

Graphische Datenverarbeitung

Bildbearbeitung für Rasterbilder 1

Prof. Dr. Elke Hergenröther

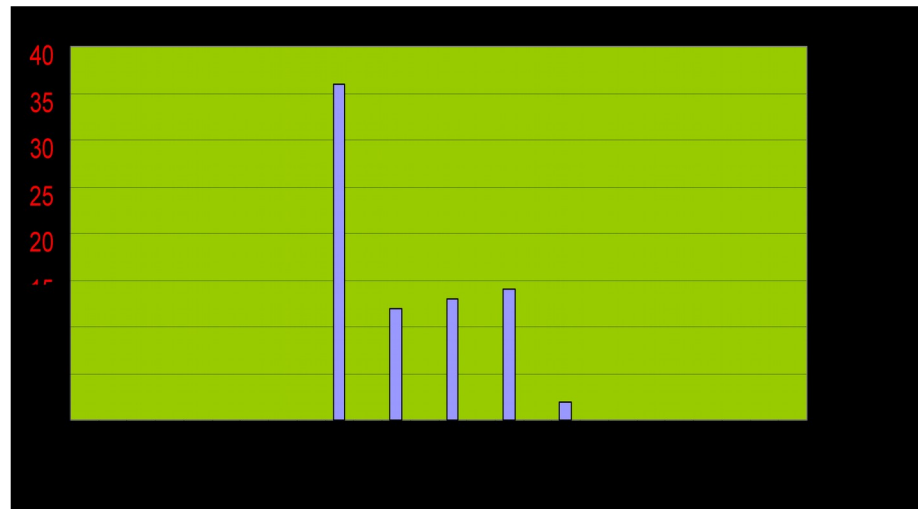
Übersicht

- | 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

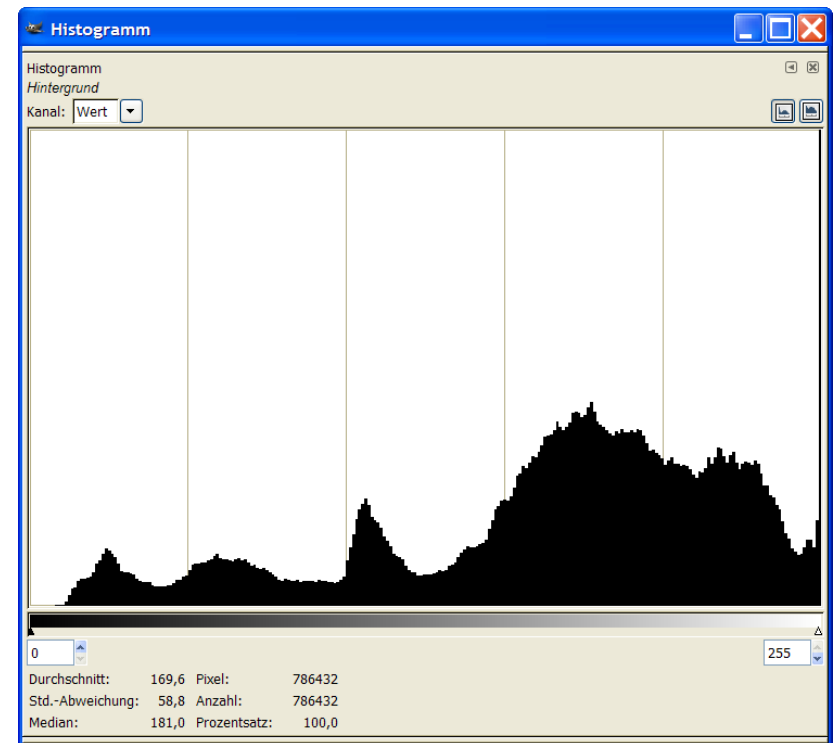


Grauwerte

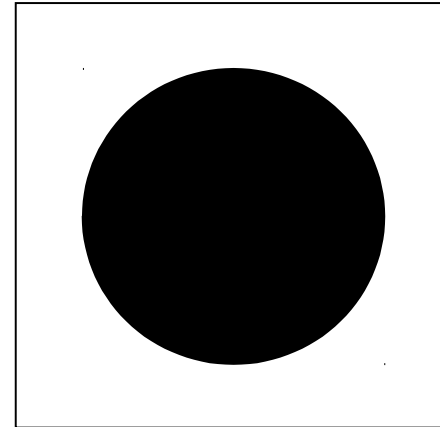
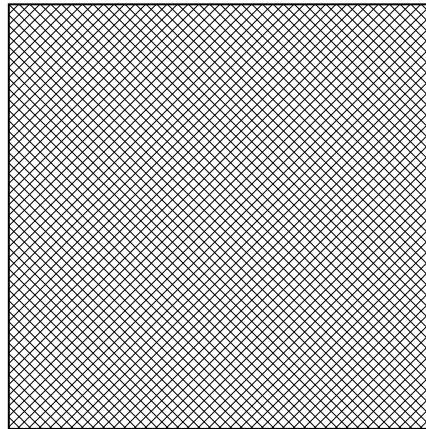
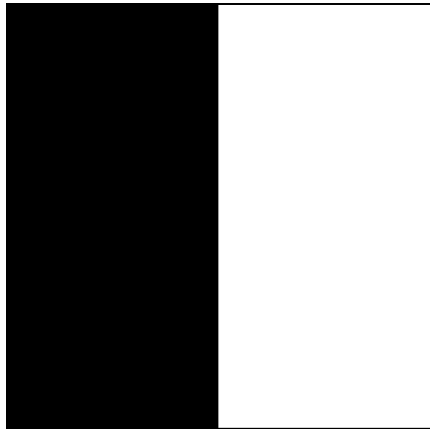
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6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

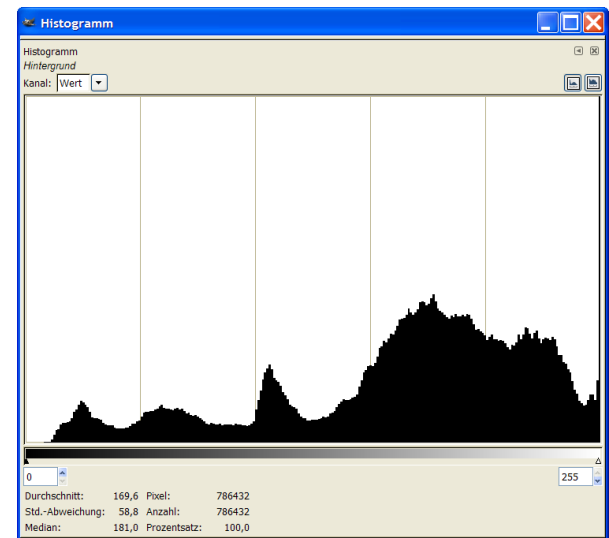
- | ein Ende der Grauwertskala bleibt ungenutzt
- | Während beim anderen Ende Häufungen eintreten

