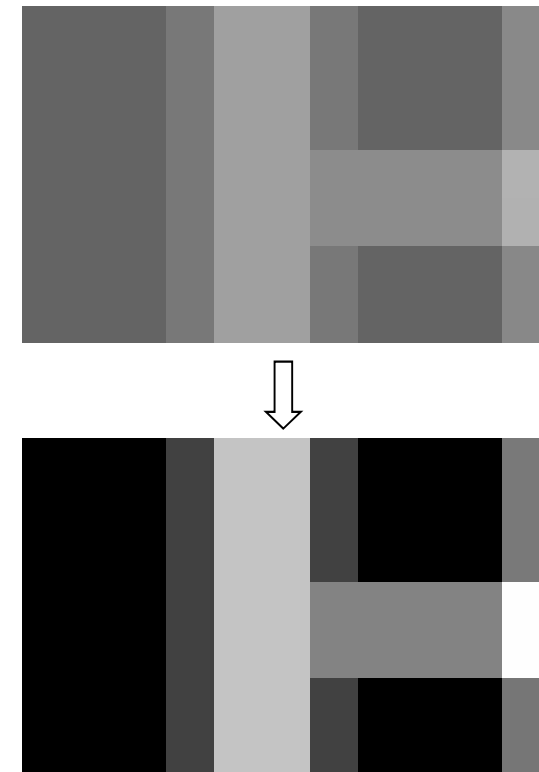
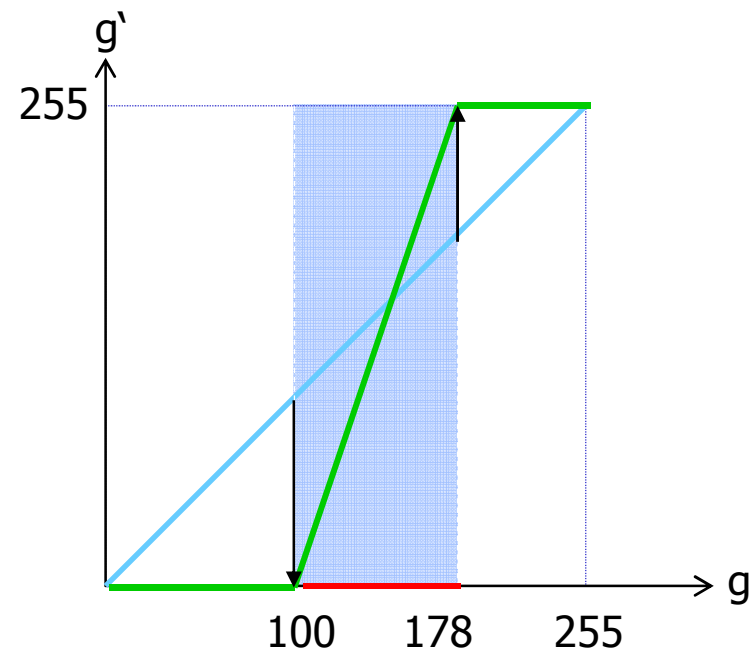
http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/kapitel3/main3-2.html



Multiplikation
bewirkt, dass
nicht mehr
jeder Grauwert
genutzt wird!!



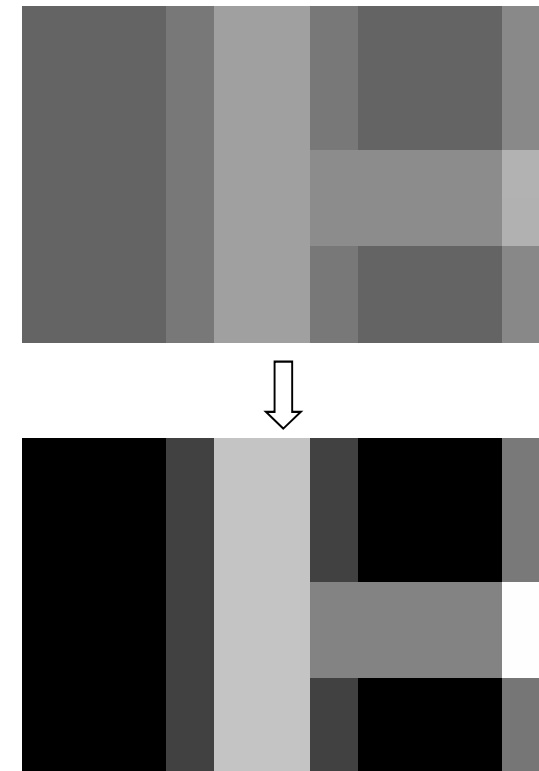
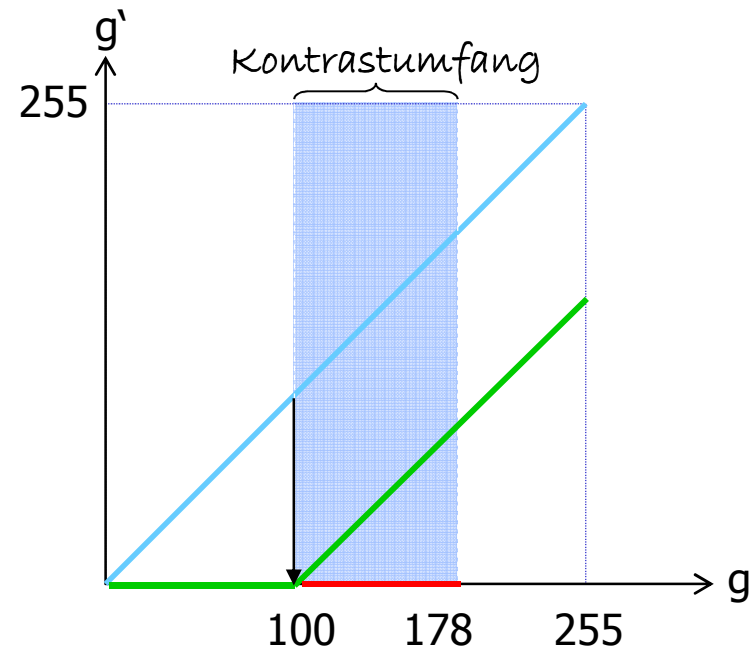
Nutzen des optimalen Grauwertbereichs



Wie berechnet man das?

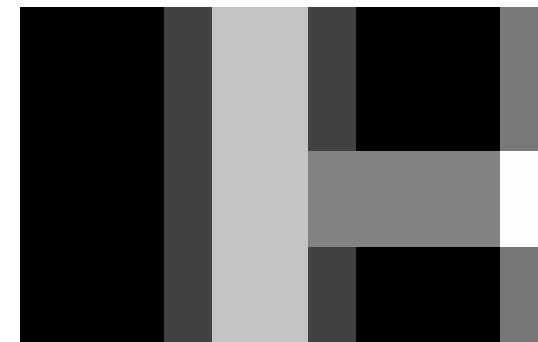
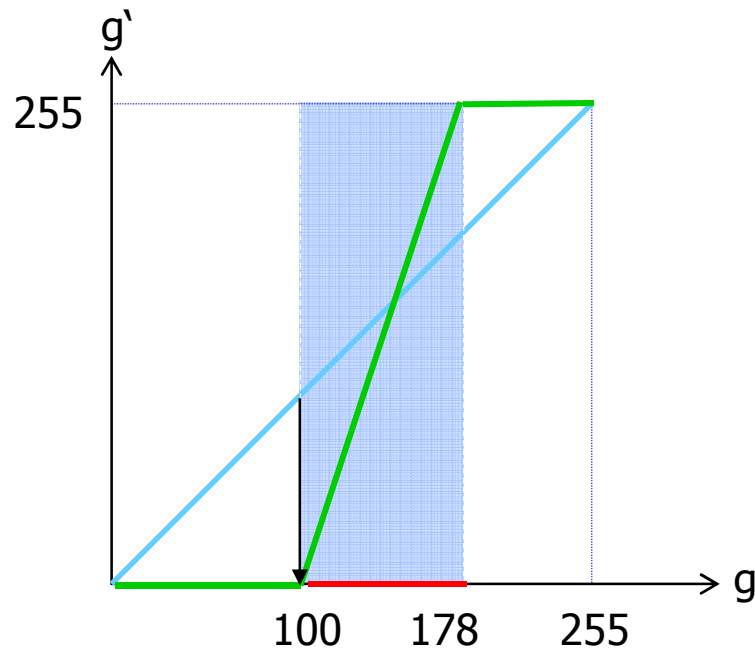
Nutzen des optimalen Grauwertbereichs

1. Teilschritt



$g' = \max(g - 100, 0)$ sorgt dafür, dass g nicht kleiner 0 werden kann.

Nutzen des optimalen Grauwertbereichs

2. Teilschritt

Üben anhand kleiner Zahlen: $g' = (g - 100) \cdot \frac{255}{178 - 100}$ mit $g' = 0$ wenn $g' < 0$
 $g' = 255$ wenn $g' > 255$

Lineare Grauwerttransformation

$$g'(i, j) = [g(i, j) - g_{\min}] \cdot \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}}$$

$$\text{mit } g'(i, j) = \begin{cases} g'_{\min} & \text{falls } g'(i, j) < g'_{\min} \text{ wäre} \\ g'_{\max} & \text{falls } g'(i, j) > g'_{\max} \text{ wäre} \end{cases}$$

Lineare Grauwerttransformation

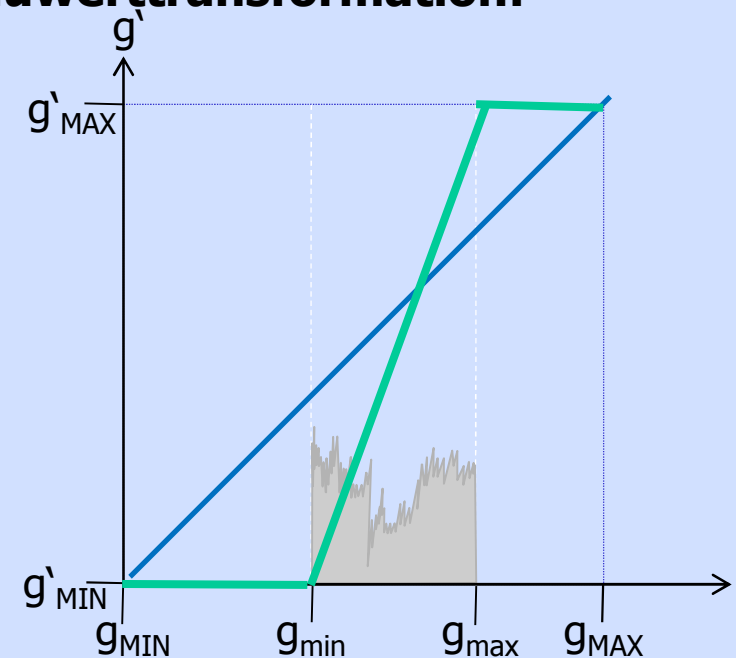
$$g'(i, j) = [g(i, j) - g_{\min}] \cdot \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} \quad \text{mit } g'(i, j) = \begin{cases} g'_{\min} & \text{falls } g'(i, j) < g'_{\min} \\ g'_{\max} & \text{falls } g'(i, j) > g'_{\max} \end{cases}$$

Umrechnung zur „eigentlichen“ linearen Grauwerttransformation:

$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} + \left[-g_{\min} \cdot \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} \right]$$

$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \text{mult} + \text{add}$$

$$\text{mit } \begin{cases} \text{mult} = \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} \\ \text{add} = -g_{\min} \cdot \text{mult} \end{cases}$$



Lineare Grauwerttransformation

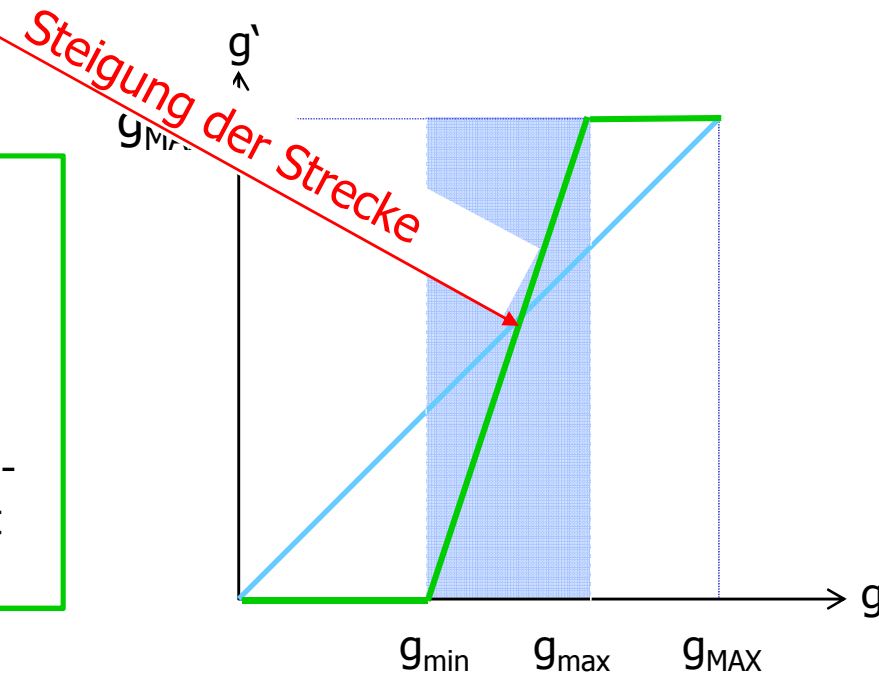
$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} + \left[-g_{min} \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \right]$$

$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot mult + add$$

Die lineare Grauwerttransformation entspricht im Prinzip der Geradengleichung:

$$f(x) = m \cdot x + n$$

Mit m = Steigung und n = y-Achsenabschnitt, d.h. die Gerade schneidet die Y-Achse im Punkt $(0, n)$.

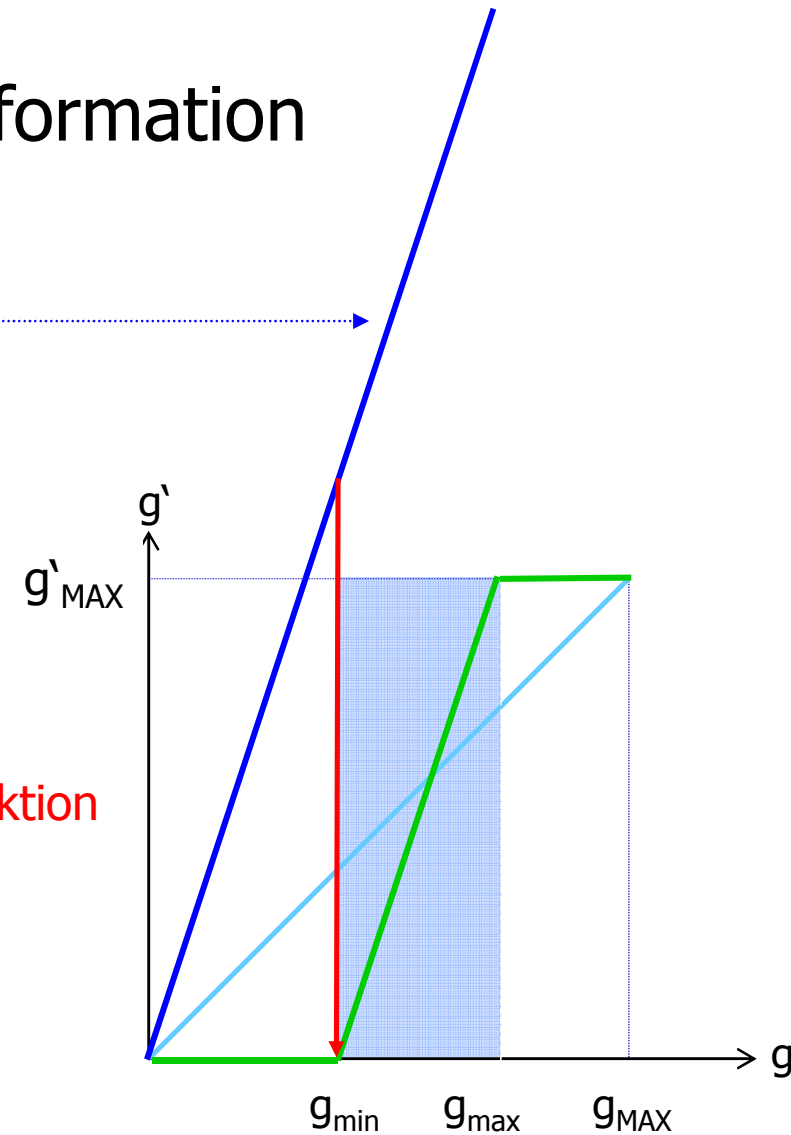


Lineare Grauwerttransformation

$$g'_m(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}}$$



Abstand zwischen g'_m -Kurve und Zielfunktion

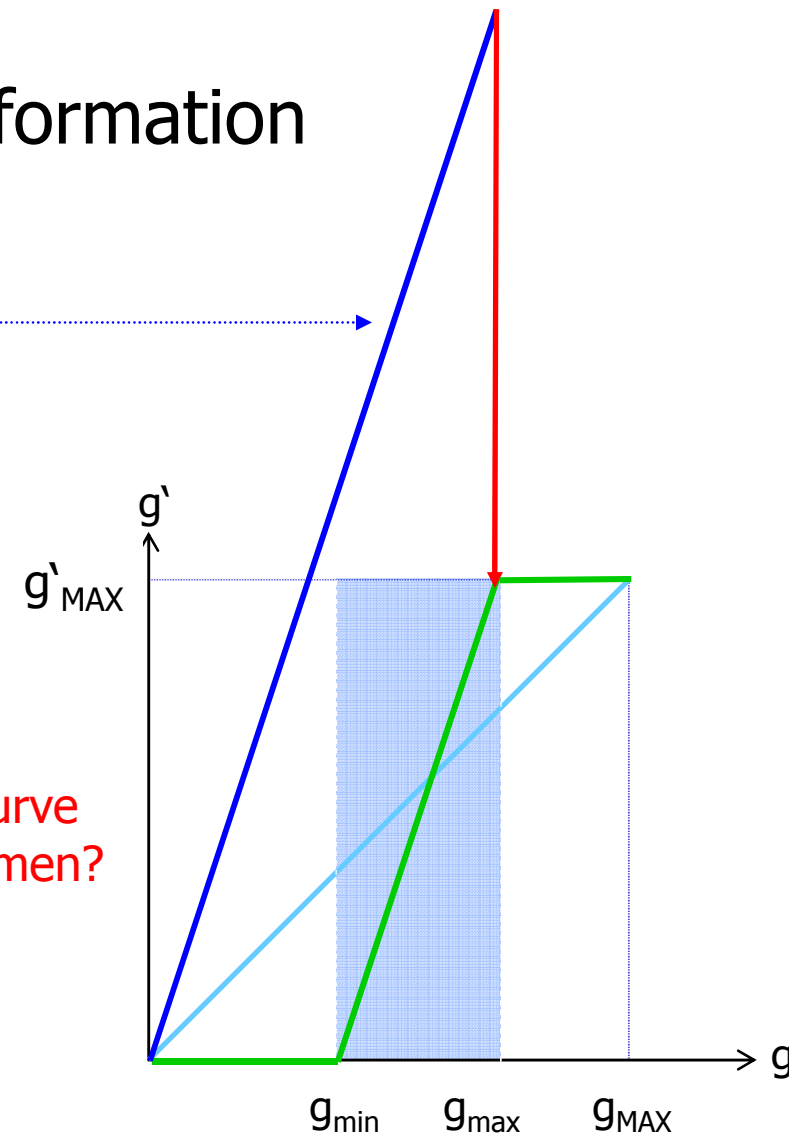


Lineare Grauwerttransformation

$$g'_m(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}}$$

Welchen Wert muss man von der g'_m Kurve abziehen um zur Zielfunktion zu kommen?