Kontrast

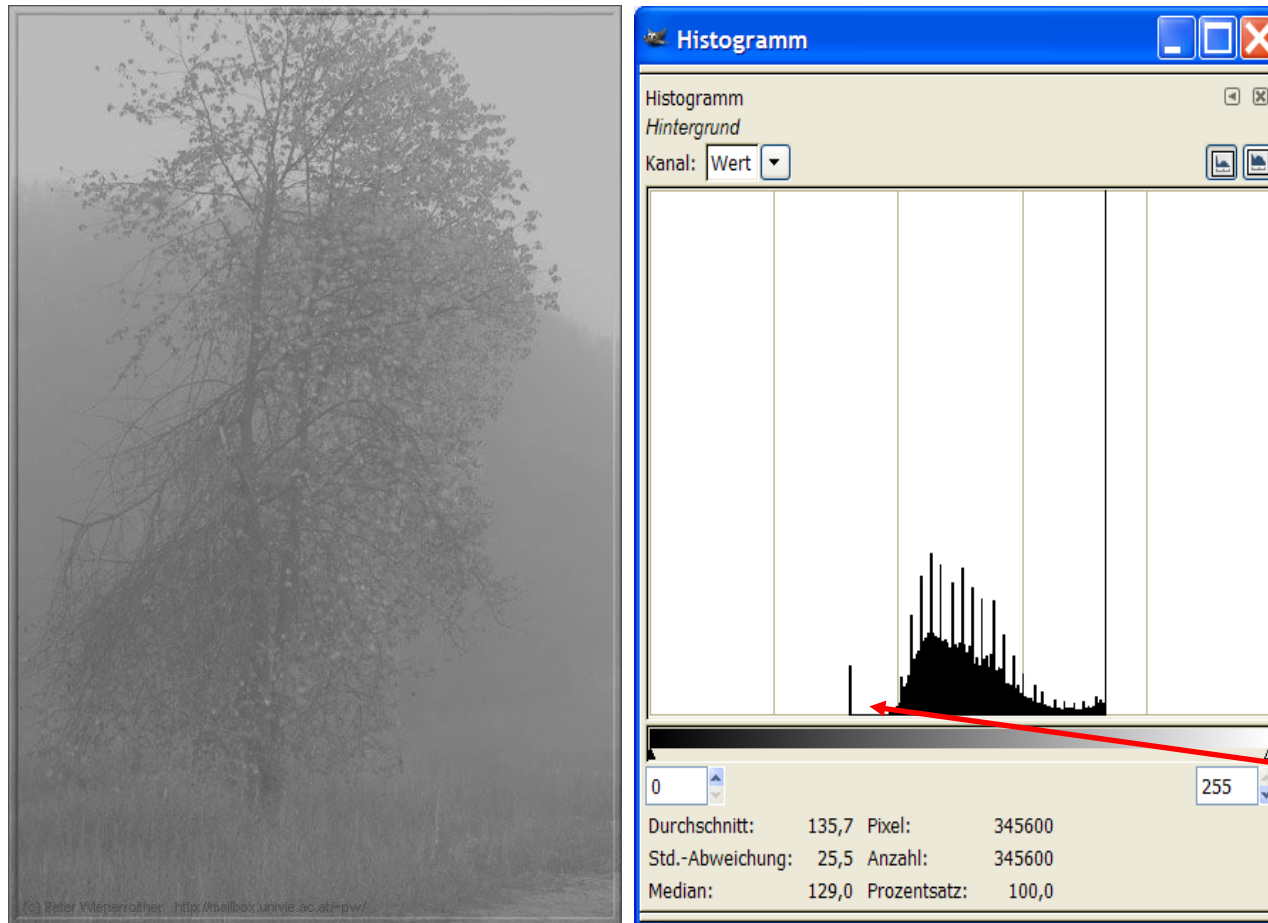
- | Als Kontrast bezeichnet man die Differenz zwischen minimal und maximal genutzten Grauwert. Ein voller Kontrast nützt den gesamten Grauwertbereich.

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 einge-
schränkten Kontrast-
bereich erreicht

Woher kommen die Spitzen im Histogramm?

Im Histogramm sichtbar:
Auswirkungen von Kompression



GDV ist
super!



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

Punktoperationen

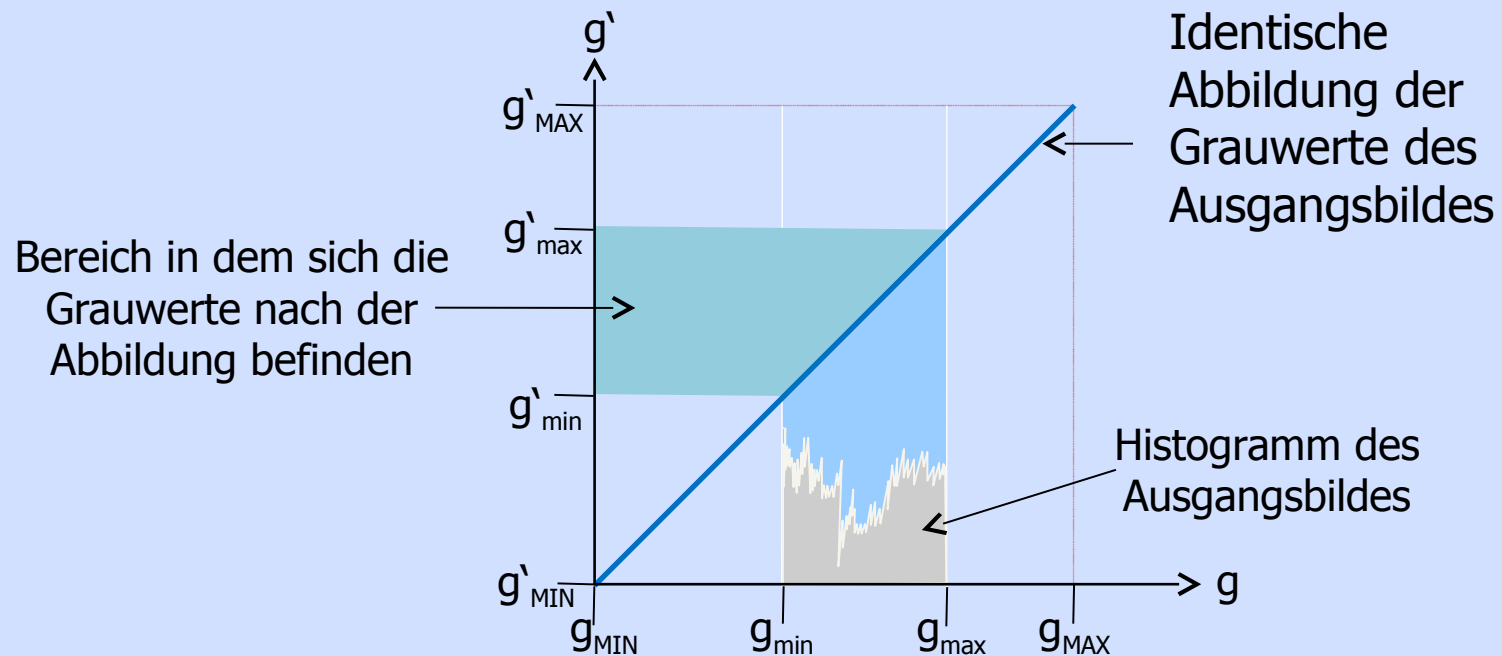
Punktoperation:

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

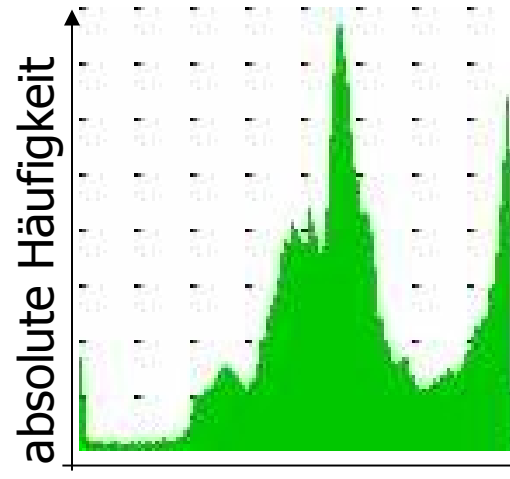
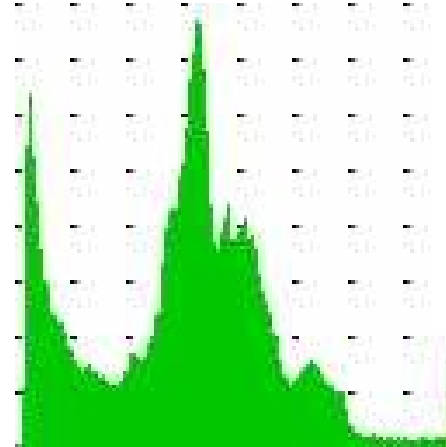
Einige mögliche Punktoperationen:

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

gg'-Diagramm



Invertieren eines Bildes



Pixeloperation:

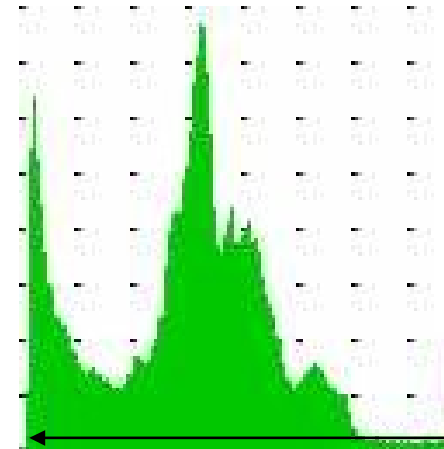
$$g'(i,j) = g_{\text{MAX}} - g(i,j)$$

daraus folgt:

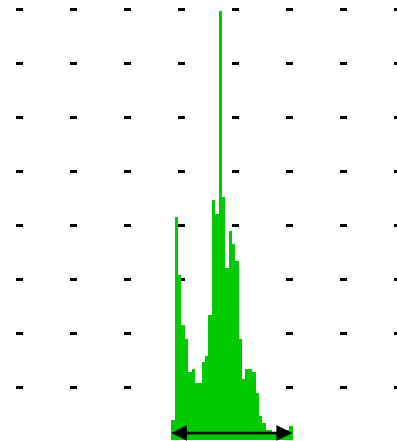
$$h(g'_i) = h(g_{\text{MAX}-i})$$

→ Grauwerte

Kontrast



Δg



Δg

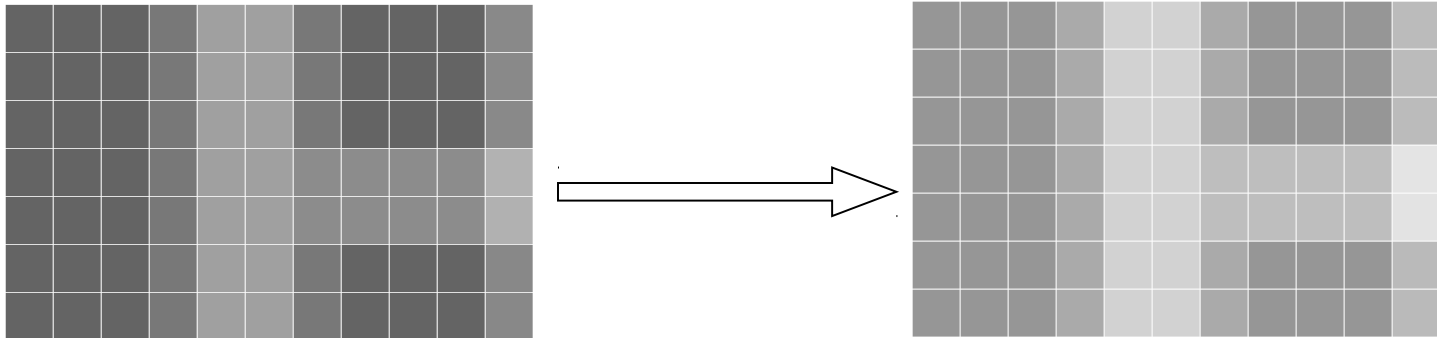
kontrastreich

kontrastarm

Grauwertbilder

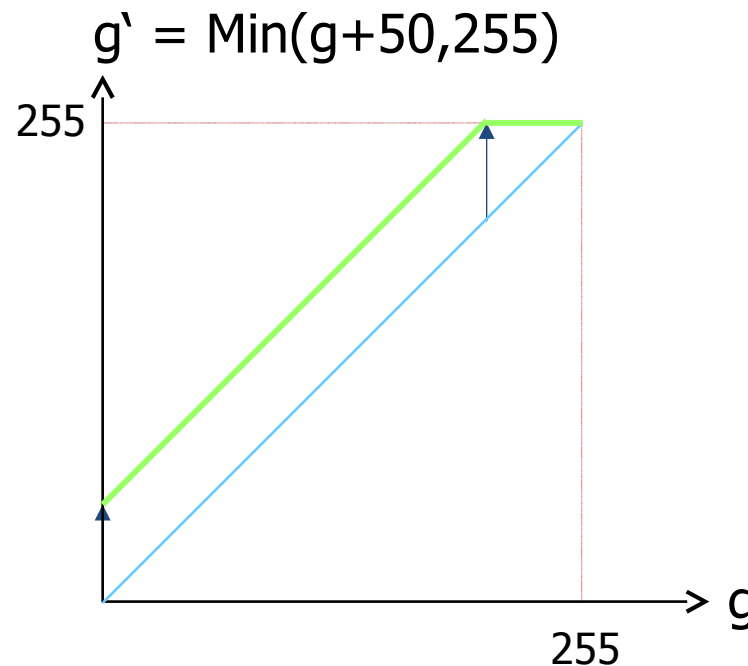
Histogramme

Punktoperation: Addition

**Pixeloperation:**

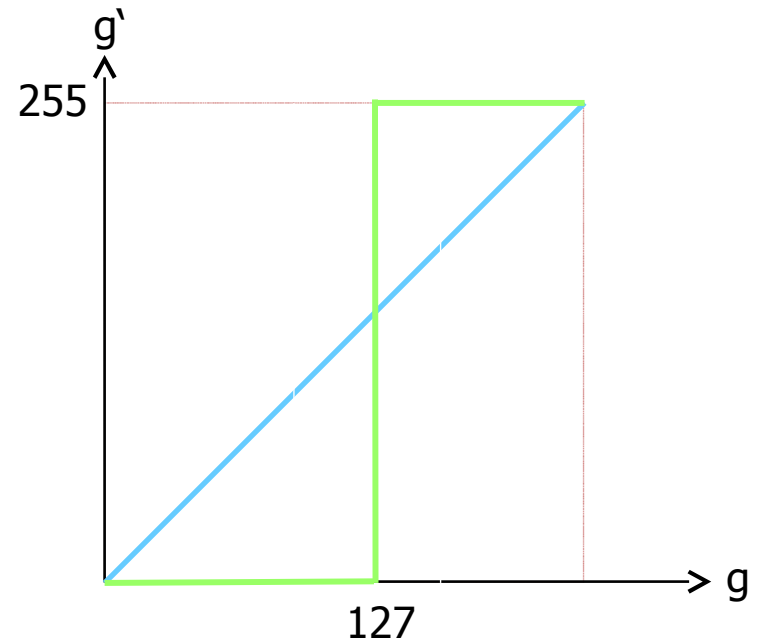
$g(i,j) \leq 205$ dann $g'(i,j) = g(i,j) + 50$
 $g(i,j) > 205$ dann $g'(i,j) = 255$