- ($g_{min} * mult$)

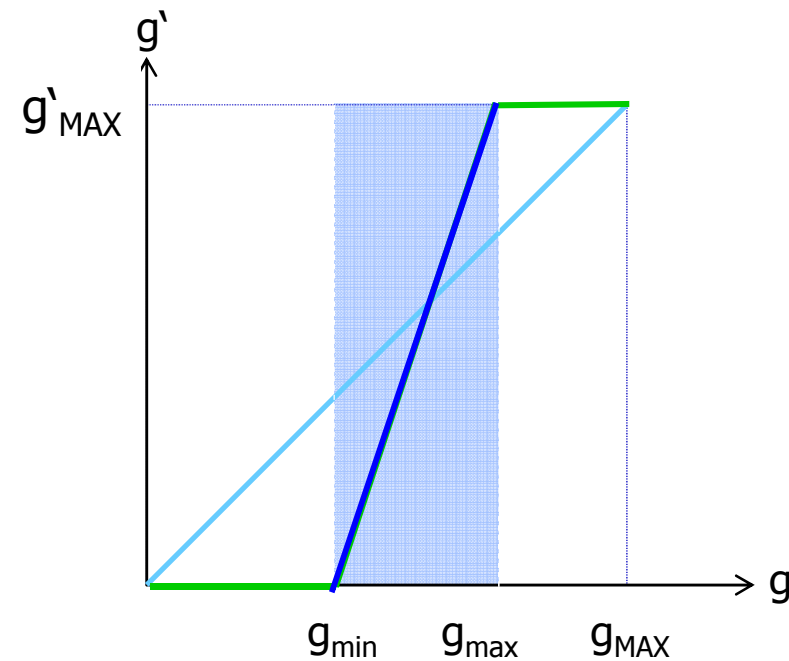


Lineare Grauwerttransformation

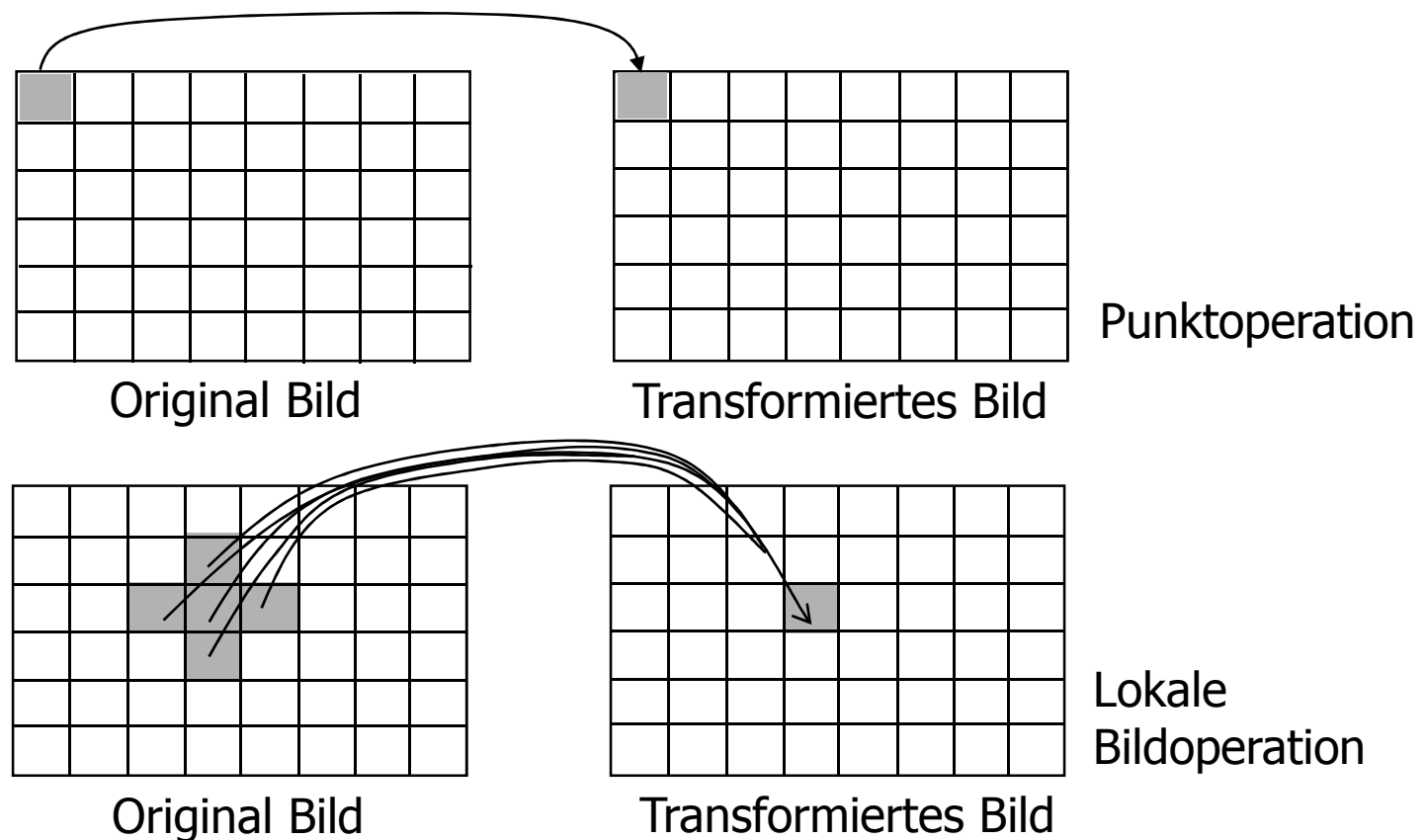
$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} + \left[-g_{min} \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \right]$$

$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot mult + add$$

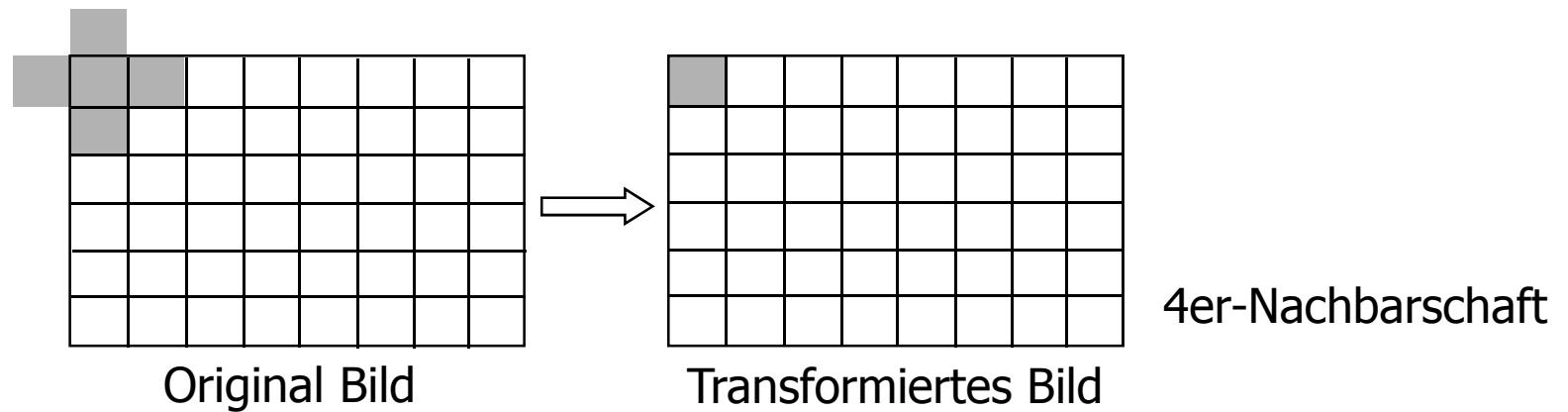
$$\text{mit} \begin{cases} mult = \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \\ add = -g_{min} \cdot mult \end{cases}$$



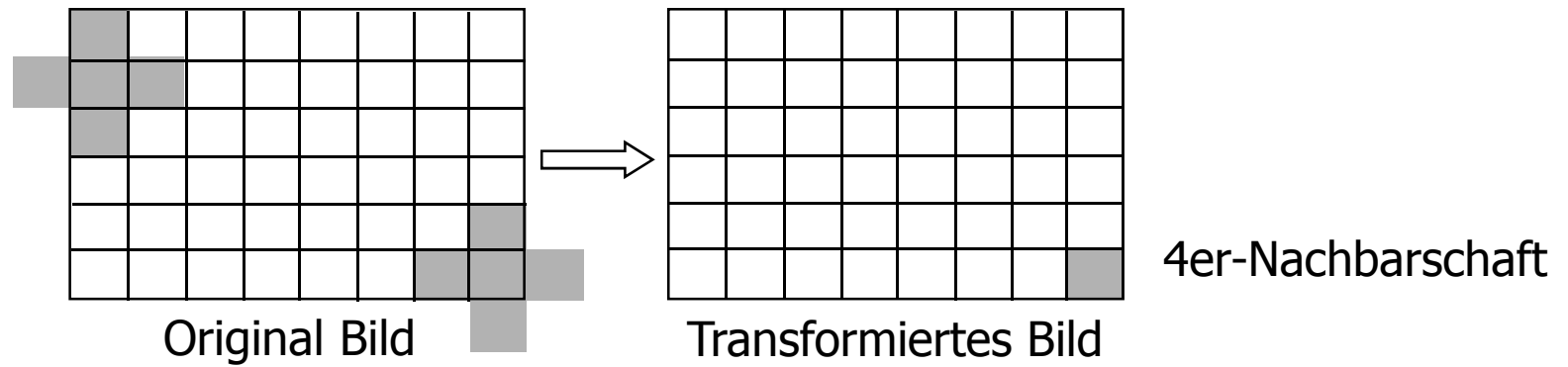
Punktoperation und lokale Bildoperation



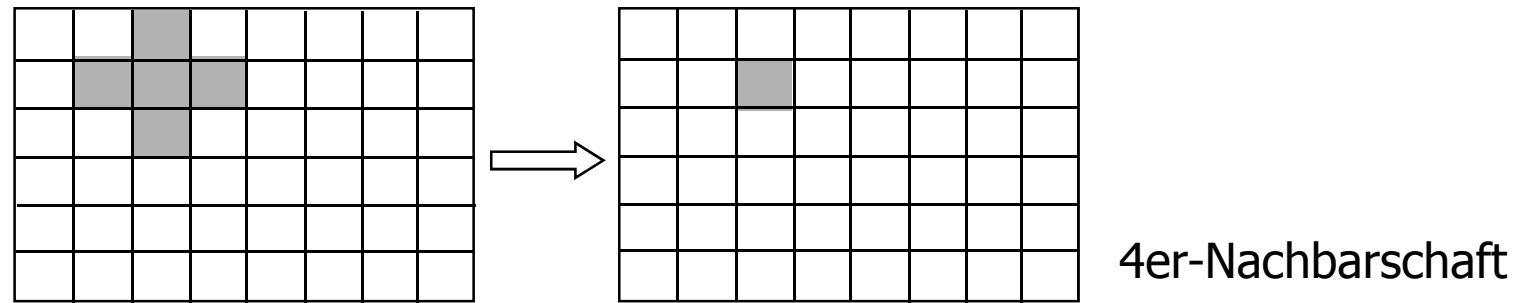
N4- und N8-Nachbarschaften



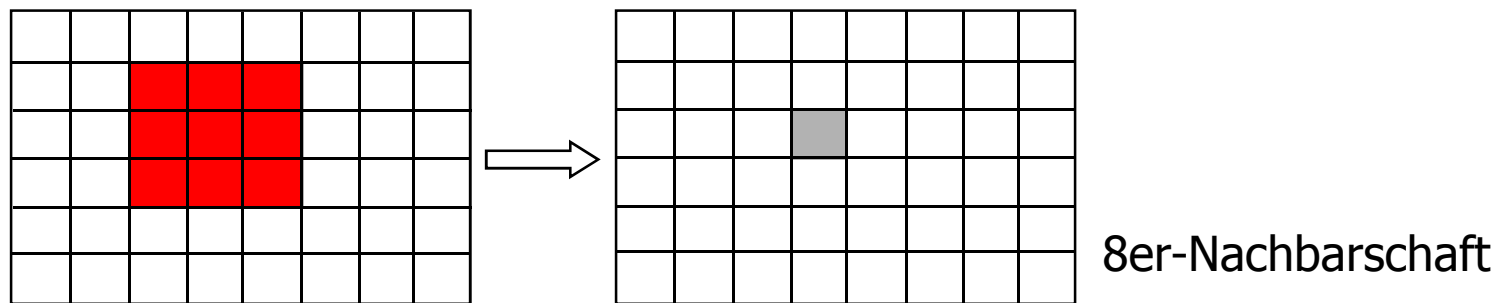
N4- und N8-Nachbarschaften



N4- und N8-Nachbarschaften



4er-Nachbarschaft

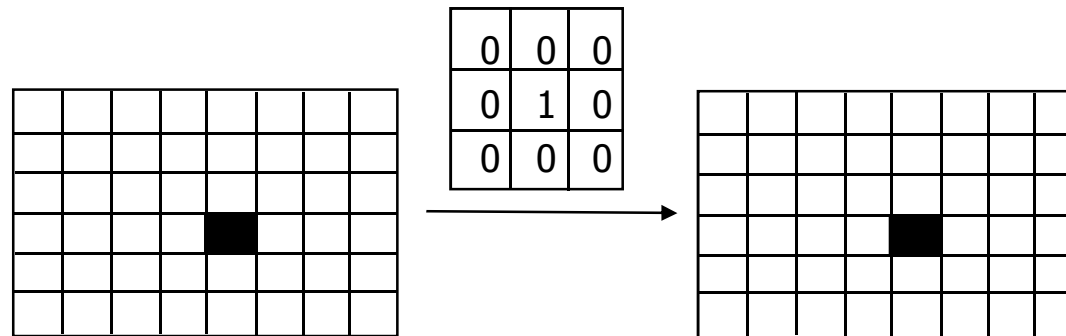


8er-Nachbarschaft

Faltungsmatrix

Faltung: Identität

$$F_I = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$



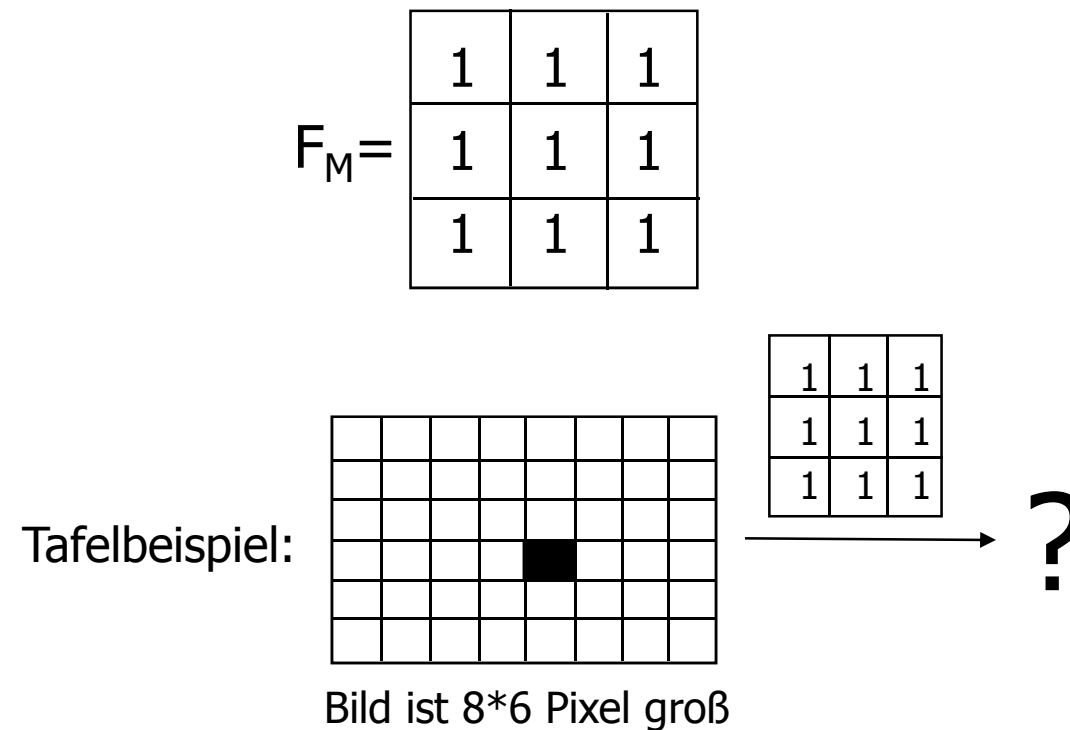
Faltung

- Ergebniswerte $e(i,j)$
- Position des aktuell betrachteten Pixels (i,j)
- Grauwerte des aktuell betrachteten Pixels $g(i,j)$
- Wert der Faltungsmatrix $f(k,l)$

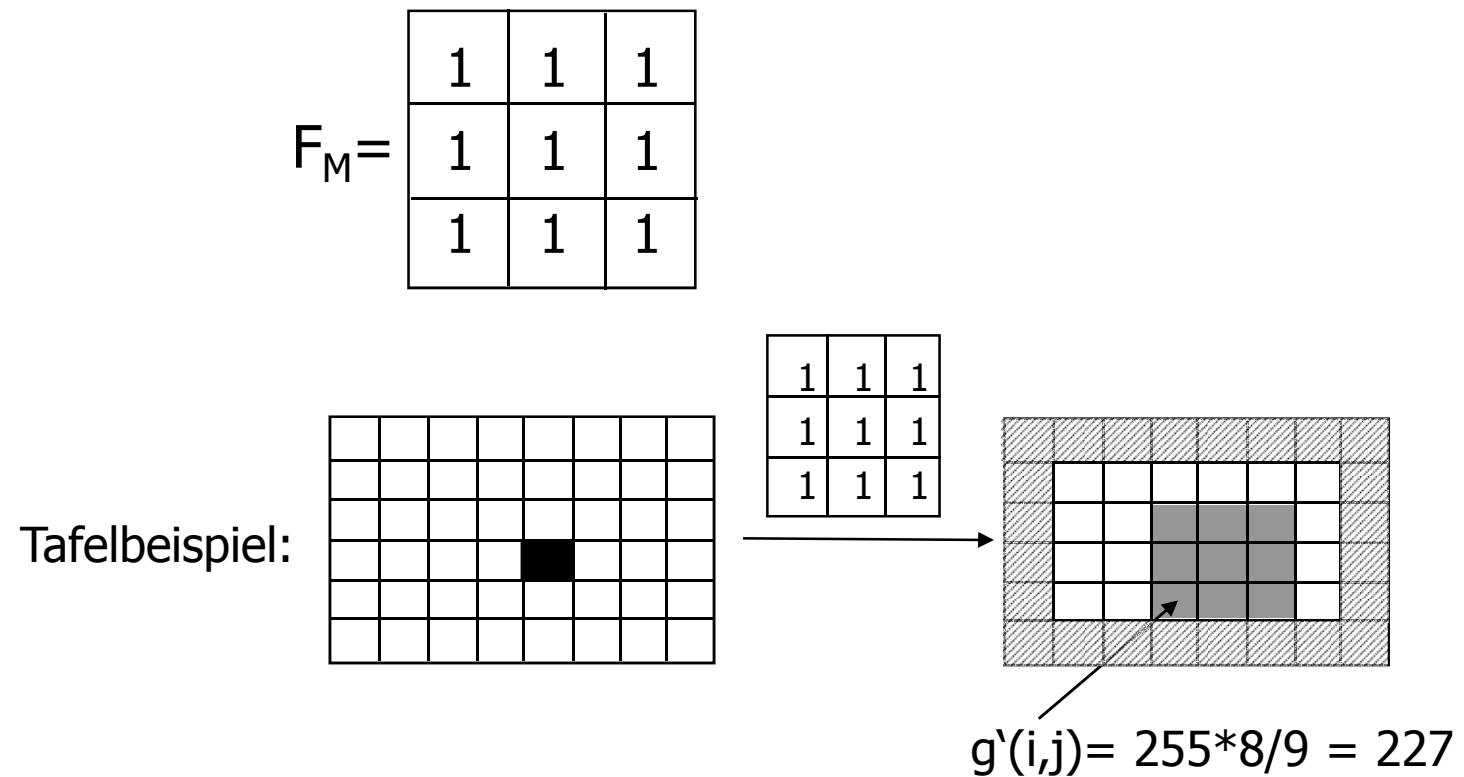
Beispiel einer 3x3-Faltungsmatrix

$$e(i, j) = \sum_{l=0}^2 \sum_{k=0}^2 \{g(i-1+k, j-1+l) * f(k, l)\}$$

Faltung: Glättung der Bildfunktion

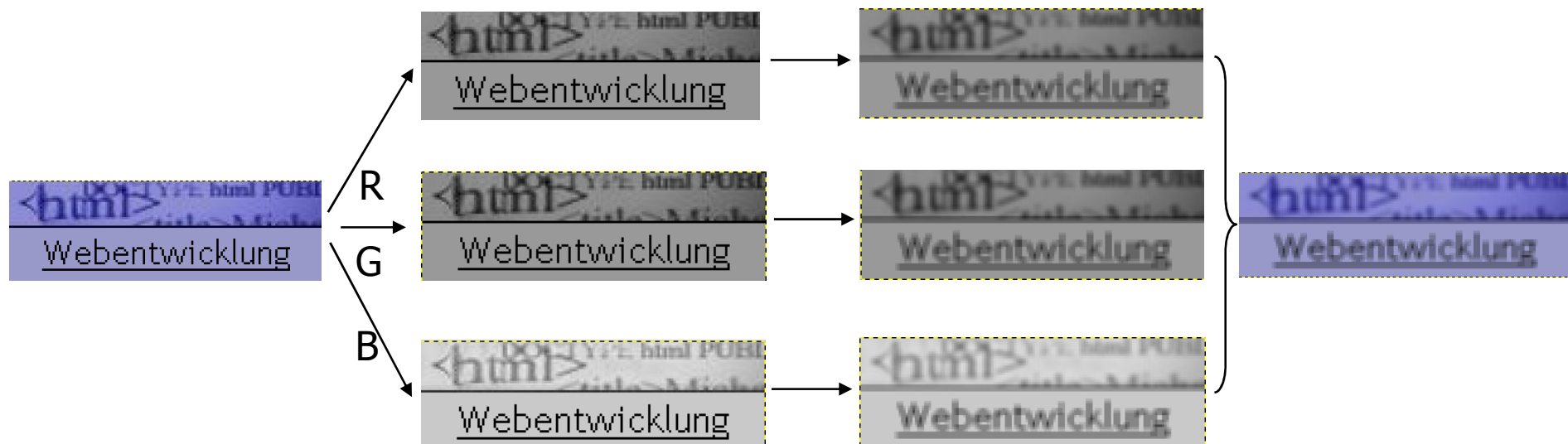


Faltung: Glättung der Bildfunktion



Faltung von farbigen Bildern

1. Aufteilen in die unterschiedlichen RGB-Farbkanäle
2. Grauwertbilder filtern
3. Farbbild erstellen



Wie muss die Faltungsmatrix aussehen um ein Bild zu glätten?