Punktoperation: Addition

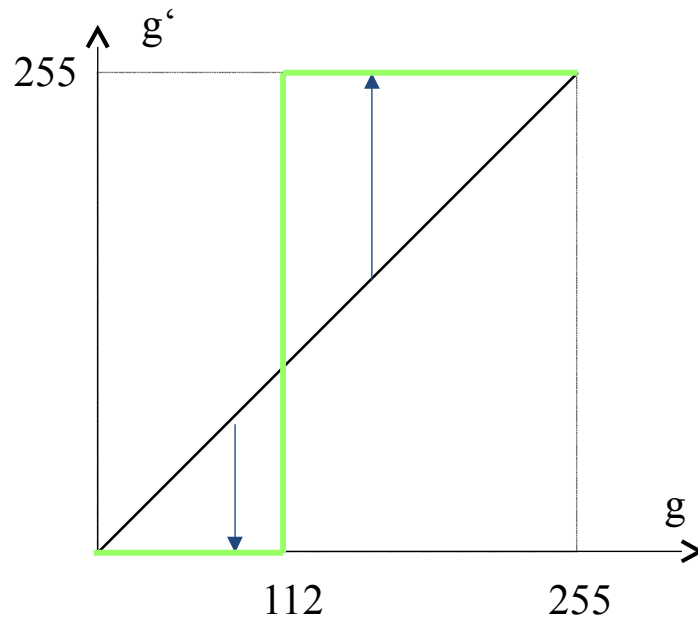


Wie wirkt sich die Addition im Histogramm aus, wenn die relative Häufigkeit der Grauwerte vorher für alle Grauwerte gleich war?

Punktoperation: Binarisierung



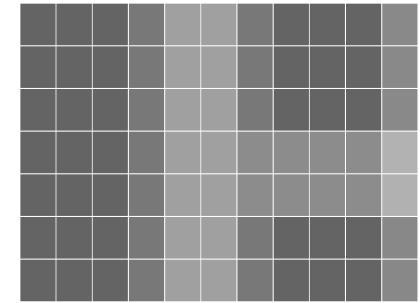
Punktoperation: Binarisierung



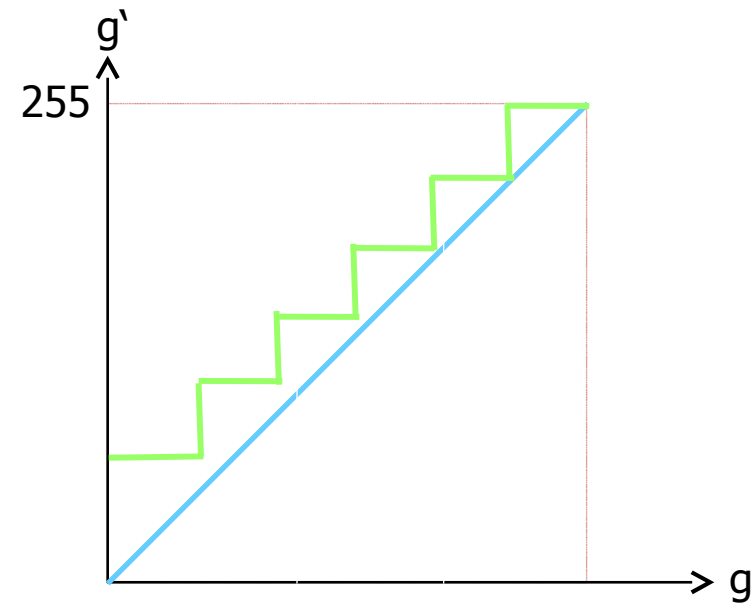
Schwellwert $gs=112$

$gs=112$

$gs=130$



Punktoperation: Äquidensitenbild (Poster)



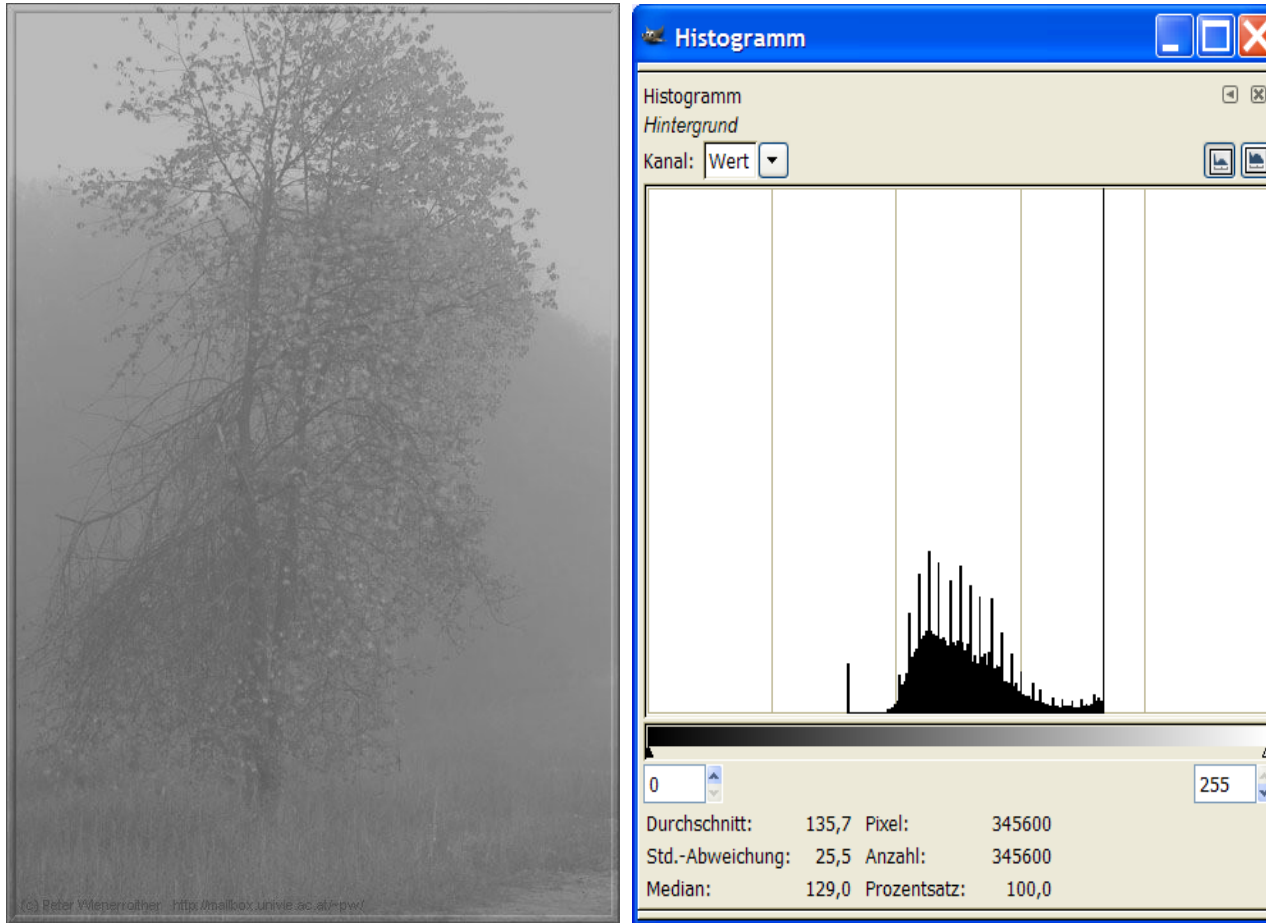
mit 6 gleichmäßig
verteilten Stufen

Punktoperation: Äquidensitenbild (Poster)