Glättungsfilter im Vergleich

$$F_M = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Mittelwert-Filter

$$F_G = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Gaus-Filter



Faltung

Lineare Grauwerttransformation für

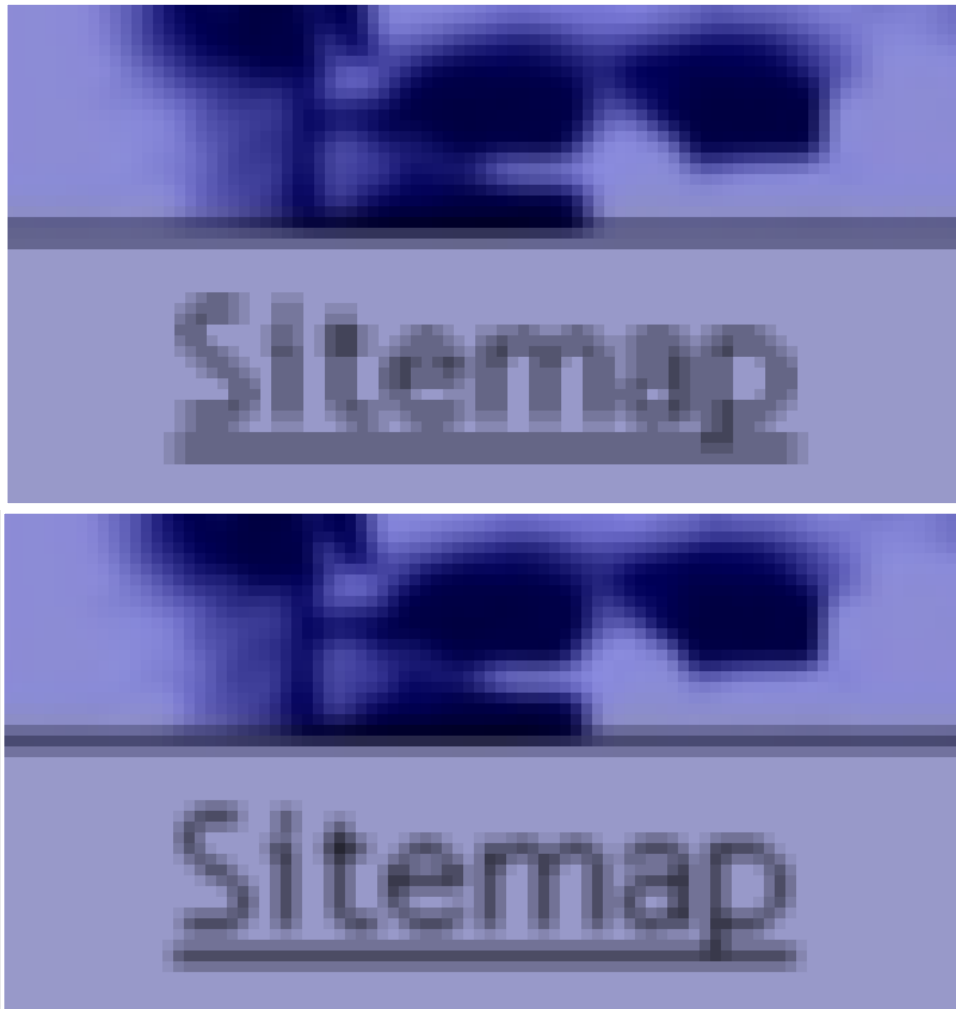
- Mittelwert: $mult = 1/9$ & $add = 0$
 - $g_{min} = 0$
 - $g_{max} = 9 * 255 = 2295$
- Gaus-Filter: $mult = 1/16$ & $add = 0$

Formel zur linearen Grauwerttransformation:

$$g'(i, j,) = g(i, j) \cdot mult + add$$

$$\text{mit} \begin{cases} mult = \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \\ add = -g_{min} \cdot mult \end{cases}$$

Glättungsfilter im Vergleich



- Mittelwert-Filter
- Gaus-Filter

Wirkung des Gaus-Filters (5x5-Faltungsmatrix)



Original und gefiltert

Woran erkennt man am digitalen Bild verwaschene (unscharfe) und kontrastreiche (scharfe) Bildbereiche?



Bilder von Peter Wienerroither

Woran erkennt man am digitalen Bild verwaschene (unscharfe) und kontrastreiche (scharfe) Bildbereiche?



Bilder von Peter Wienerroither

Wie muss die Faltungsmatrix aussehen, die den Kontrast verstärkt?

Kanten müssen betont werden!



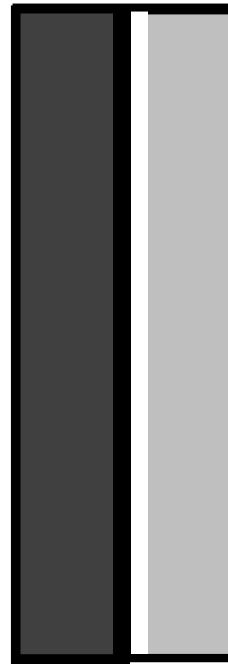
Vorgehen:

- Kanten finden und hervorheben
- Mit Originalbild verknüpfen

Biologische Kontrastverstärkung



Testbild

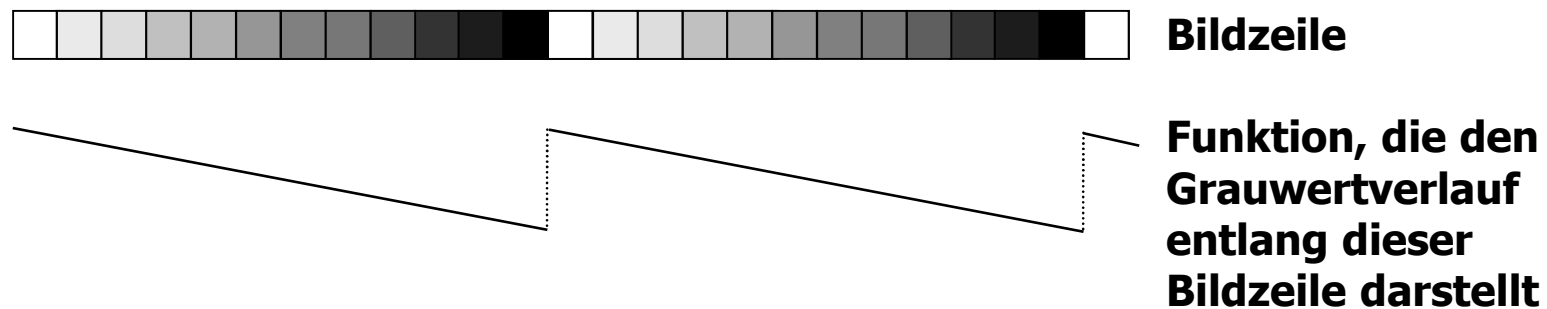


Stark überzeichnet
dargestellte Wahrnehmung

Gleichbleibende Reize
von Flächen werden
gedämpft und Kontraste
überzeichnet werden

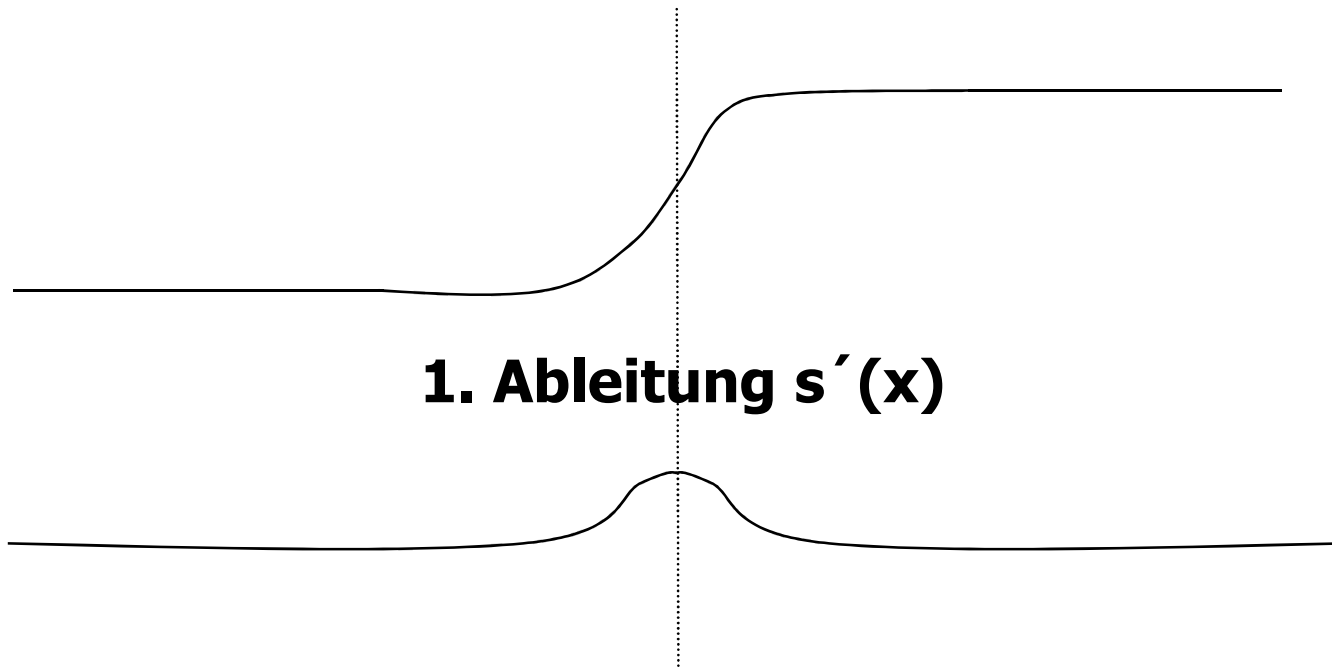
Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil $s(x)$



Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil $s(x)$



Für eine stetige Funktion $s(x)$ gilt:

1. Ableitung von $s(x)$ ist definiert durch:

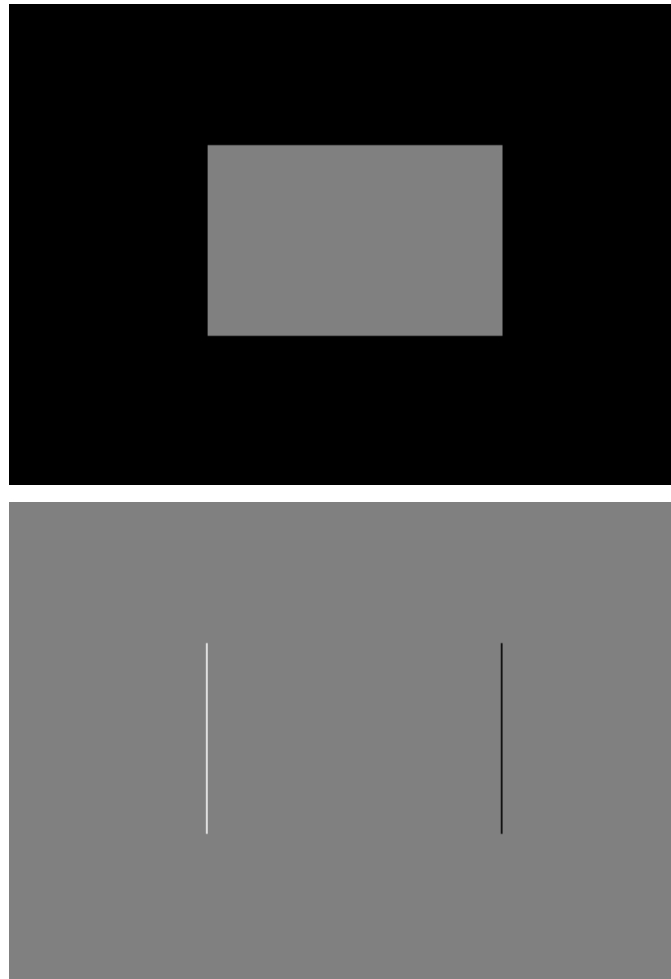
$$g'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{g(x + \Delta x) - g(x)}{\Delta x}$$

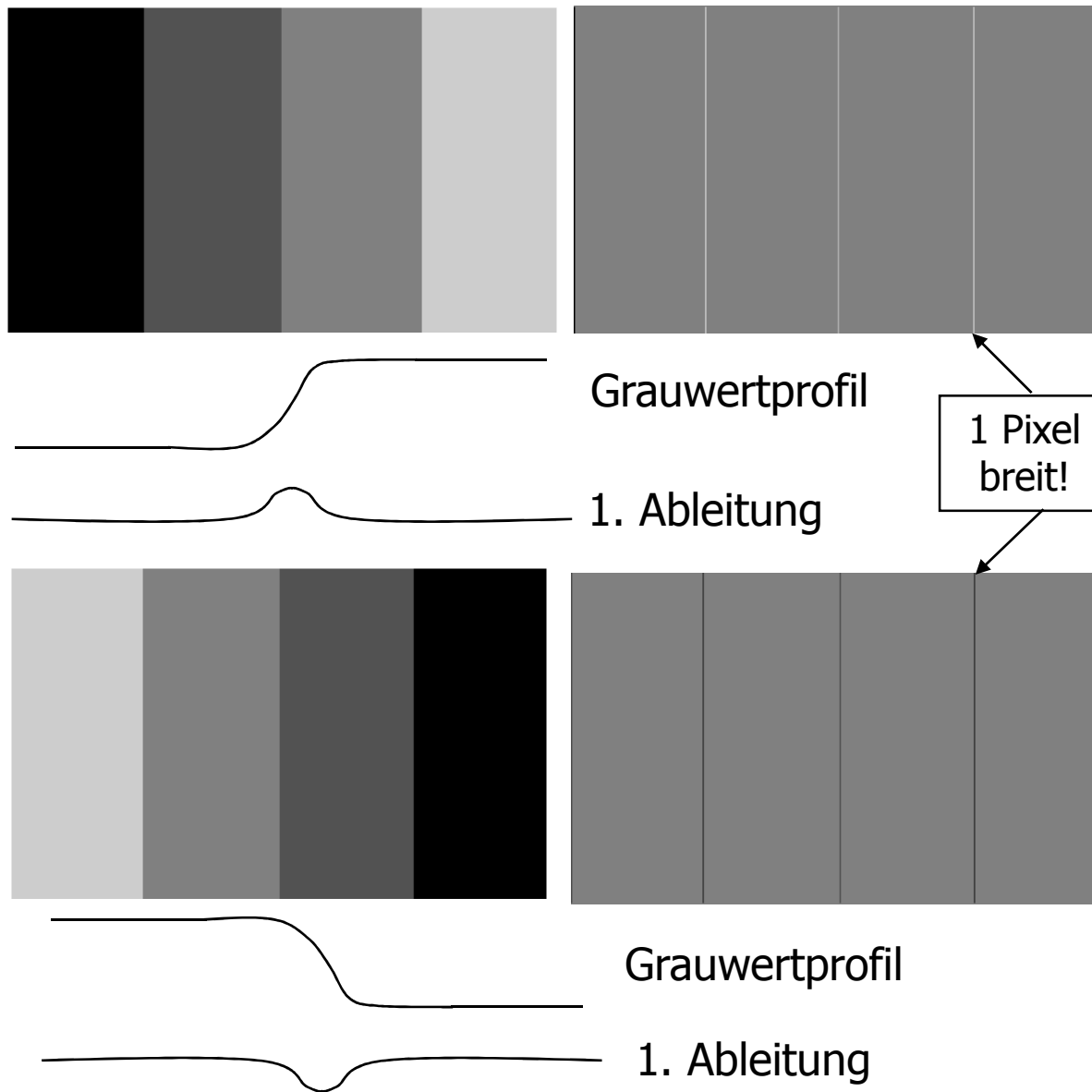
Grenzwertbildung für Funktionen mit einem diskreten x :

$$\frac{g(x + 1) - g(x)}{1} = g(x + 1) - g(x)$$

Differenzen-
operatoren

$$F_{Dy} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$





Umsetzung der 1. Ableitung:
Differenzoperatoren

Negative Werte können auftreten:

$$F_{Dy} \in \{-255, \dots, 255\}$$

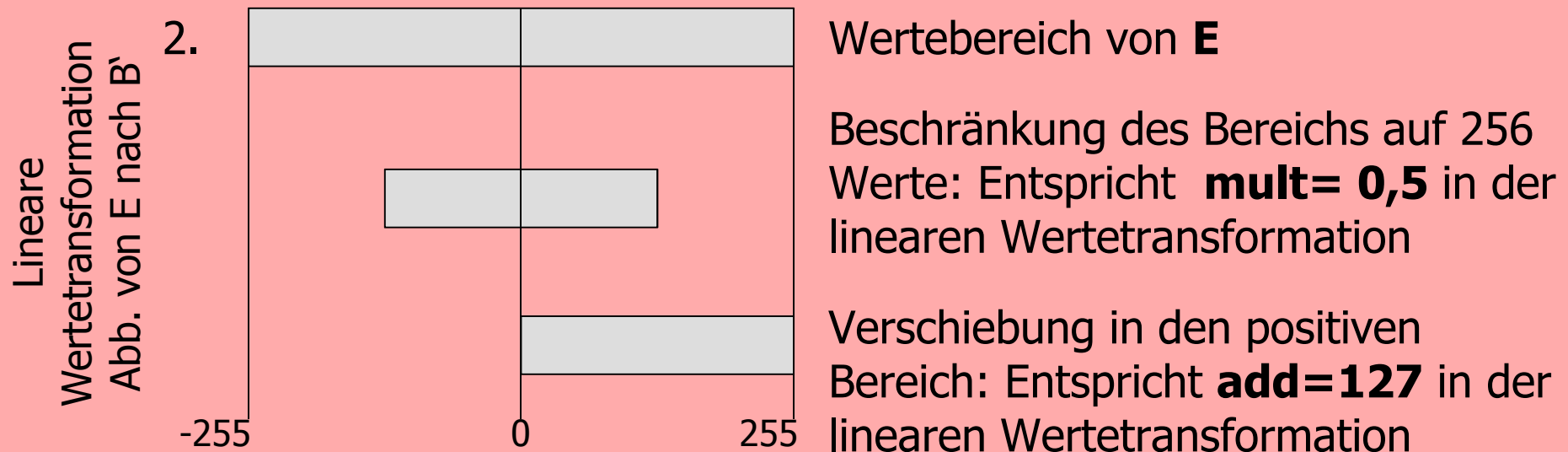
$$F_{Dy} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Exkurs: Was macht man mit den negativen Werten, nach Anwendung der Faltungsmatrix?

1. Das Bild **B** wird gefaltet:

$$e(i, j) = \sum_{l=0}^2 \sum_{k=0}^2 \{g(i-1+k, j-1+l) * f(k, l)\}$$

Ergebnis ist die Faltung **E**, deren Werte auch negativ sein können.
In unserm Beispiel gehen die Werte in **E** von [-255, ..., 255]



Zusammenfassung der einzelnen Schritte, die bei einer Faltung anfallen:

1. Das Bild B bestehend aus den Grauwerten $g(i,j)$ wird mit einer Faltungsmatrix gefaltet:

$$e(i, j) = \sum_{l=0}^2 \sum_{k=0}^2 \{g(i-1+k, j-1+l) * f(k, l)\}$$

Das Ergebnis der Faltung sind $e(i, j)$, welche auch negative oder größer als 255 sein können.

2. Lineare Wertetransformation:

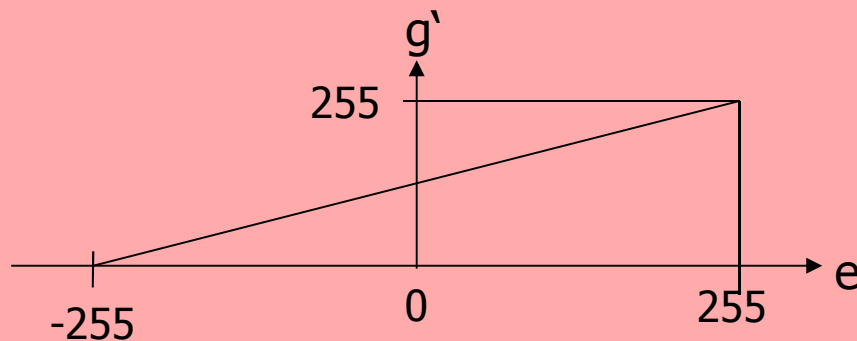
Werte von E in Form von $e(i,j)$ werden in den Grauwertbereich des Bildes B' in die Grauwerte $g'(i,j)$ abgebildet

2. Schritt „ Lineare Wertetransformation „ im Detail

Abbildung von **E** nach **B'**

Variante a.:

Einen Wertebereich E, der mehr als 256 Werte, darunter auch negative Werte enthält, nach B' abbilden:

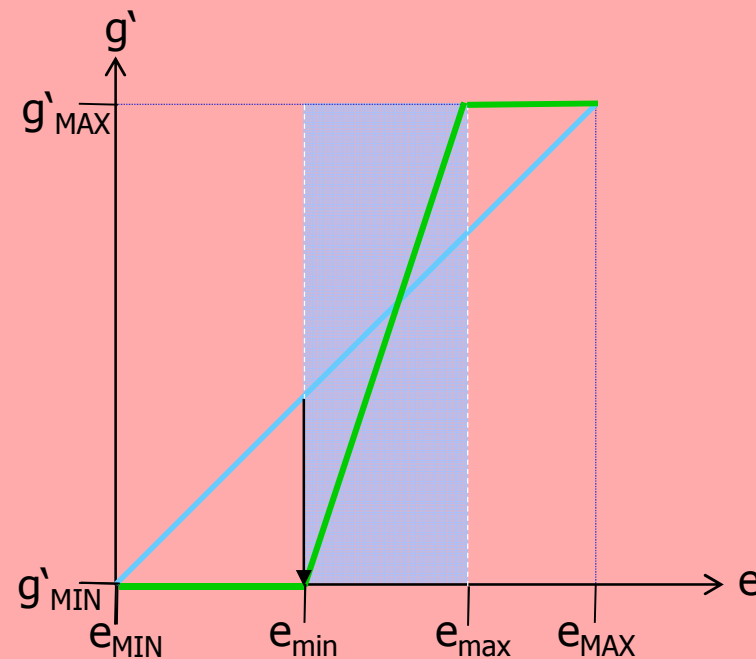


Lineare Wertefunktion lautet: $g'(i,j) = e(i,j) \cdot 0,5 + 127$

2. Schritt „ Lineare Wertetransformation „ im Detail

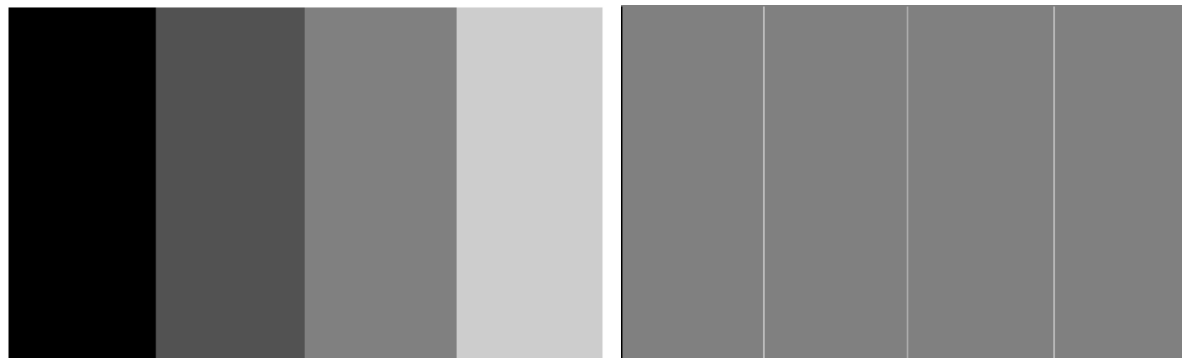
Abbildung von **E** nach **B'**

Variante b.: Einen eingeschränkten Wertebereich **E** nach **B'** abbilden



Lineare Wertefunktion lautet:

$$g'(i,j) = e(i,j) \cdot (g'_{\max} - g'_{\min}) / (e_{\max} - e_{\min}) + (- (g'_{\max} - g'_{\min}) / (e_{\max} - e_{\min}) \cdot e_{\min})$$



Grauwertprofil

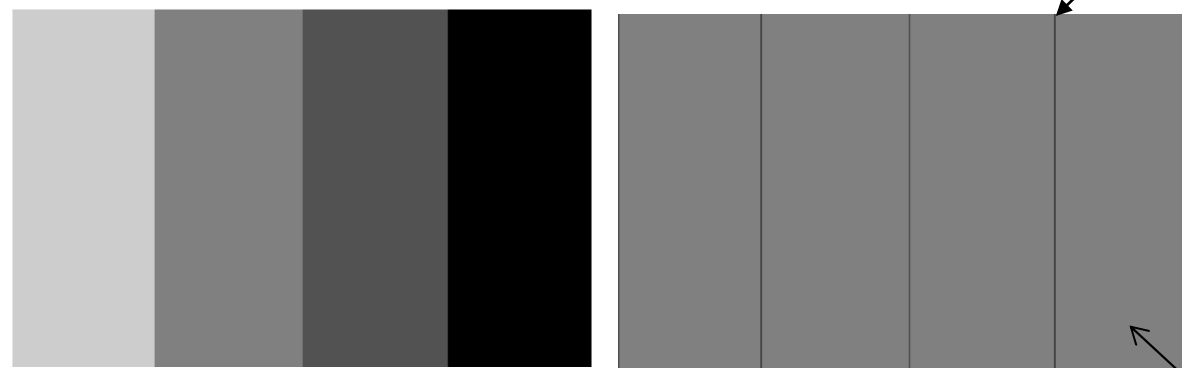
1. Ableitung

1 Pixel
breit!

Umsetzung der 1.
Ableitung:
Differenzoperatoren

**Negative Werte
können auftreten:**

$$F_{Dy} \in \{-255, \dots, 255\}$$

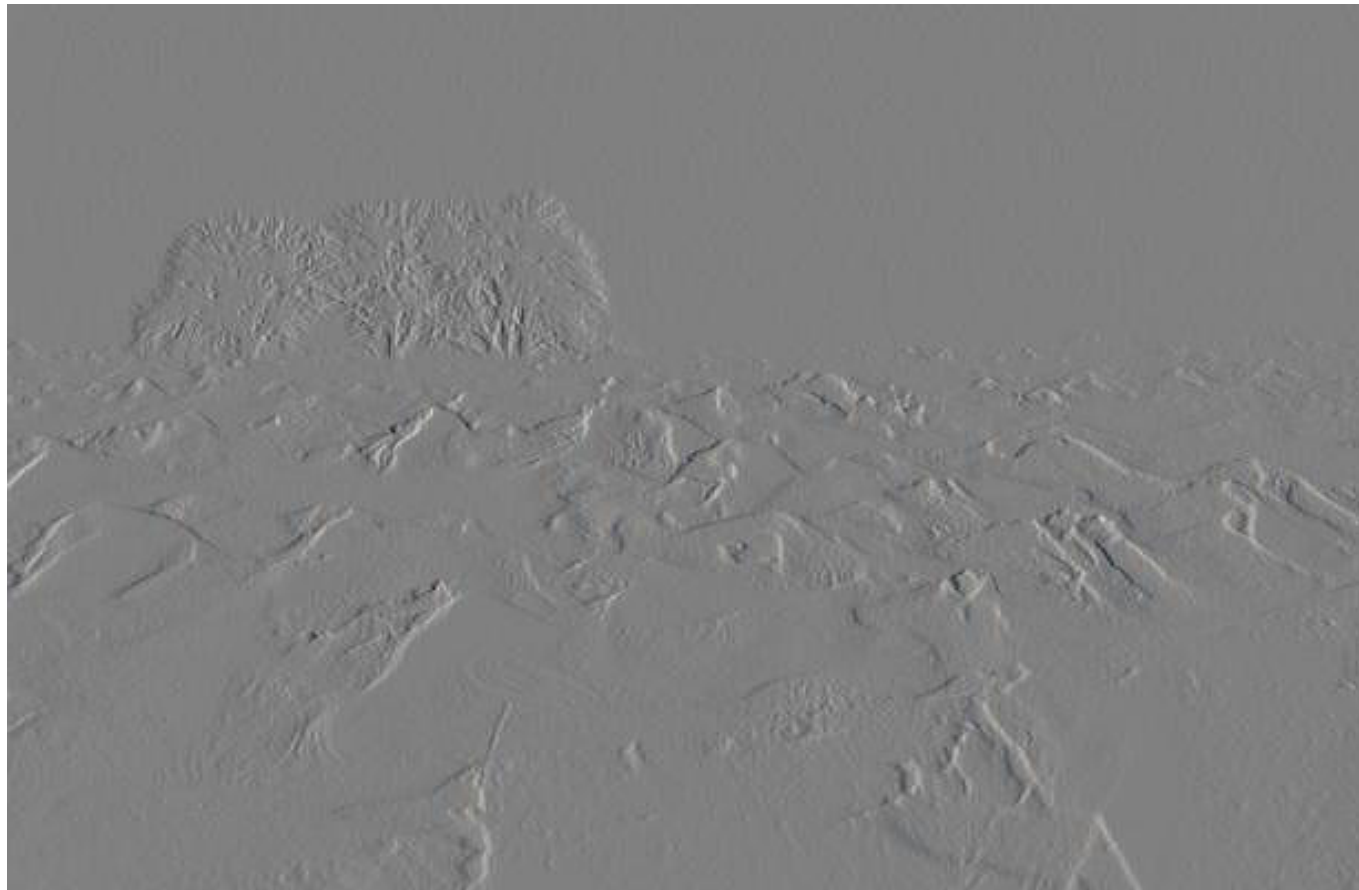
$$F_{Dy} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


Grauwertprofil

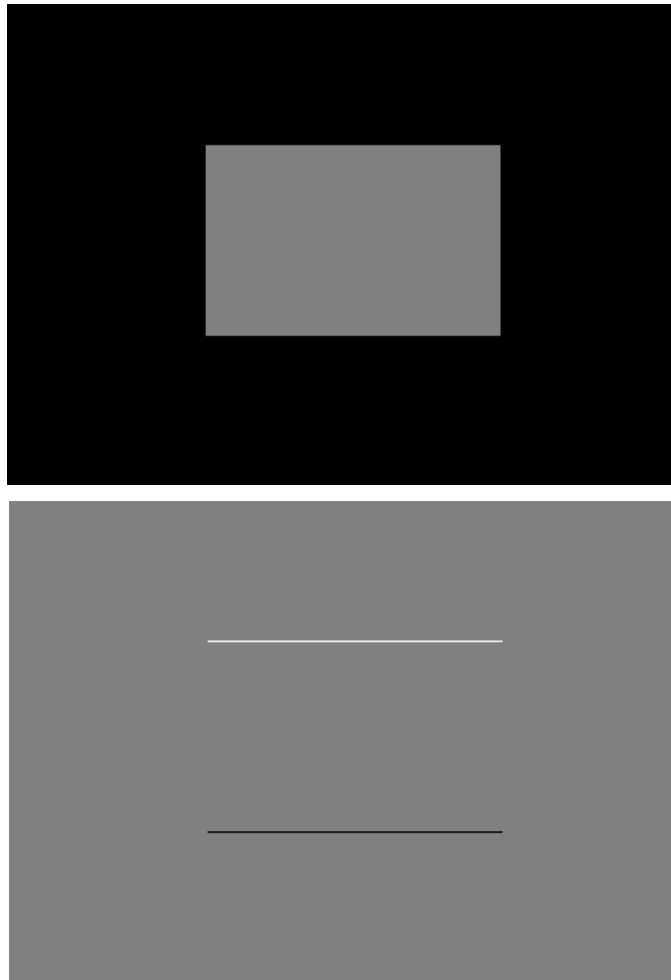
1. Ableitung

Plus der linearen Wertefunktion auf
die Faltungsergebnisse:
 $g^i(i,j) = e(i,j) \cdot 0,5 + 127$

Wirkung des horizontalen Differenzoperators



Differenzen- operatoren

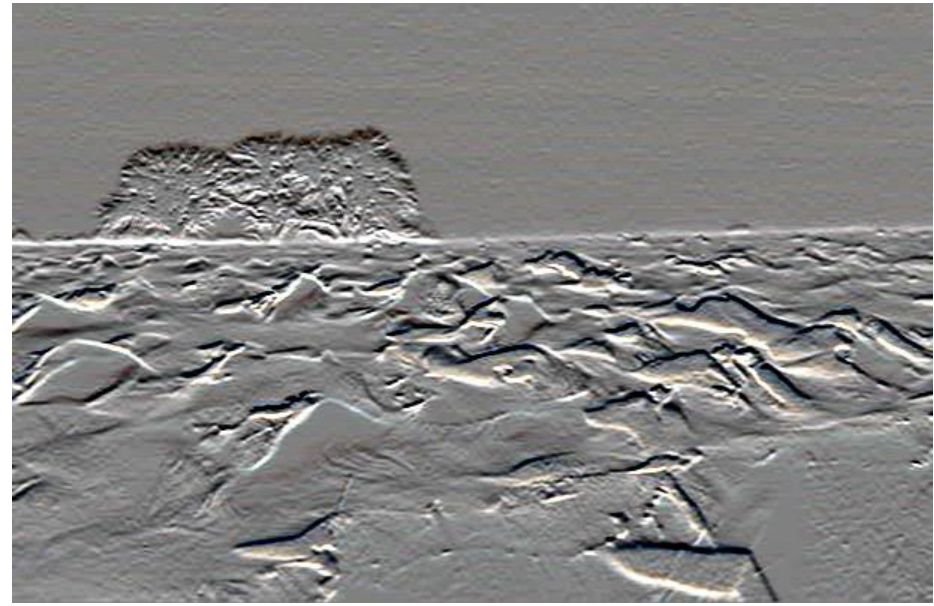
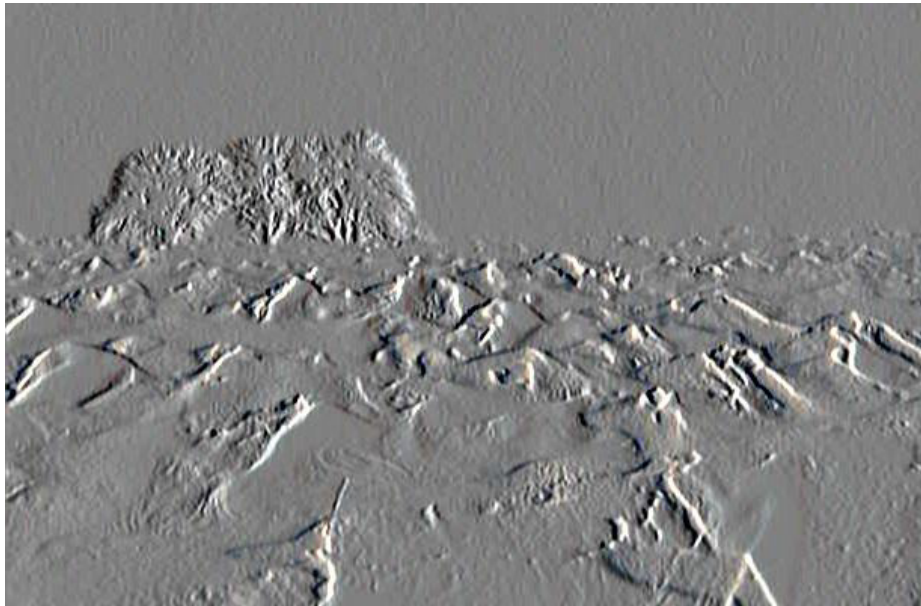


$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Differenzen-
operatoren

$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Anwendung der folgenden Differenzoperatoren:



$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

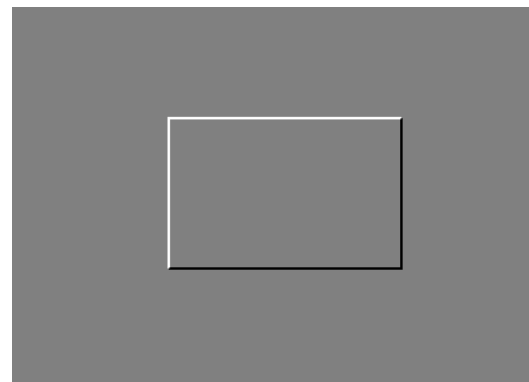
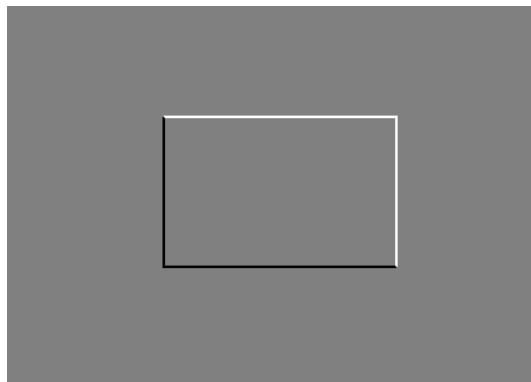
Kantendetektoren in senkrechter, waagrechter (oben) und diagonaler Ausrichtung (unten)

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



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

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



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

Kombinationsfilter: Ermittelt Kanten in allen Richtungen

$$F_{D1} + F_{D2} + F_{D3} + F_{D4} = F_K$$

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

+

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

+

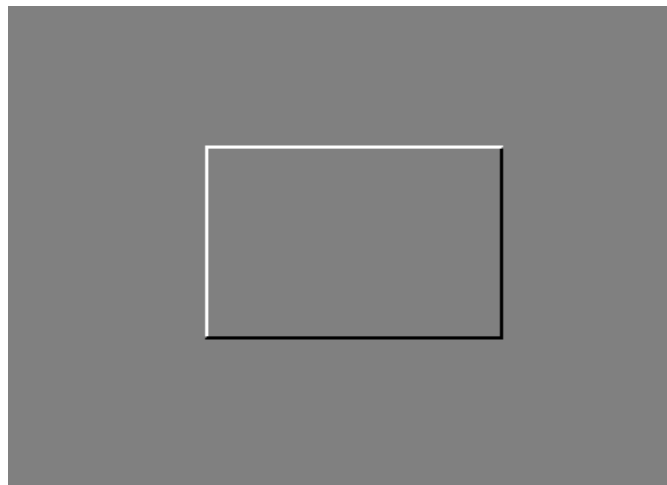
0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

+

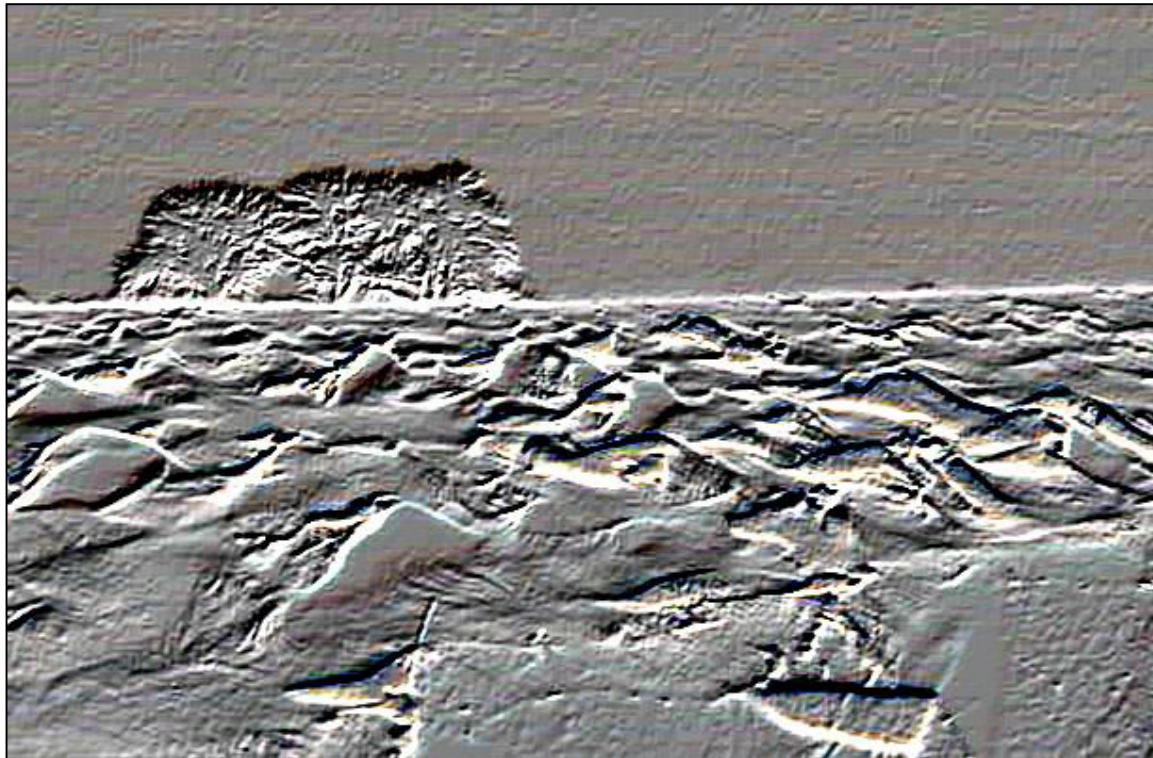
-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

=

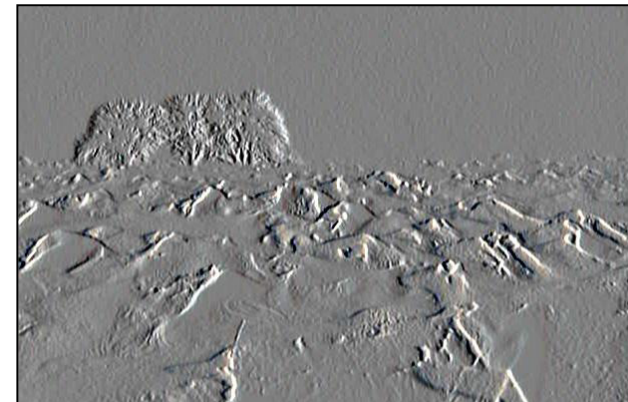
-3	-3	-1
-1	0	1
1	3	3



Anwendung des Kombinationsfilters



Vergleich mit
dem vertikalen
Differenzoperator



Wie kombiniert man die ursprüngliche
Bildinformation mit dem Kombinationsfilter?