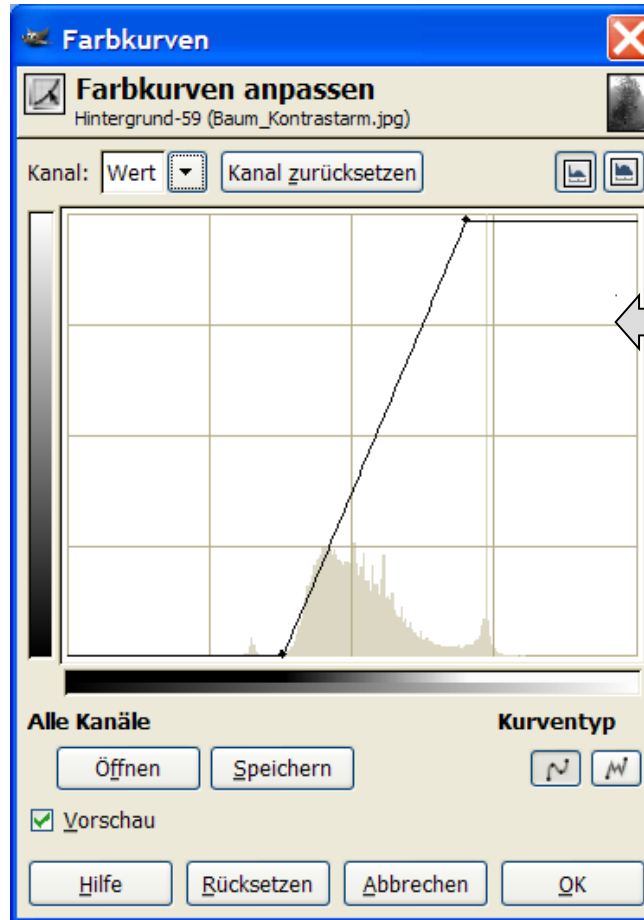
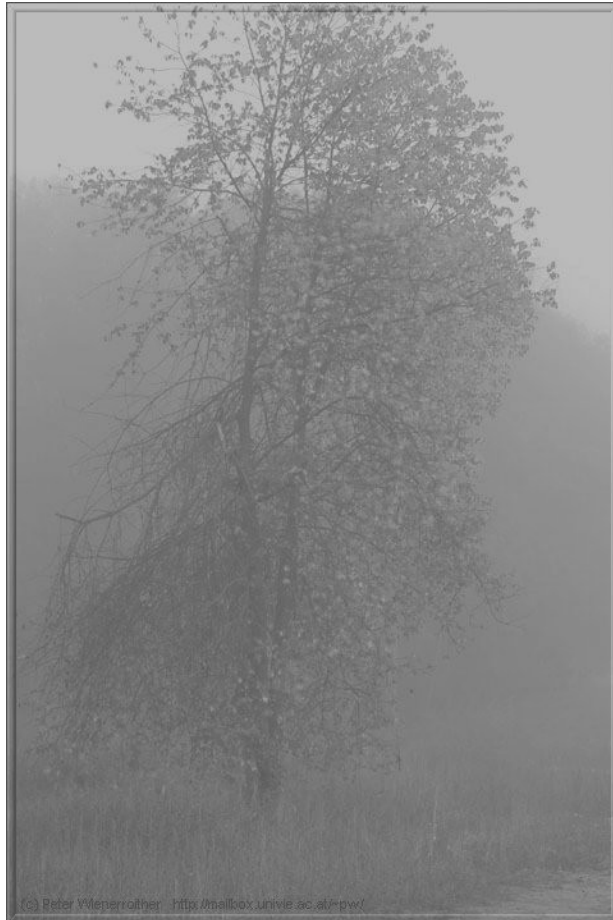


mit 14 gleichmäßig
verteilten Stufen

Wie kann man den Kontrast erhöhen?

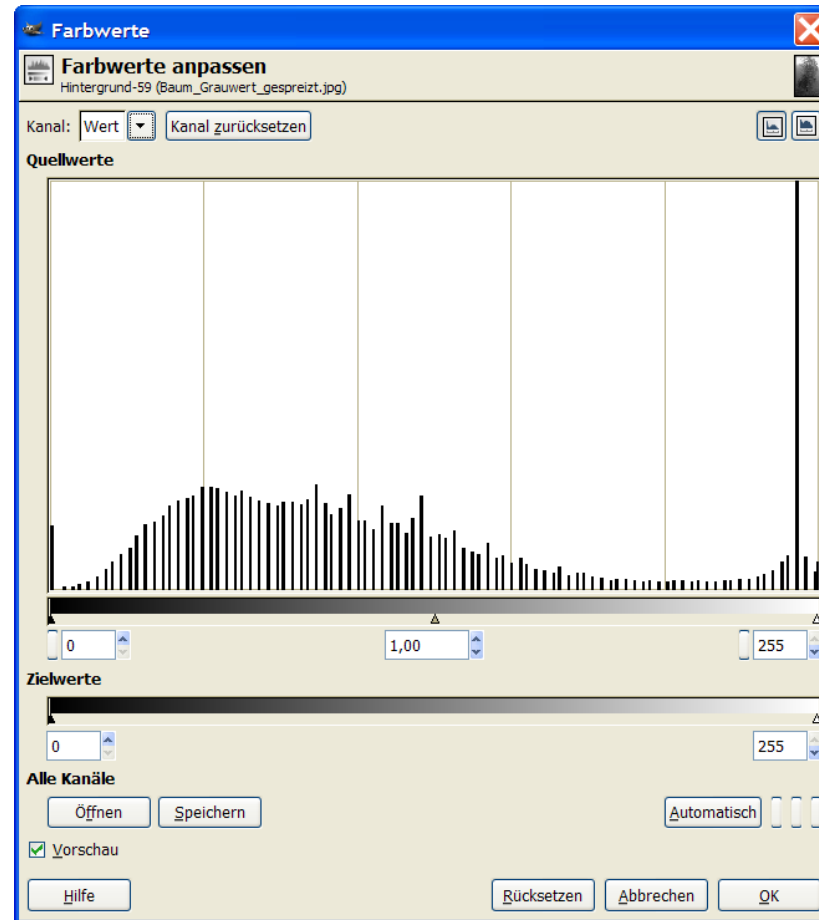


Kontrasterhöhung:



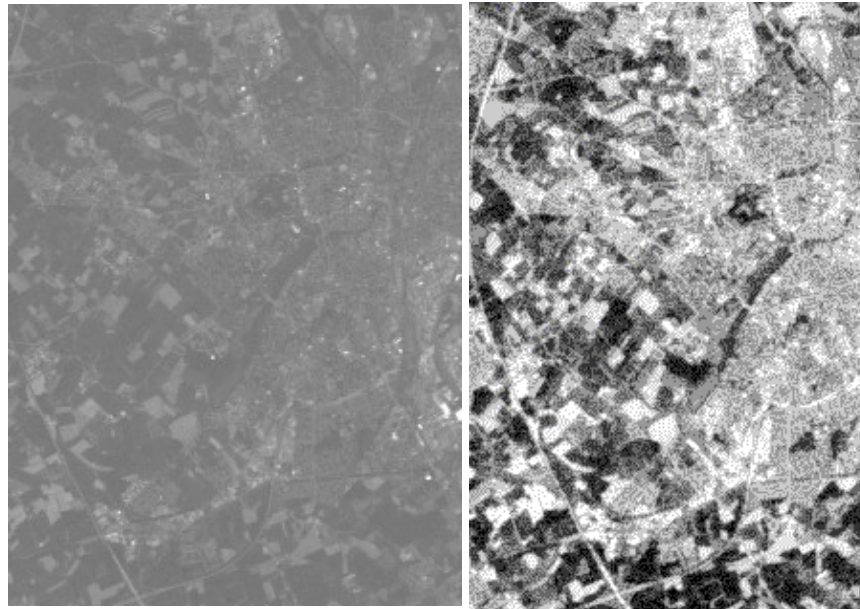
Das nennt man
lineare Grauwert-
transformation!

Nach der Kontrasterhöhung:

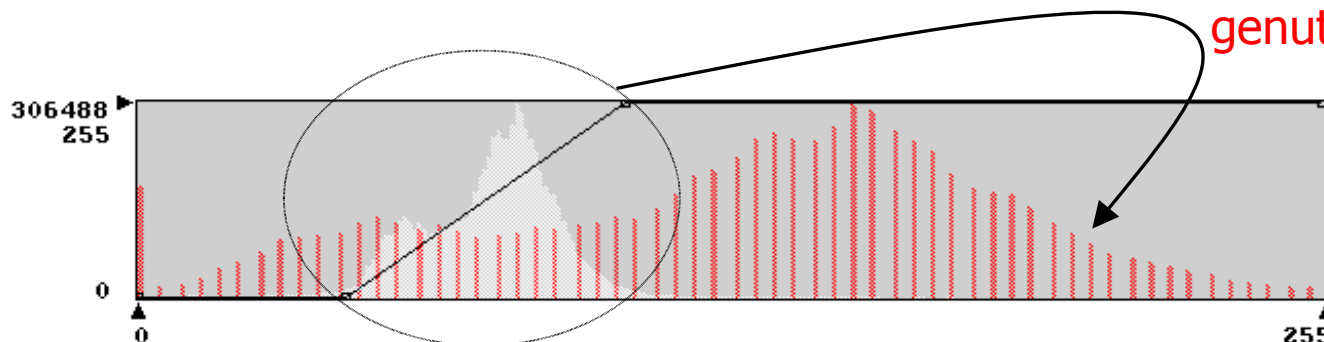


Punktoperation: Lineare Grauwerttransformation

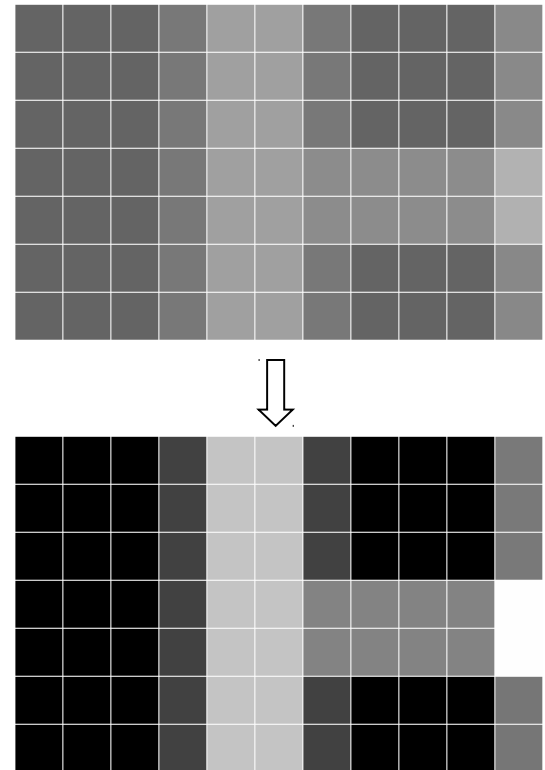
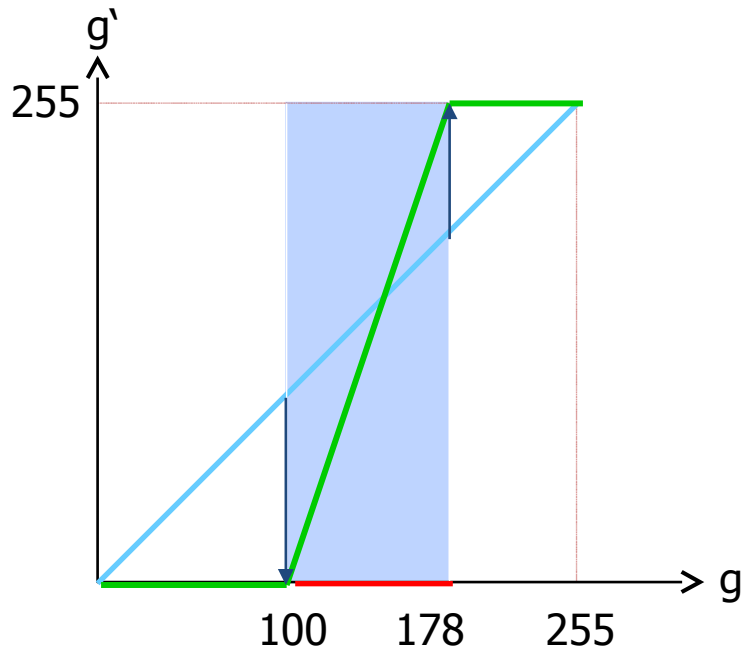
http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/kapitel3/main3-2.html