Relief-Filter



Original Bild



$$F_R = n * F_I + F_{D2} =$$

-1	-1	-1
0	n	0
1	1	1

$$F_R = n * F_I + F_{D4} =$$

-1	-1	0
-1	n	1
0	1	1

Anwendung des Kombinationsfilters mit unterschiedlichen n :

original



$n=1$



$n=3$

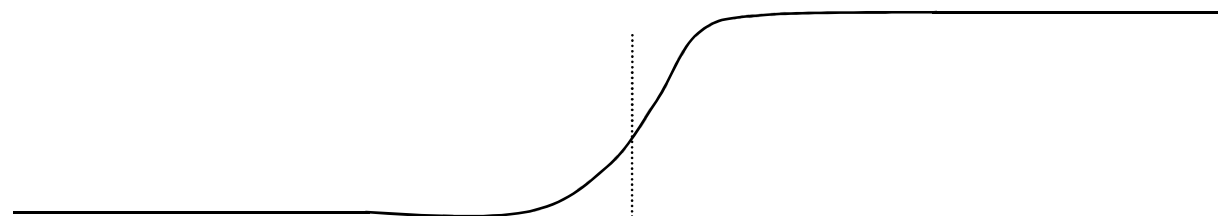


$n=7$

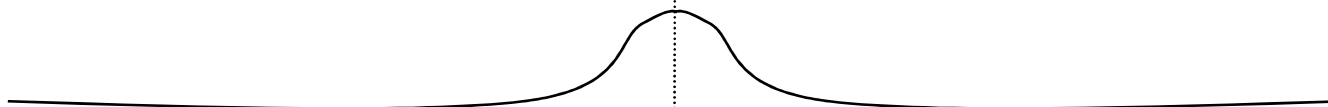


Kantendetektion mit dem Laplace-Operator

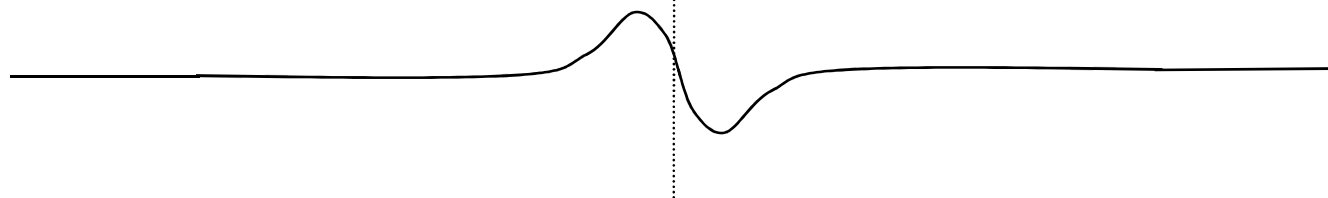
Grauwertprofil von $g(x)$



1. Ableitung von $s(x)$: $g'(x)$



2. Ableitung von $s(x)$: $g''(x)$



2. Ableitung von $s(x)$ mit einem diskreten x

$$g''(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{(g(x + \Delta x) - g(x)) - (g(x) - g(x - \Delta x))}{\Delta x}$$

$$g''(x) = g(x + 1) - 2 \cdot g(x) + g(x - 1)$$

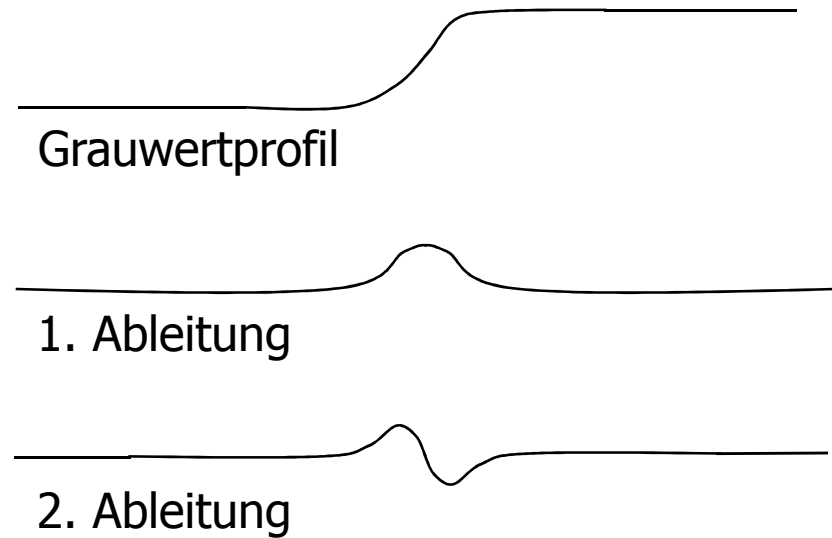
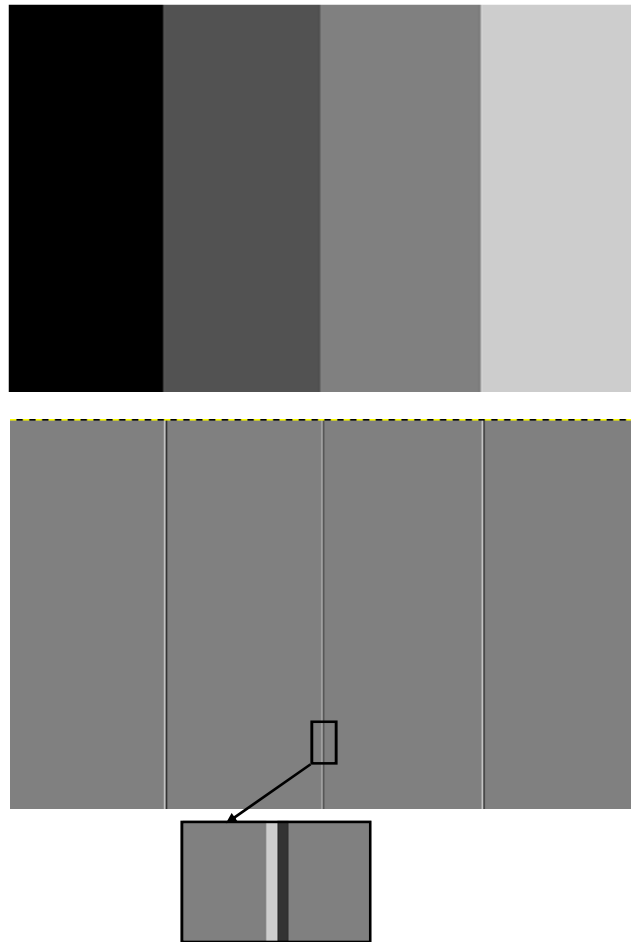
Für
Raster-
bilder: $\Delta x = 1$

2. Ableitung in wagrechter & senkrechter Richtung:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

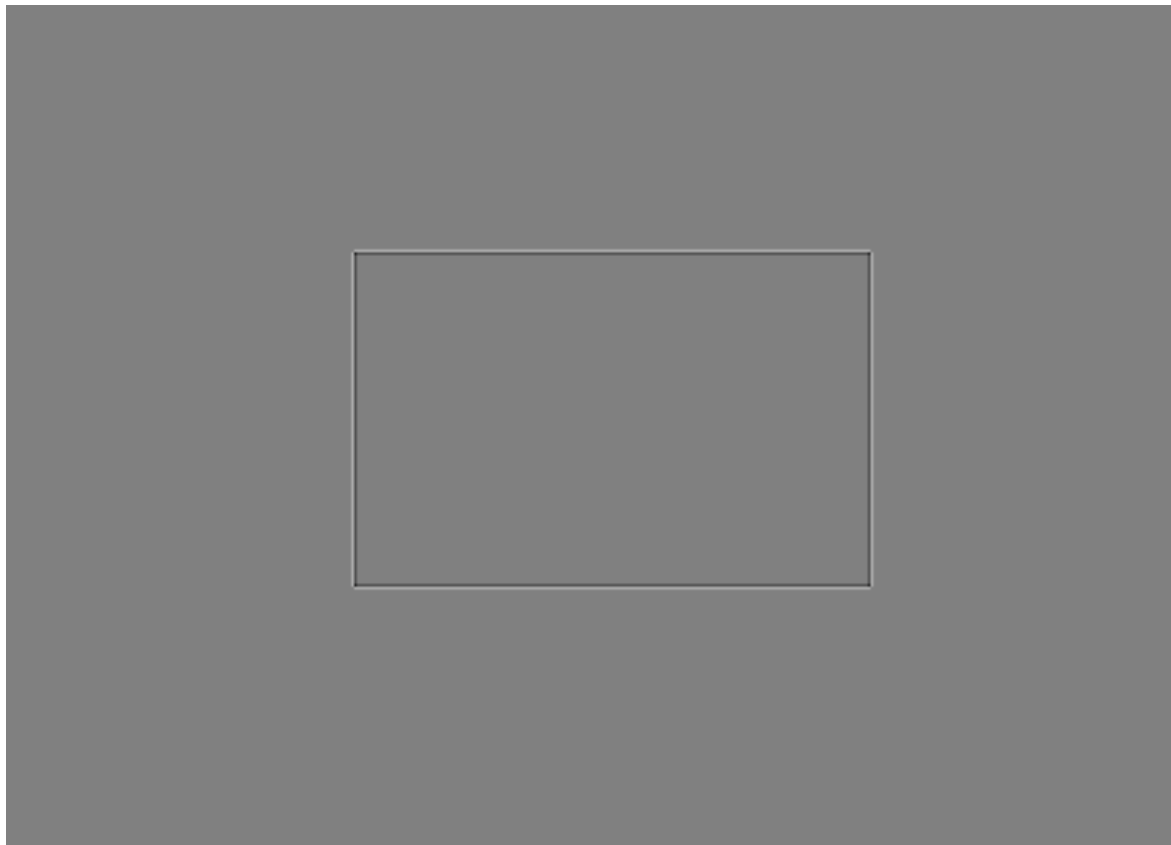
Laplace-Operator

Laplace-Operator zur Kantendetektion



$$F_L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

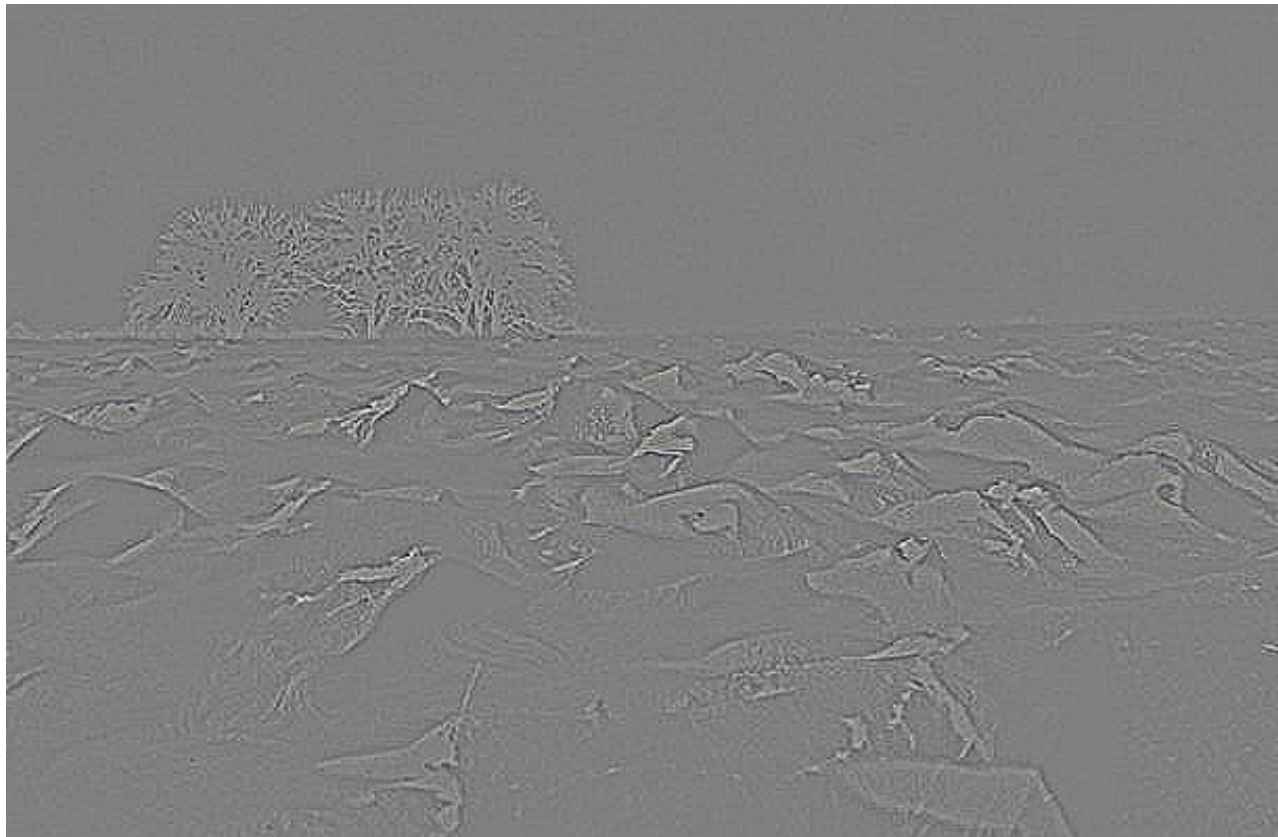
Laplace-Operator zur Kantendetektion



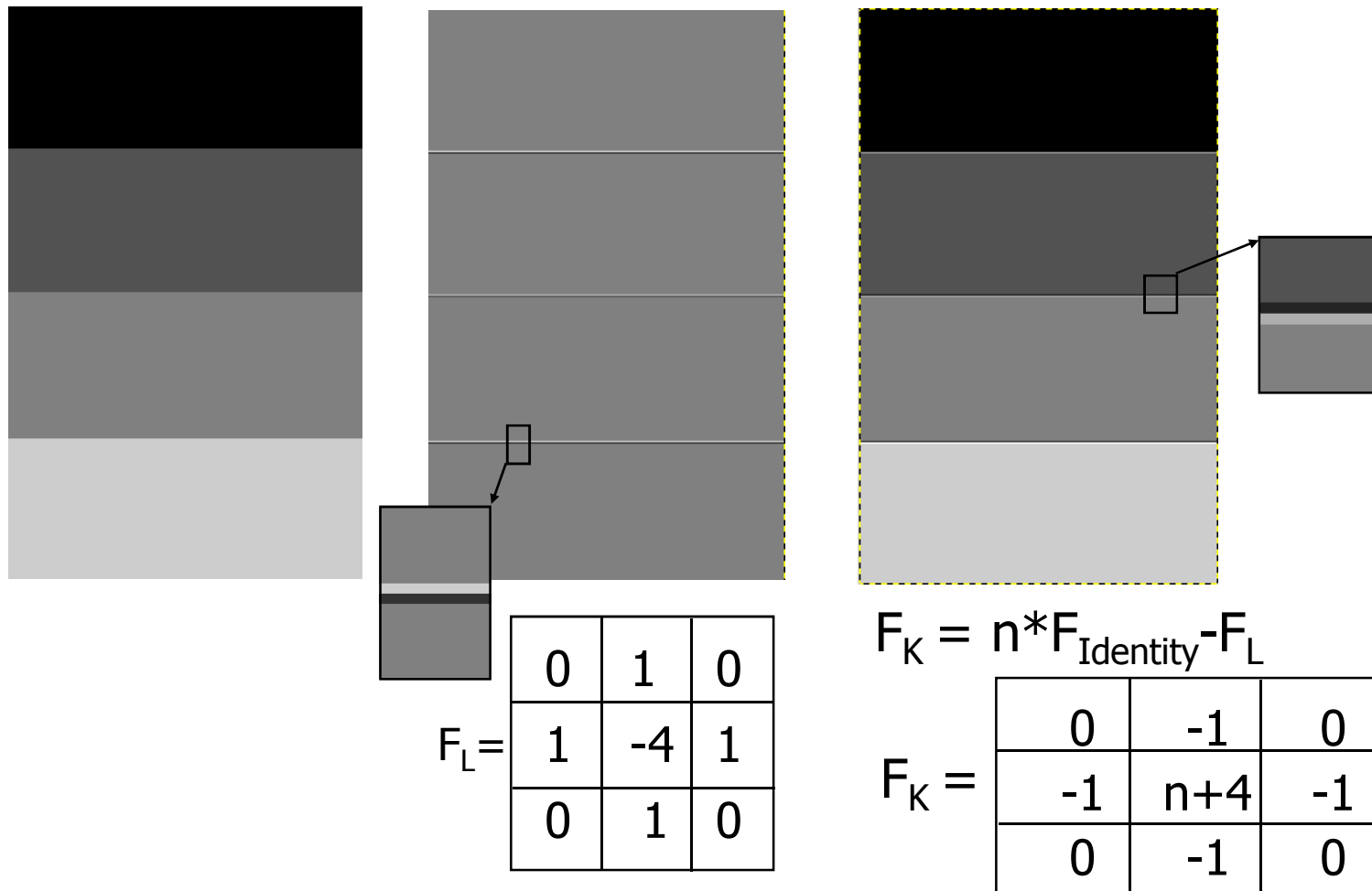
Original Bild

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

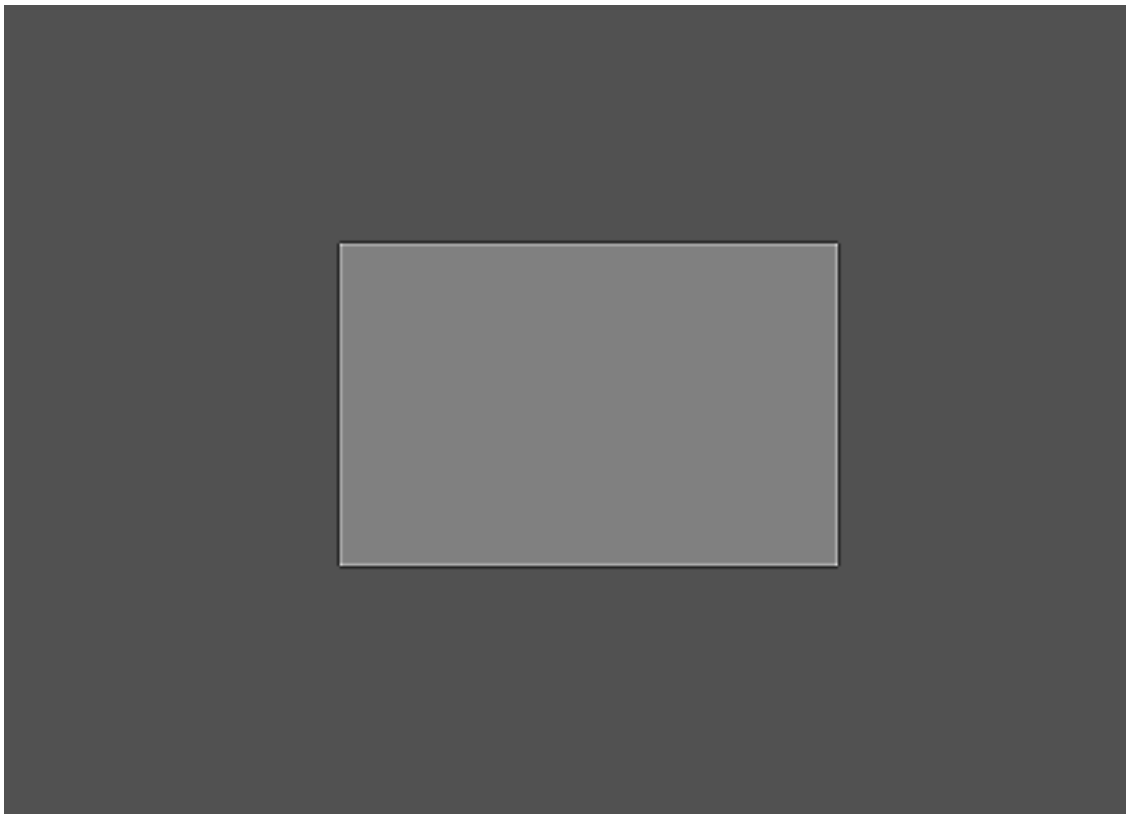
Kantendetektion mit Laplace-Operator



Vom Laplace-Operator zur Kontrastverbesserung



Kontrastverbesserung mit dem Laplace-Operator



Original Bild

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

Kontrastverbesserung mit Laplace-Operator



Wiederholung: Faltungsoperatoren

- Mittelwertoperator (Weichzeichner)
- Differenzoperatoren } (Kantendetektor)
- Laplace-Operator }
- Kontrastverstärker

Kennen Sie auch...

- Binärisierung
- Identitätsoperator

5 Minuten Aufgabe:



~~Im Bild sollen nur die Pixel der Pfeile sichtbar sein.~~

Wie würden Sie vorgehen?

Rangfolgeoperatoren

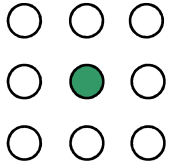
Rangfolge der Grauwerte wird gebildet:

1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
2. Entsprechend des Operators wird ein Grauwert an einer spezifischen Position der Rangfolge ausgewählt:
 - Median-Operator: $g'(i,j) = g_4$
 - Erosion: $g'(i,j) = g_0$
 - Dilatation: $g'(i,j) = g_8$

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

- Median
- Dilatation
- Erosion
- Opening
- Closing

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

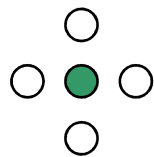
Am Beispiel der N8-Nachbarschaft: 

- Aktuell betrachtete Bildposition: $g(i,j)$
- $g(i,j)$ und die Grauwerte der Nachbarschaft werden größenabhängig sortiert: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
- Rangfolgeoperatoren wählen nun bestimmte Positionen dieser Sortierung aus...

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

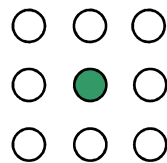
Beispiele für strukturierende Elemente

- Bezugspunkt: ●
- Nachbarpunkt: ○

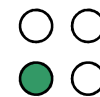


Elementarraute

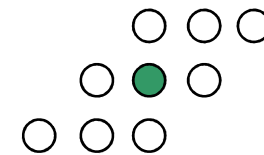
N4-Nachbarschaft



N8-Nachbarschaft



Elementarrechteck



Schräges
Element

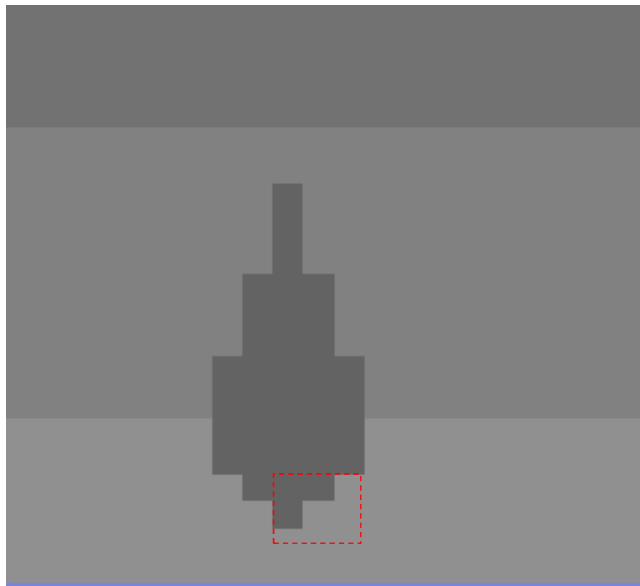
Element

Medianfilter

Bezugspunkt nimmt mittleren Grauwert der Rangfolge an:

1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
 2. Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_4$
- Verbesserung von verrauschten Bildern:
Eliminiert isolierte, fehlerhafte Bildpunkte
 - Kanten werden jedoch nicht verwaschen
(vergleiche Mittelwertoperator)

Medianoperator



Originalbild

99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144

99	99	99	99	99	144
99	99	99	99	144	144
99	99	99	144	144	144
99	99	144	144	144	144
99	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144

Ausschnitt nach Anwendung
des Medianoperators

Medianoperator



Original



Ergebnis

Medianoperator



Original



Ergebnis

Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator



Original



3x3 Mittelwert



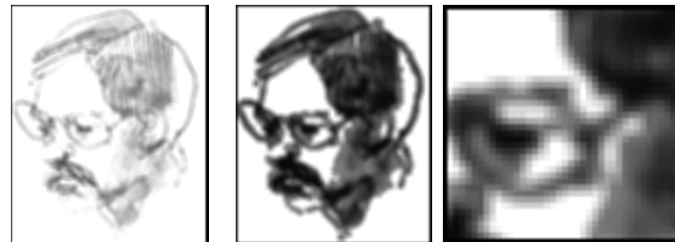
3x3 Median

Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator

Ausgangsbilder



3x3 Mittelwert



3x3 Median



Vergleich: Mittelwert und Median



Ausgangsbild



3x3 Mittelwert



3x3 Median



Dilatation

Bezugspunkt nimmt *maximalen* Grauwert der Rangfolge an:

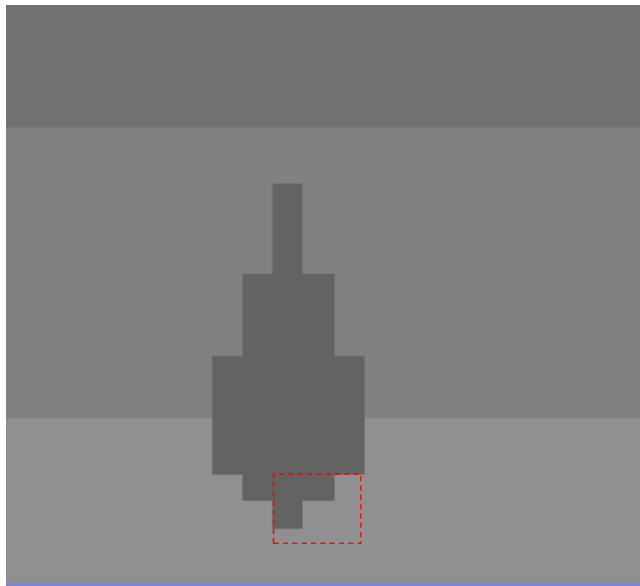
1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
2. Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_8$

$$\text{Allgemein: } dil(x, y) = \max_{i,j} \{s_e(x + i, y + j) + k(i, j)\}$$

Die Indizes i und j laufen dabei über den Geltungsbereich des strukturierenden Elements.

Folge: Ausdehnung der „helleren“ Bereiche (=Bildvordergrund)

Dilatation



Originalbild

99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144

99	99	99	99	144	144
99	144	144	144	144	144
99	144	144	144	144	144
99	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144

Ausschnitt nach Anwendung der Dilatation

Erosion

Bezugspunkt nimmt *minimalen* Grauwert der Rangfolge an:

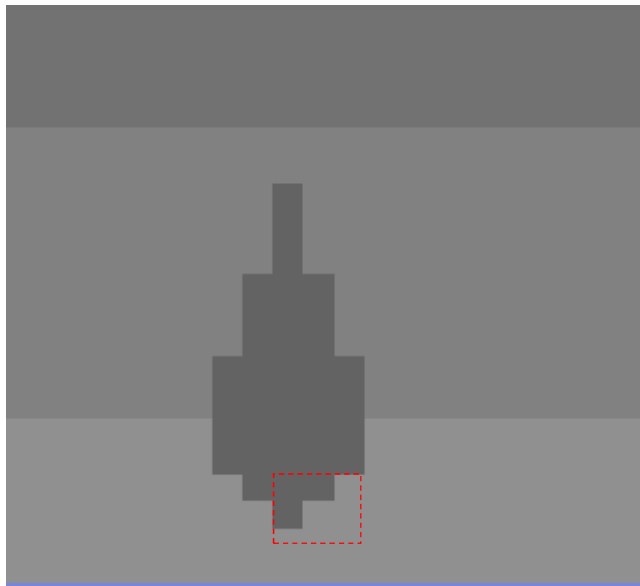
1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
2. Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_0$

Allgemein: $ero(x,y) = \min_{i,j} \{s_e(x+i,y+j) + k(i,j)\}$

Die Indices i und j laufen dabei über den Geltungsbereich des strukturierenden Elements.

Folge: Ausdehnung der „dunkleren“ Bereiche (=Bildhintergrund)

Erosion



Originalbild

99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	99	99	99	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
99	99	99	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144
144	144	144	144	144	144	144	144

99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99
99	99	99	144	144	144
99	99	99	144	144	144
99	99	99	144	144	144

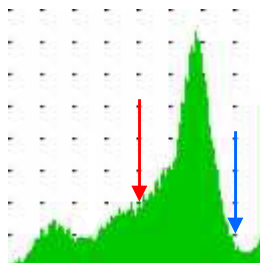
Ausschnitt nach Anwendung der Erosion

Binarisierung des Originalbildes

Original



Histogramm



Schwellwert 127

Schwellwert 225

Anwendung von Opening und Closing um ein binarisisiertes Bild für die Segmentierung vorzubereiten:

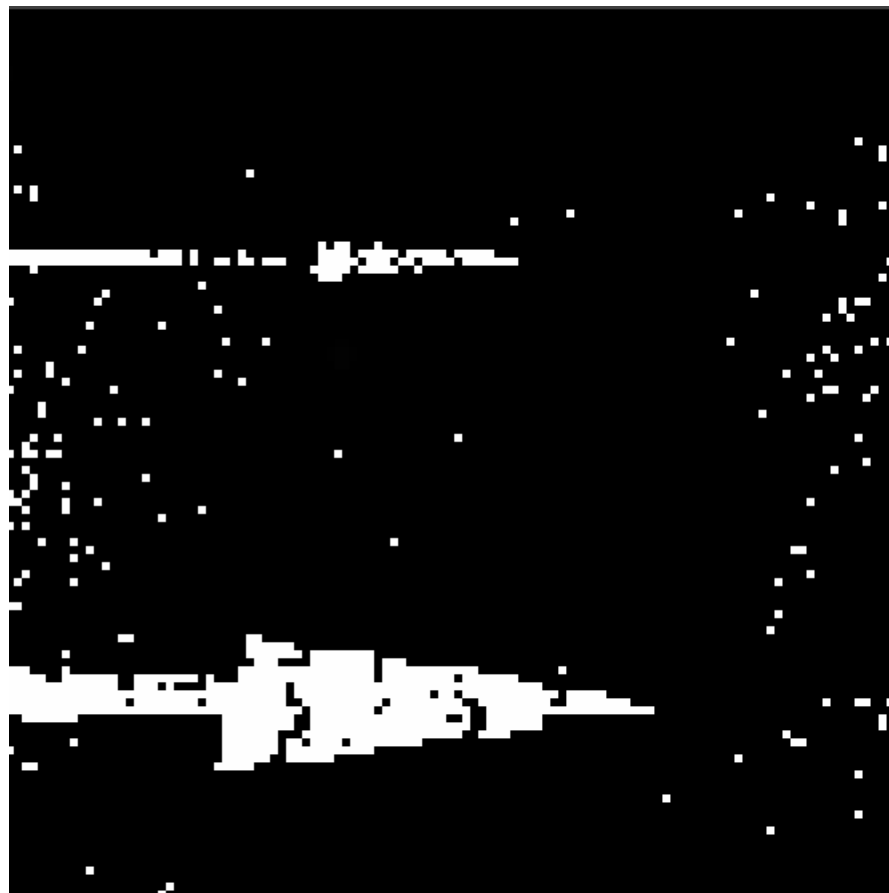
Aufgaben:

- Rauschen eliminieren
- Lücken innerhalb des Pfeils schließen

Idee zur Elimination des Rauschens:

1 x Erosion

1 x Dilatation



1. Lösung: Ein **Opening** gefolgt von einem **Closing**

The screenshot shows the VVEO - Klassenbibliothek software interface. The main window displays a sequence of four image processing steps:

- Original (113*1...)**: The initial binary image showing a horizontal line with some noise.
- 1. eine Erosion**: The result of applying erosion to the original image, where the noise is removed and the line is slightly thinner.
- 2. eine Dilatation**: The result of applying dilation to the eroded image, where the line is restored to its original thickness and the noise is reintroduced.
- 3. eine Dilatation**: The result of applying a second dilation, which further thickens the line and fills in some of the remaining noise.
- 4. eine Erosion**: The final result after applying a second erosion, which cleans up the thickened line and removes the remaining noise.

Brackets on the right side of the image indicate that the first two steps (1. eine Erosion and 2. eine Dilatation) constitute an **Opening** operation, and the last two steps (3. eine Dilatation and 4. eine Erosion) constitute a **Closing** operation.

2. Lösung: Ein **Closing** gefolgt von einem **Opening**

VVEO - Klassenbibliothek
Steuerung Fenster

Original (113*1...

1. eine Dilatation

2. eine Erosion

3. eine Erosion

4. eine Dilatation

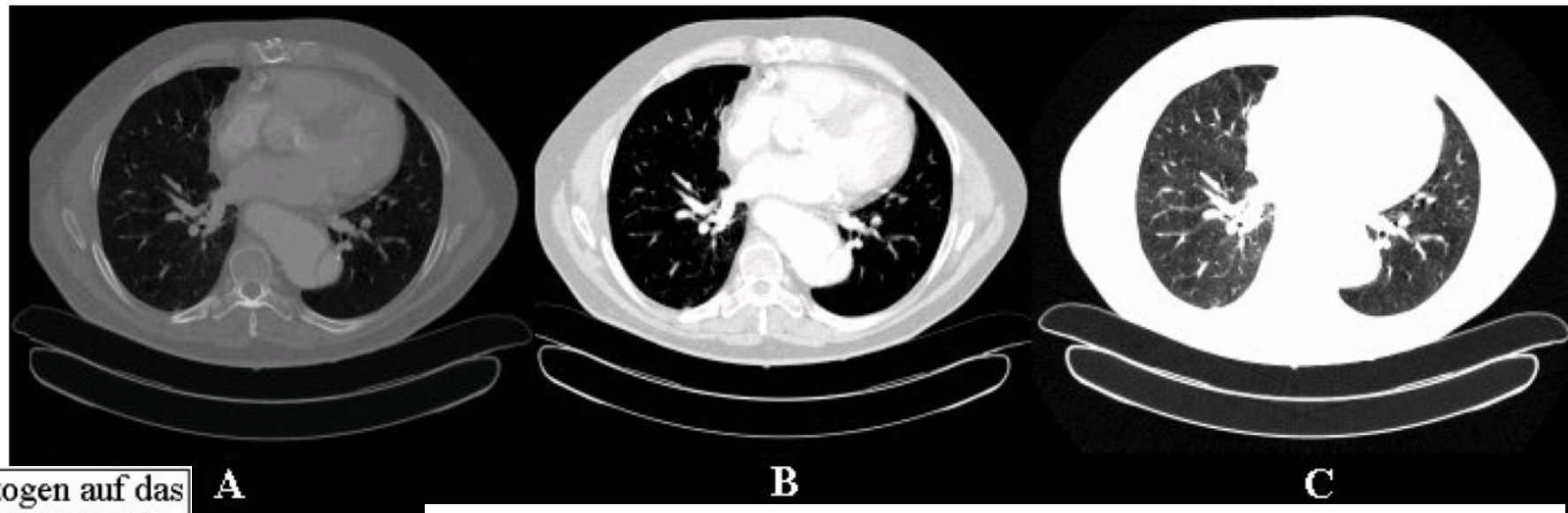
Closing

Opening

99

Segmentierung dient zur

- Unterscheidung der Objekte vom Hintergrund und
- zur Unterscheidung der Objekte untereinander.



Bezogen auf das
Originalbild

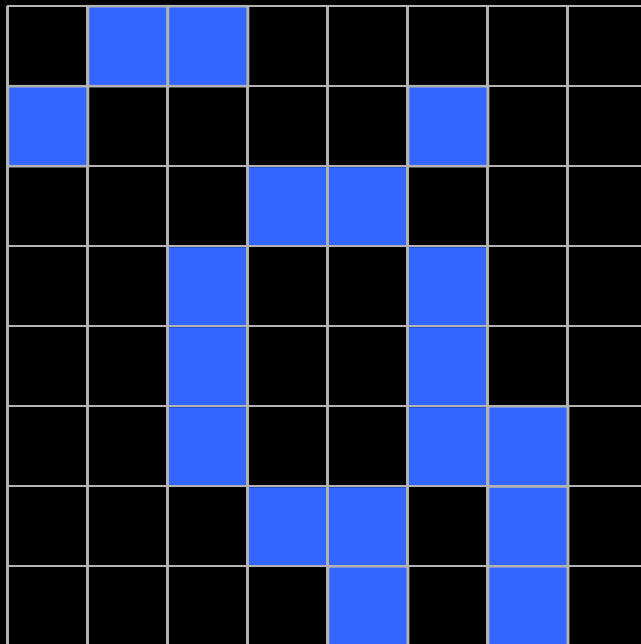
- Luft
- Fett
- Wasser
- Knochen

A: Original Bild,

B: Knochengewebe wird hervorgehoben,

C: Lungengewebe wird hervorgehoben

Zusammenhangskomponente (ZHK) in 2D



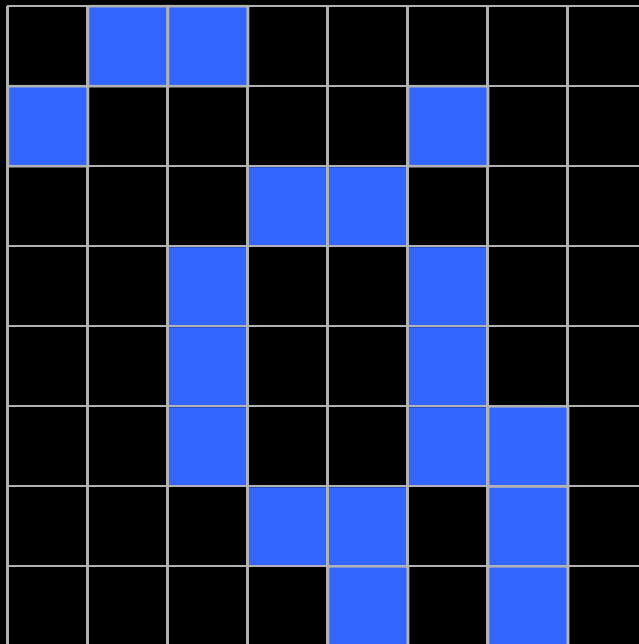
Der Vordergrund (blau) enthält

7 N4 ZHK

2 N8 ZHK

Vorder- und Hintergrund müssen immer mit entgegengesetzten Nachbarschaftsverhältnis ermittelt werden. Warum?

Zusammenhangskomponente (ZHK) in 2D



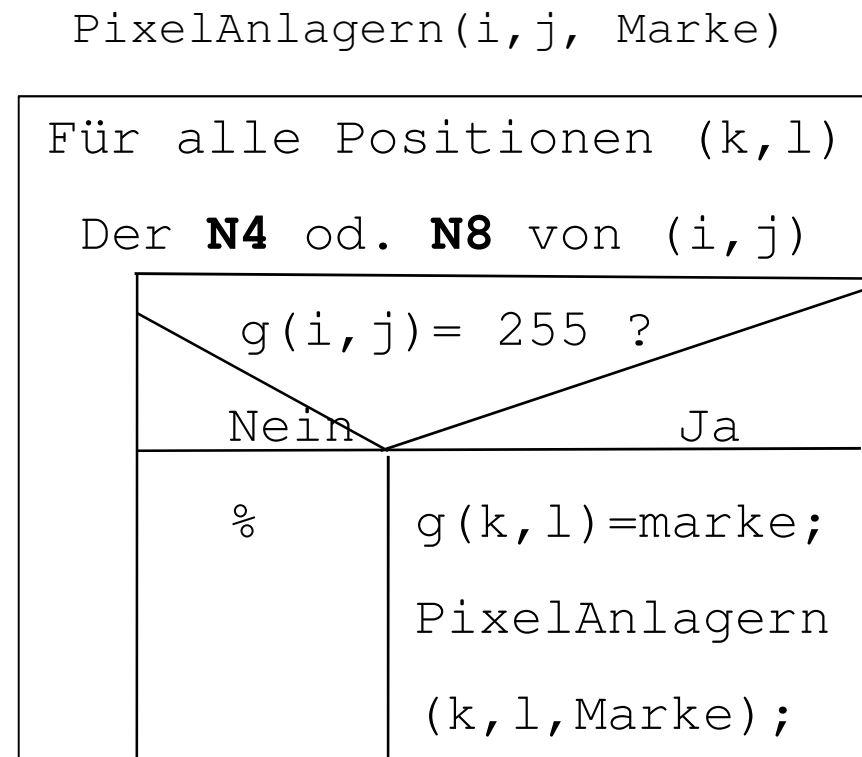
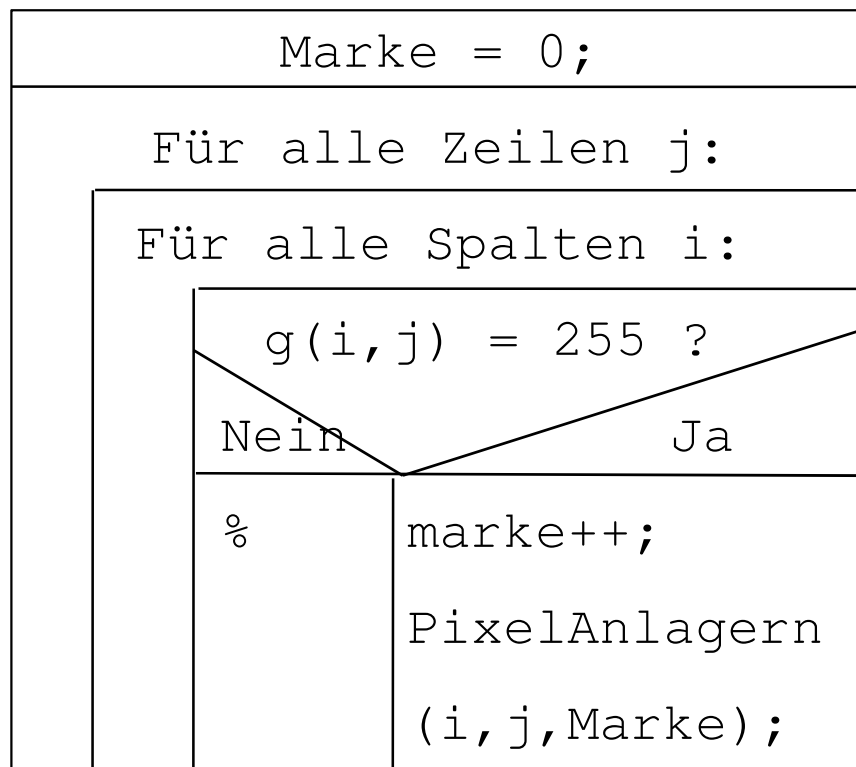
Der Hintergrund enthält

4 N4 ZHK

1 N8 ZHK

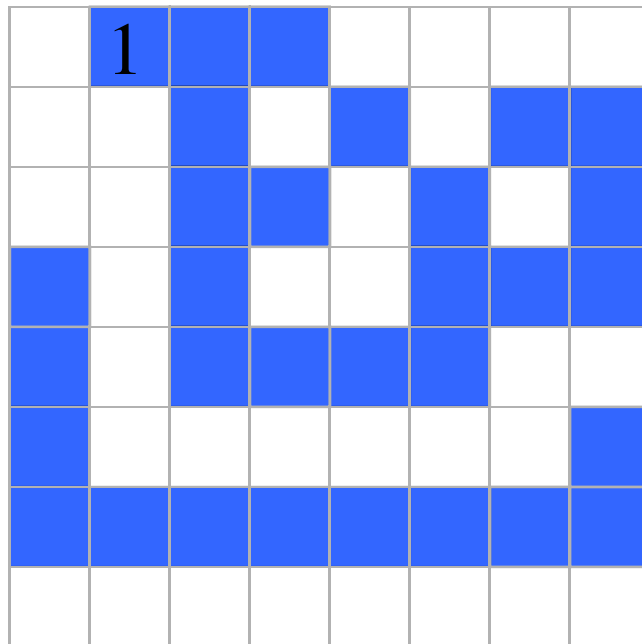
ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

Rekursives Fluten()

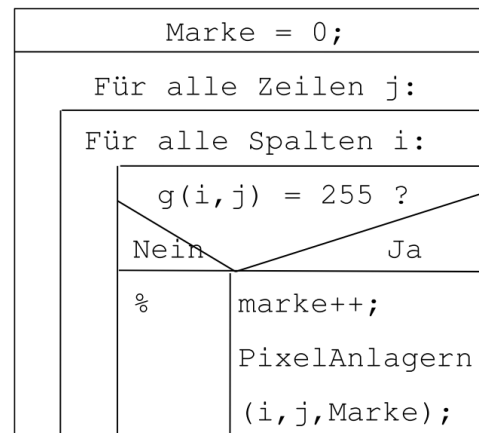


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

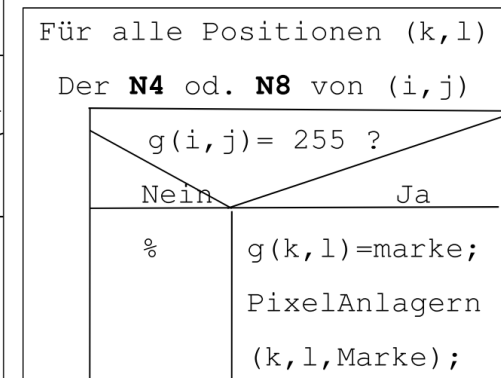
(Vordergrund N4 ZHK)



Rekursives Fluten()

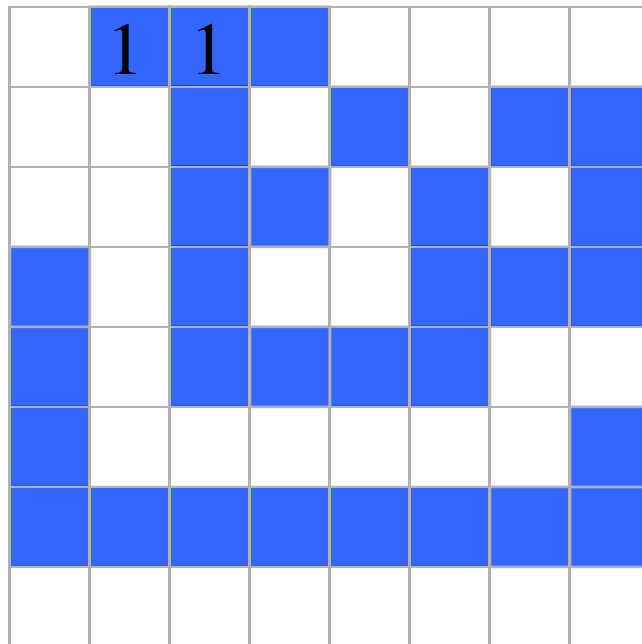


PixelAnlagern()

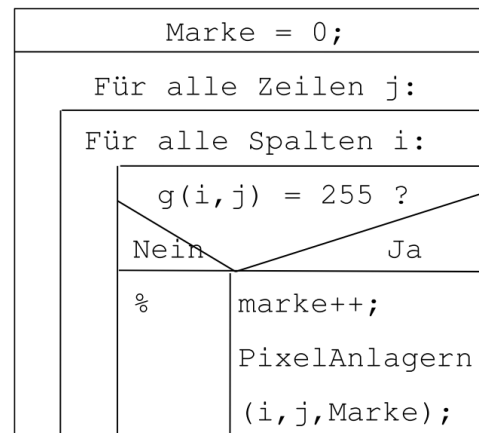


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

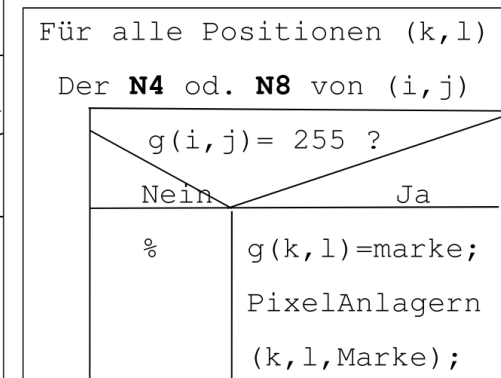
(Vordergrund N4 ZHK)



Rekursives Fluten()

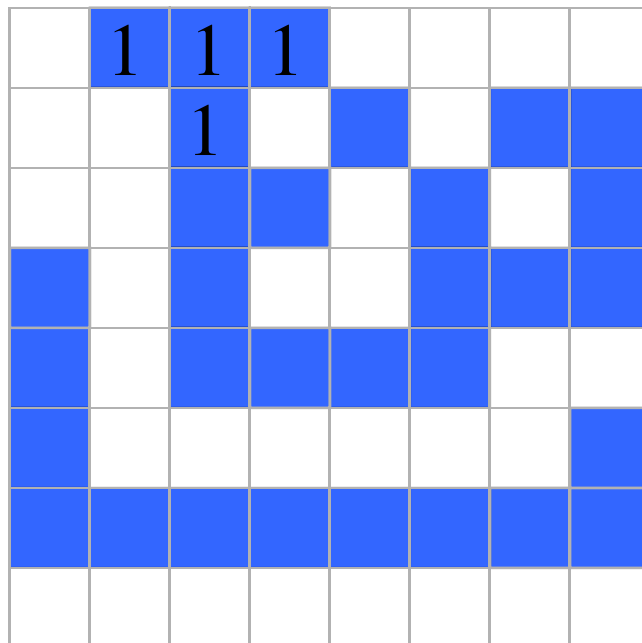


PixelAnlagern()

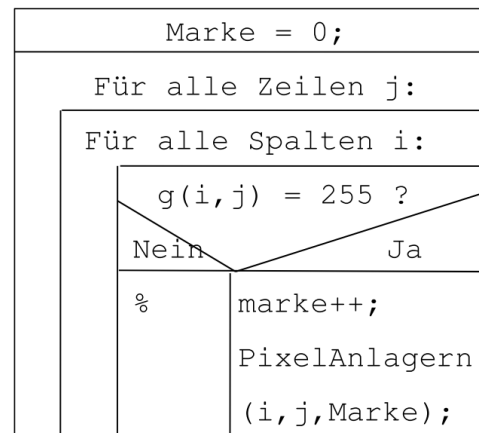


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

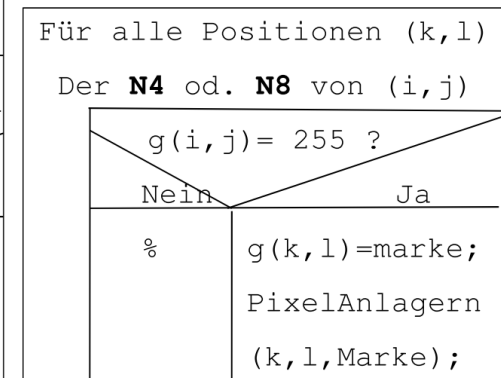
(Vordergrund N4 ZHK)



Rekursives Fluten()

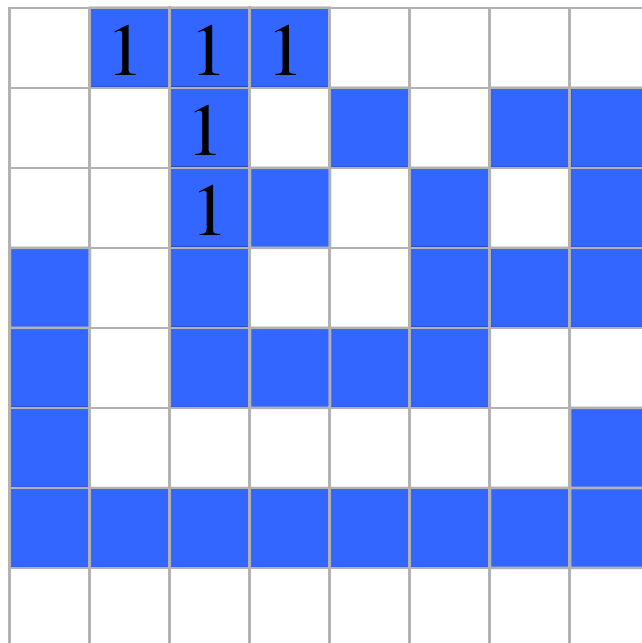


PixelAnlagern()

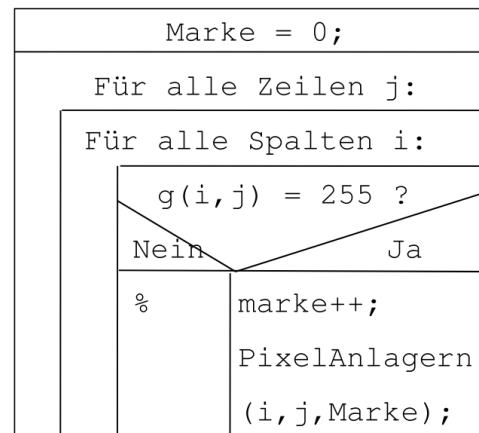


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

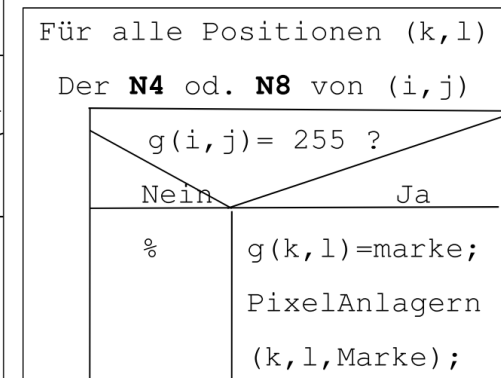
(Vordergrund **N4** ZHK)



Rekursives Fluten()

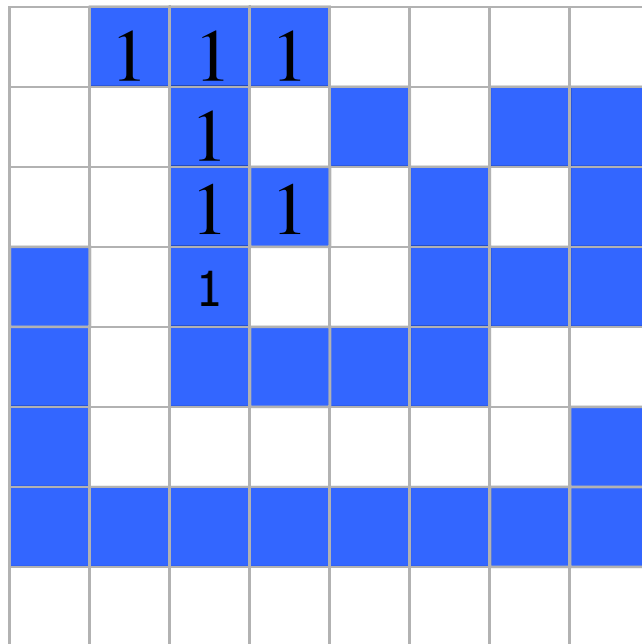


PixelAnlagern()

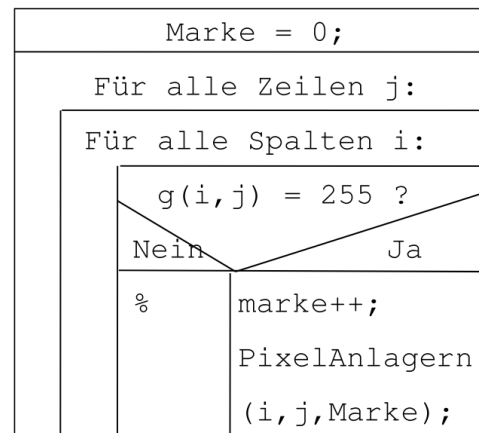


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

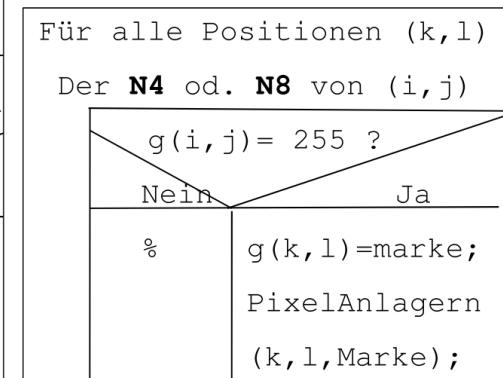
(Vordergrund **N4** ZHK)



Rekursives Fluten()



PixelAnlagern()

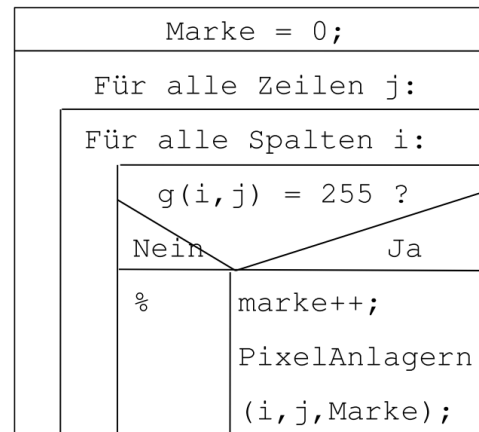


ZHK-Markierung: „Rekursives Fluten“

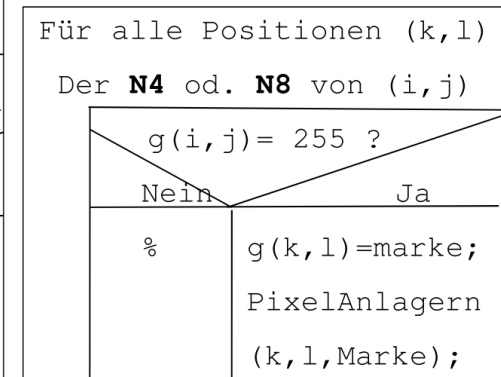
(Vordergrund N4 ZHK)

	1	1	1				
		1		2		1	1
		1	1		1		1
3		1			1	1	1
3		1	1	1	1		
3							3
3	3	3	3	3	3	3	3

Rekursives Fluten()



PixelAnlagern()

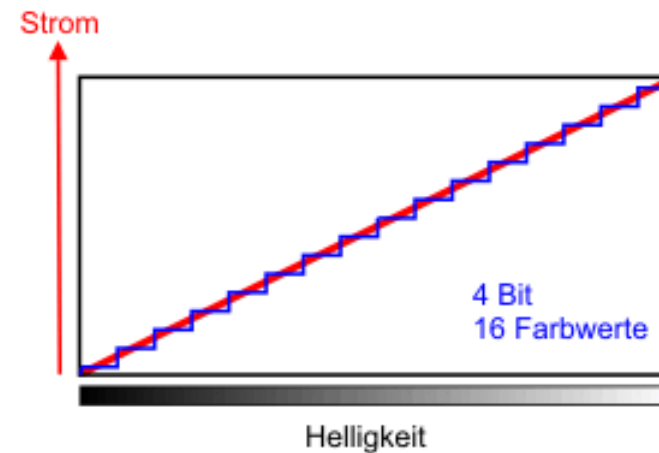
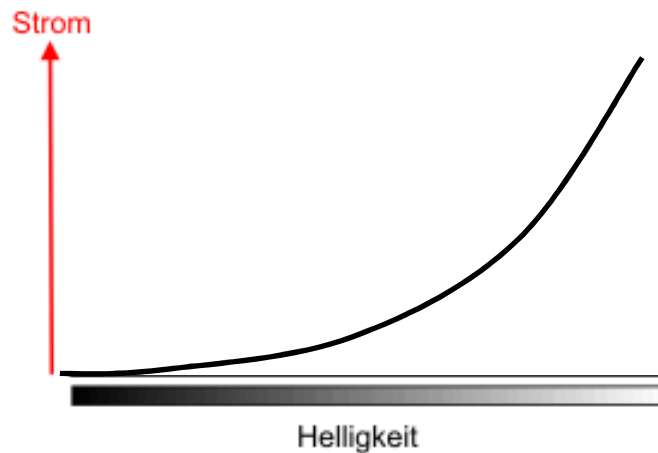


Übersicht

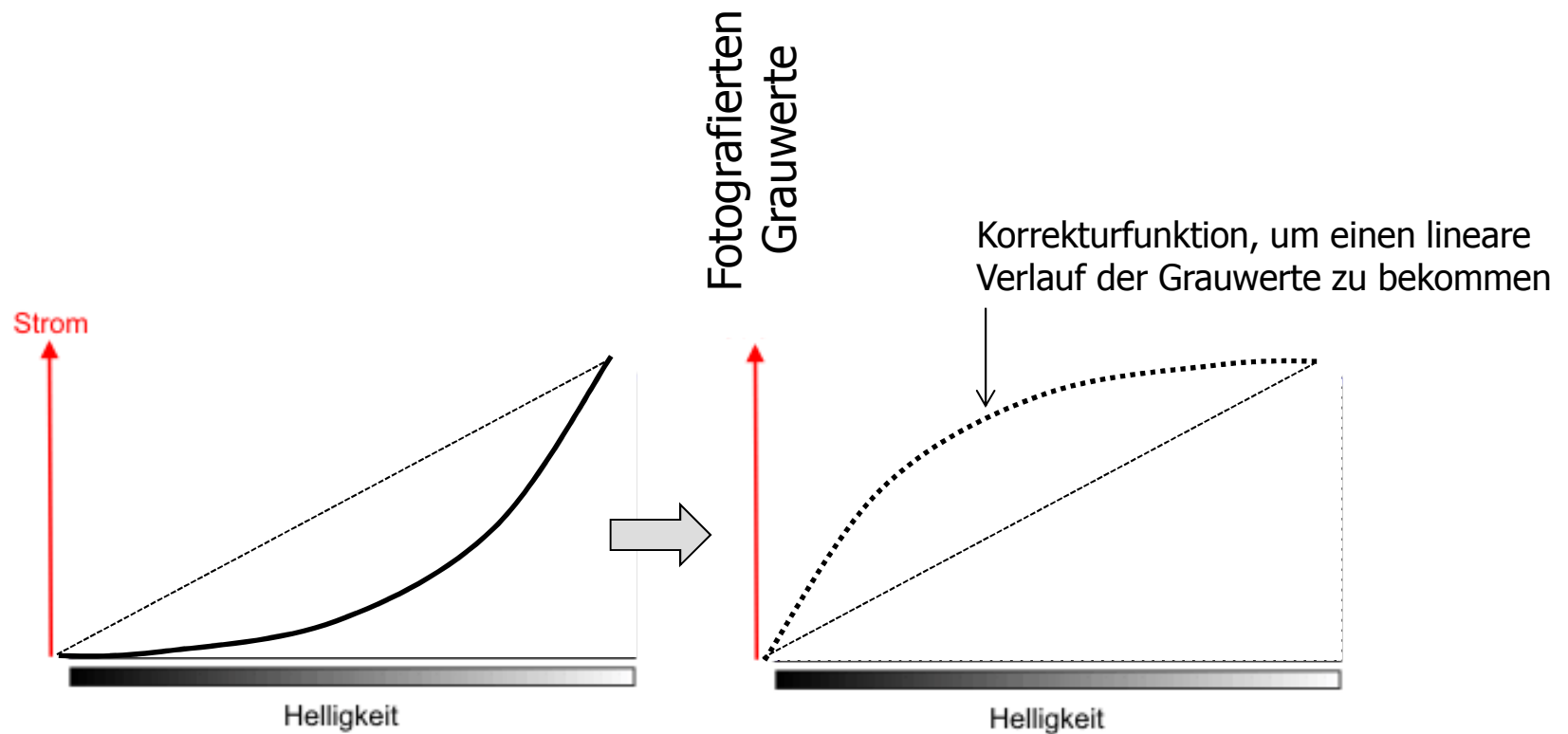
- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm
 - Entropie
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren:
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

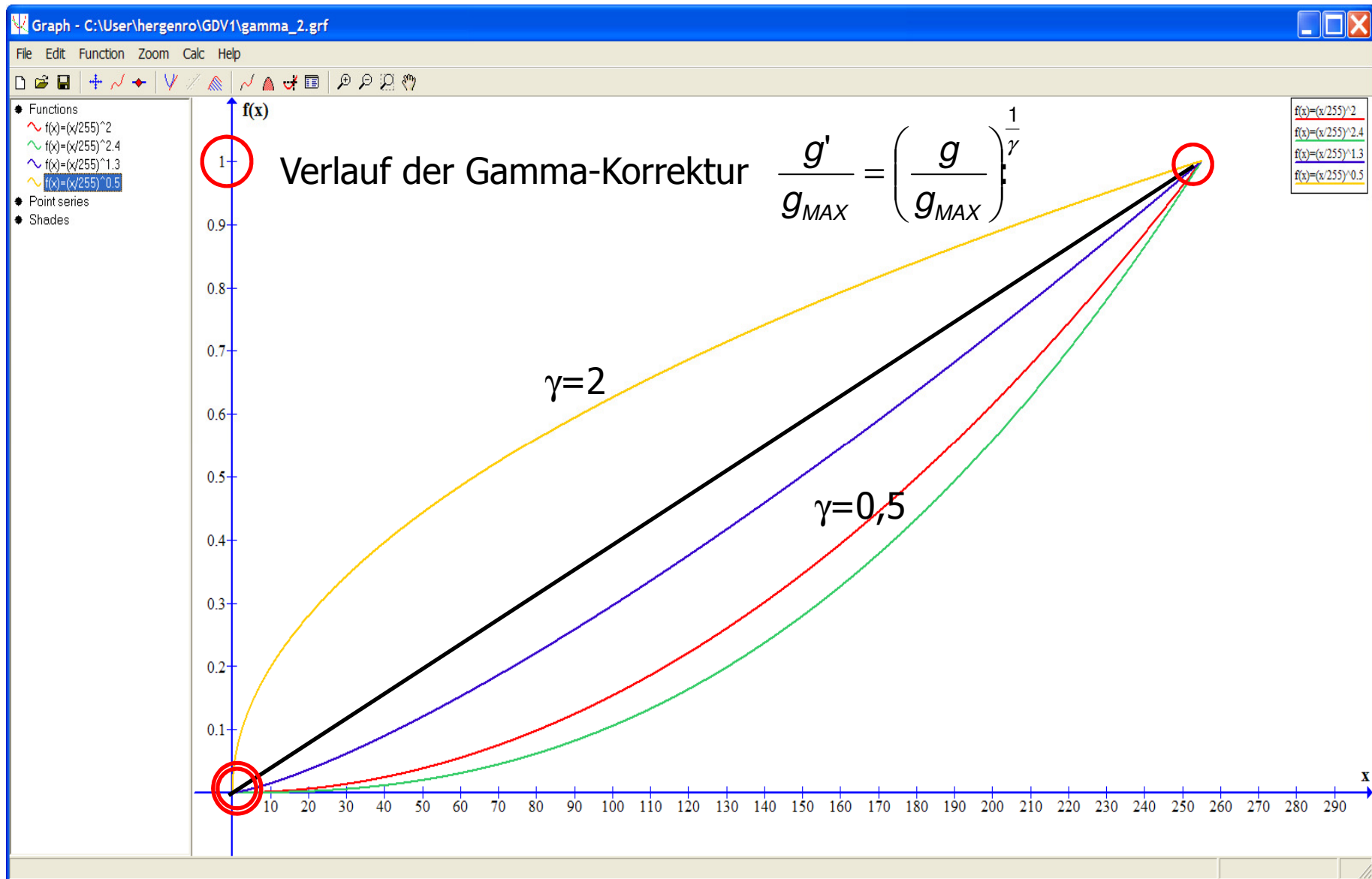
Motivation zur Gamma-Korrektur

- **Charge Coupled Device** = Ladungsgekoppelte Bildsensoren
- am weitesten verbreitet: Scanner, Digitalkamera
- Wandelt Lichtenergie in elektrischen Strom um:



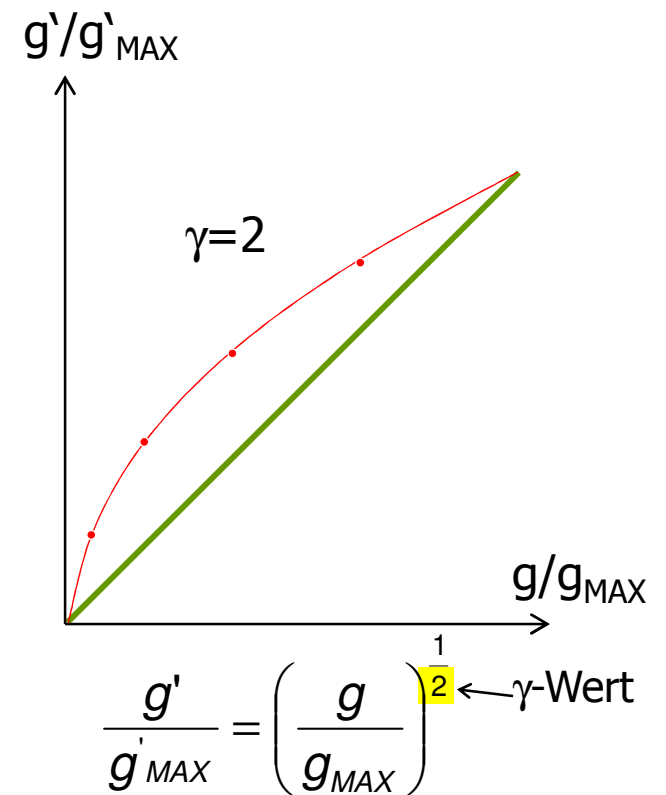
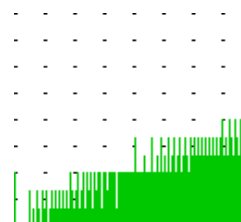
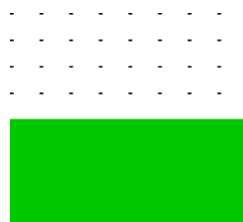
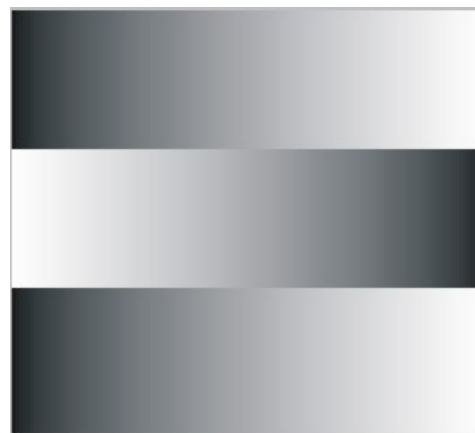
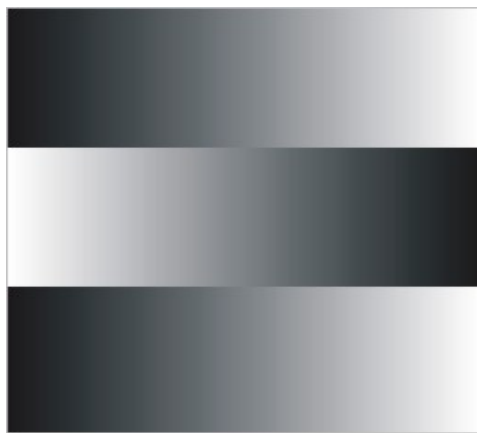
Durch die CCD-Sensoren findet eine nicht lineare Grauwerttransformation statt:





Gamma-Korrektur

Nicht lineares Aufhellen der Grauwerte

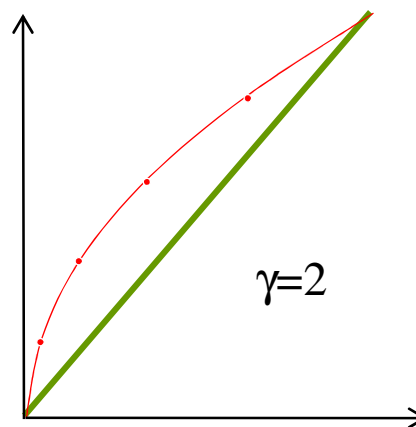


Gamma-Korrektur



Welche Bereiche werden aufgehellt und welche abgedunkelt?

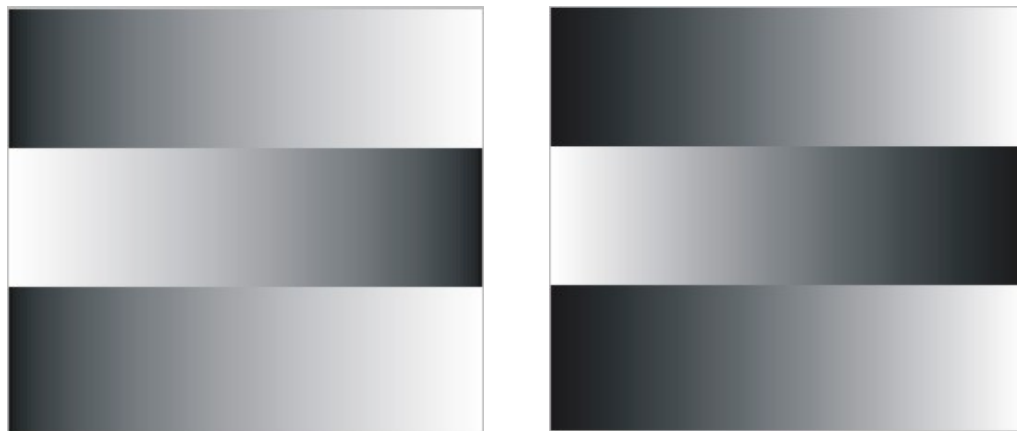
Wie ändert sich der Kontrast?



$$\frac{g'}{g_{MAX}} = \left(\frac{g}{g_{MAX}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

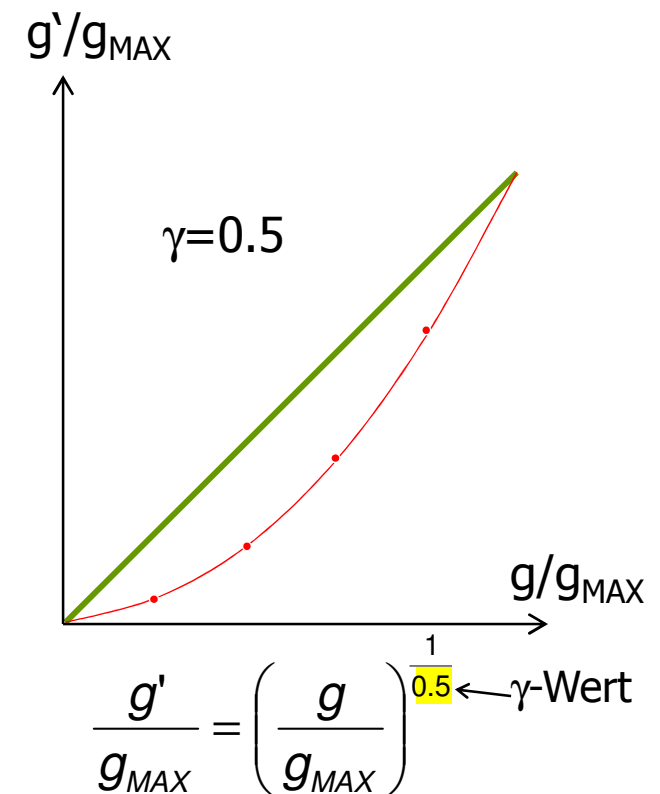
Gamma-Korrektur

Nicht lineares Abdunkeln der Grauwerte



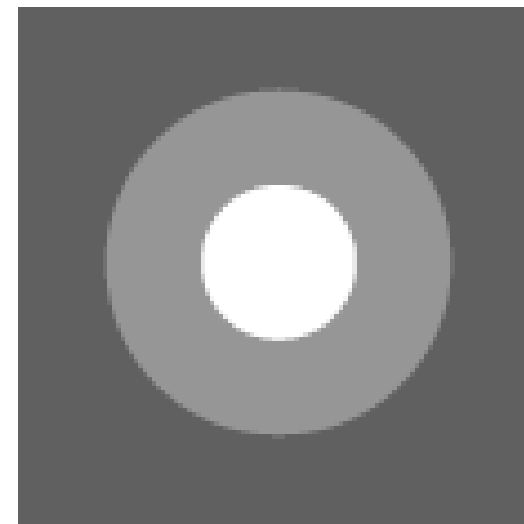
Welche Bereiche werden aufgehellt
und welche abgedunkelt?

Wie ändert sich der Kontrast?

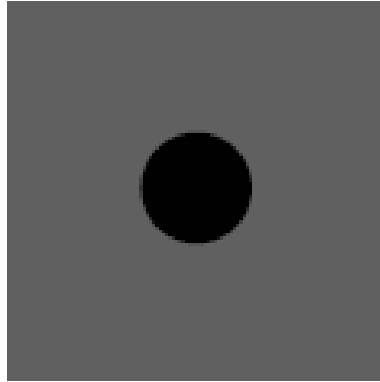


Teil c: Rechts ist ein Bild B gezeigt, das nur die Grauwerte $g \in \{85, 170, 255\}$ besitzt. Geben Sie neben jedem unten gezeigten Bild B' an, ob es mit Hilfe einer linearen Grauwert-Transformation aus B erzeugt werden kann. Stellen Sie hierzu die Grauwert-Transformation im g - g' -Diagramm dar. Wenn eine lineare Grauwert-Transformation existiert, so geben Sie die Werte mult und add an. Zulässige Werte: $\text{mult} \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ und $\text{add} \in \{-255, -170, -85, 0, 85, 170, 255\}$.

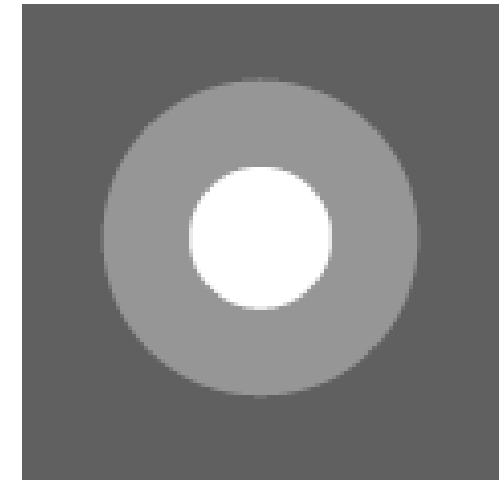
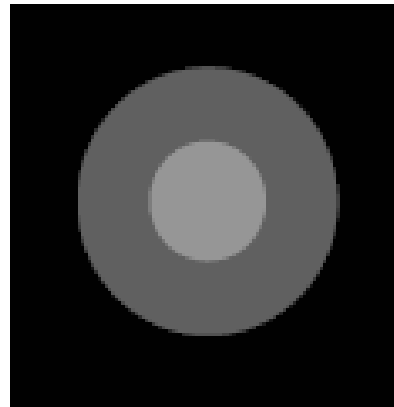
B' mit $g'=0$: →



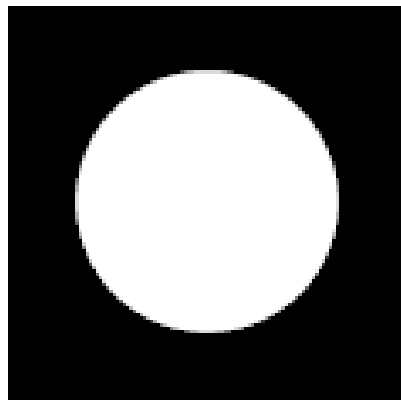
B' mit $g' \in \{0, 85\}$: \rightarrow



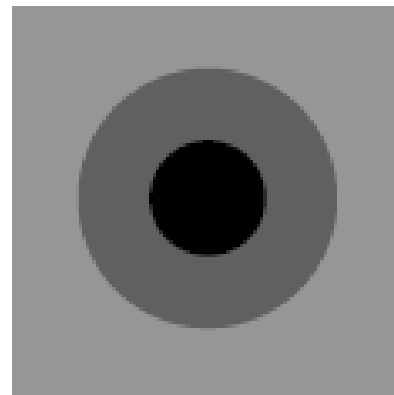
B' mit $g' \in \{0, 85, 170\}$: \rightarrow



B' mit $g' \in \{0, 255\}$: \rightarrow



B' mit $g' \in \{0, 85, 170\}$: \rightarrow



B' mit $g' = 255$: \rightarrow