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



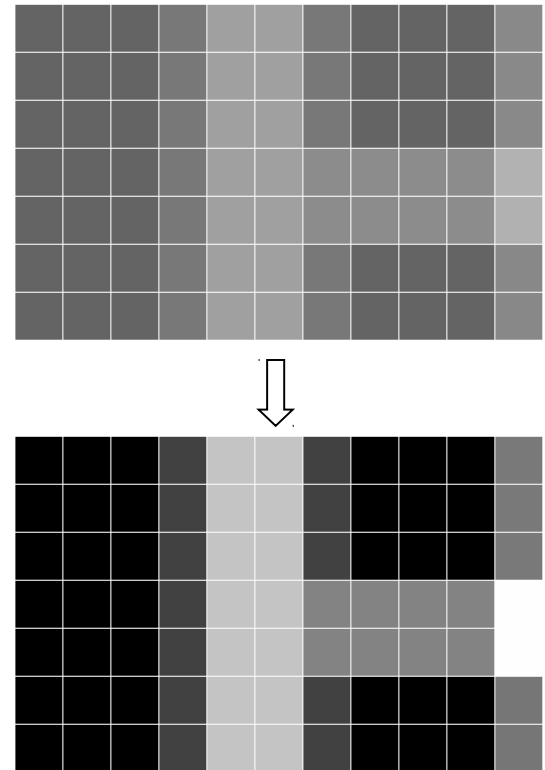
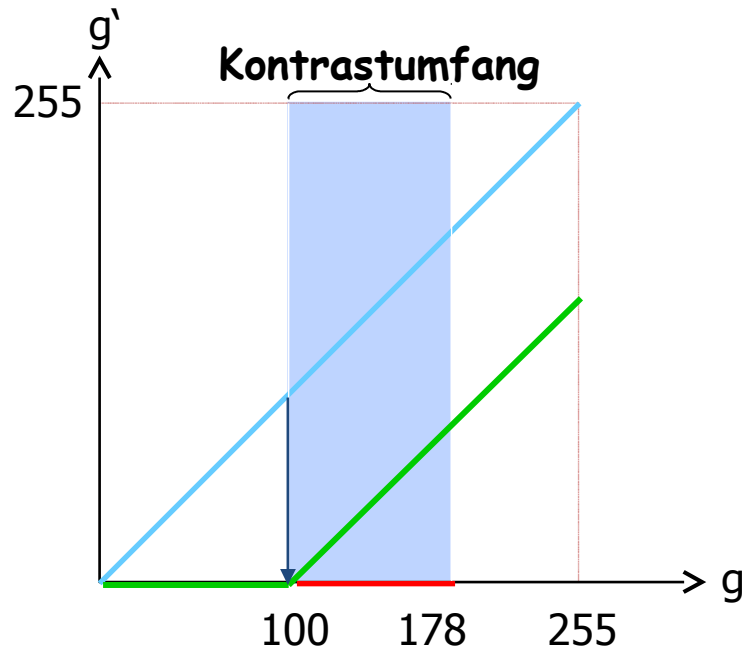
Nutzen des optimalen Grauwertbereichs



Wie berechnet man das?

Nutzen des optimalen Grauwertbereichs

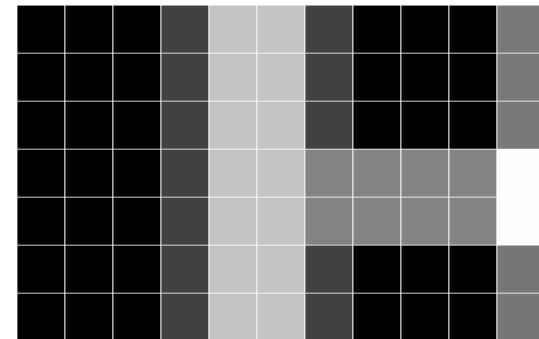
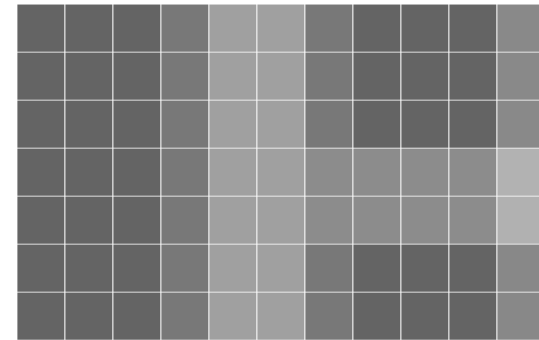
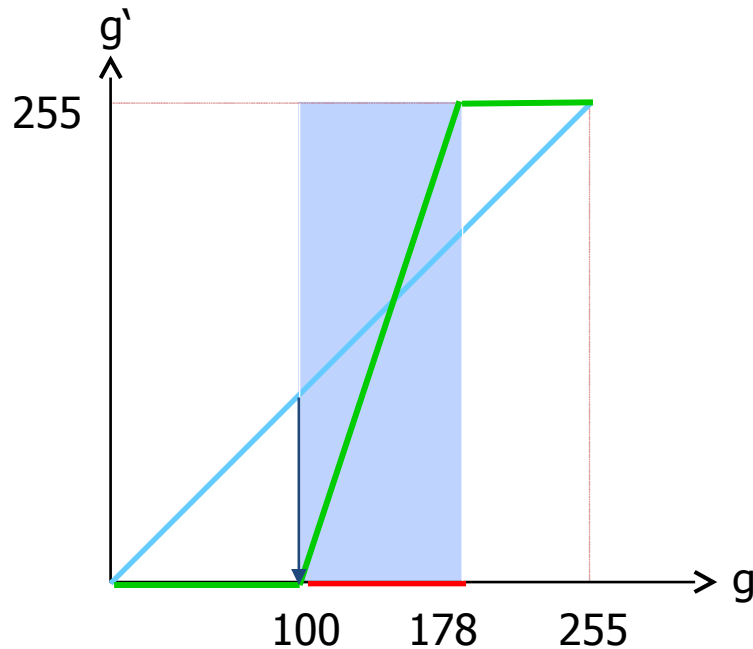
1. Teilschritt



$g' = \max(g - 100, 0)$ 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

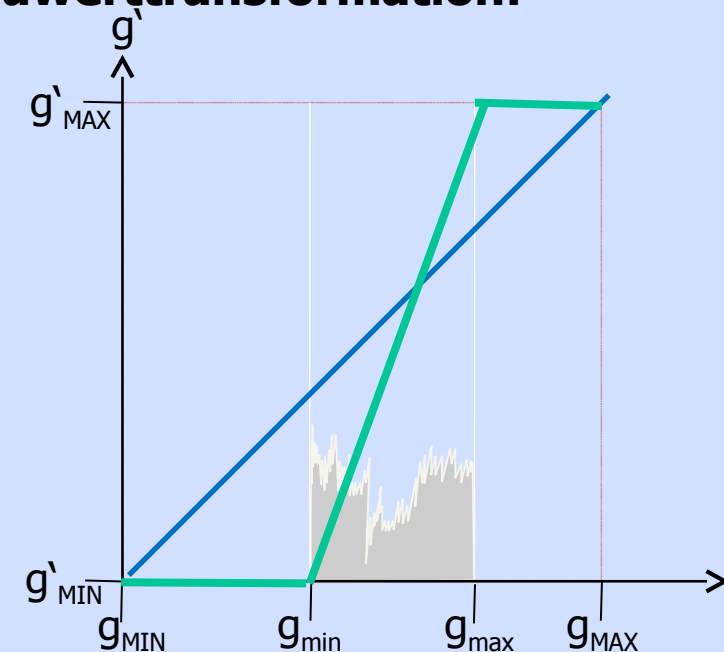
$$g'(i, j) = [g(i, j) - g_{\min}] \cdot \frac{g'_{\max} - g'_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} \quad \text{mit } g'(i, j) = \begin{cases} g'_{\min} & \text{falls } g'(i, j) < g'_{\min} \text{ wäre} \\ g'_{\max} & \text{falls } g'(i, j) > g'_{\max} \text{ wäre} \end{cases}$$

Umrechnung zur „eigentlichen“ linearen Grauwerttransformation:

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

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

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



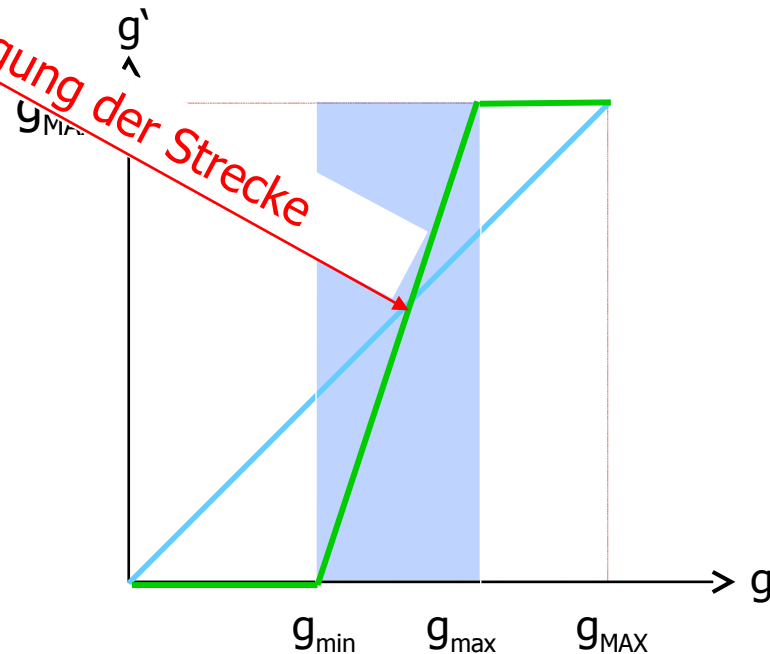
Lineare Grauwerttransformation

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

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

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

Steigung der Strecke

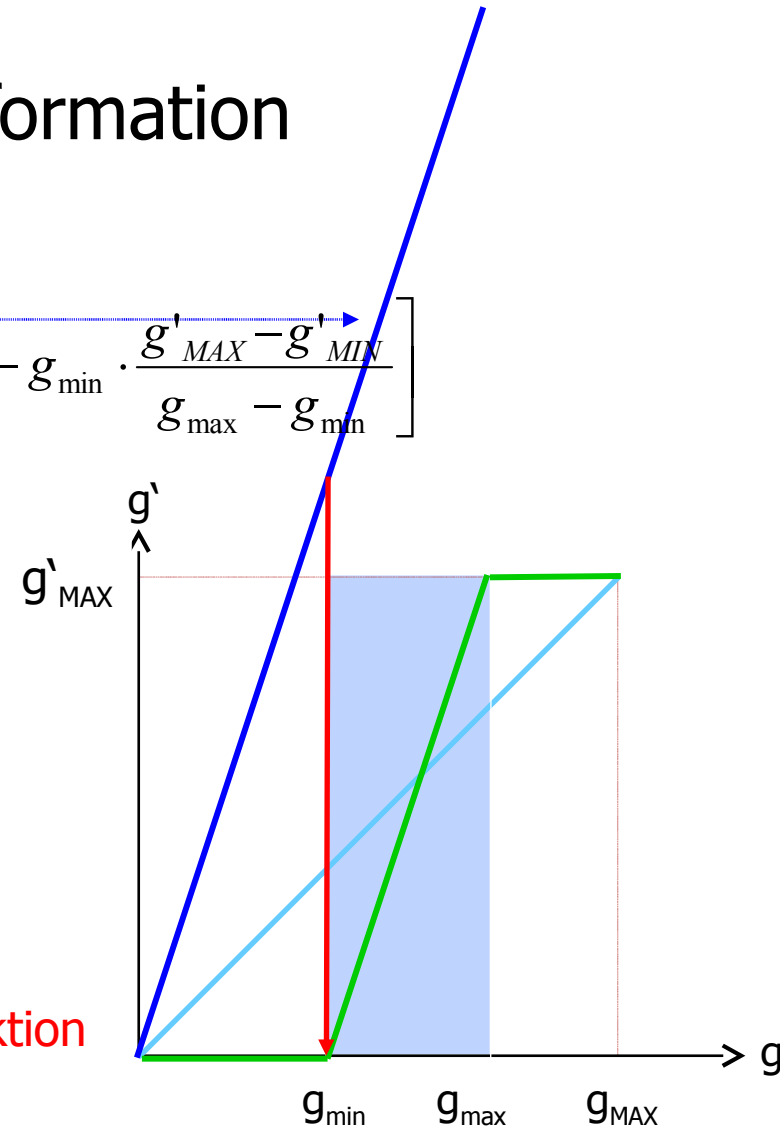


Lineare Grauwerttransformation

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

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

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



Abstand zwischen g'_m -Kurve und Zielfunktion

Lineare Grauwerttransformation

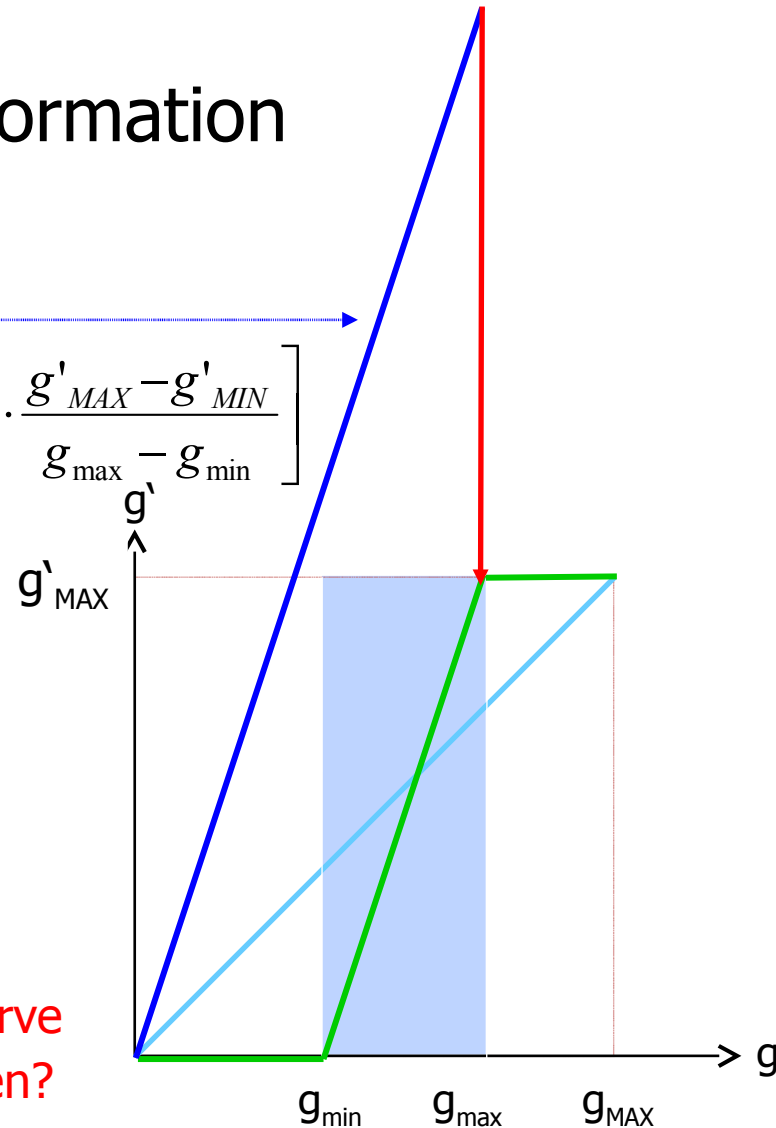
$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} + \left[-g_{min} \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \right]$$

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

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

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

$$-g_{min} * mult$$

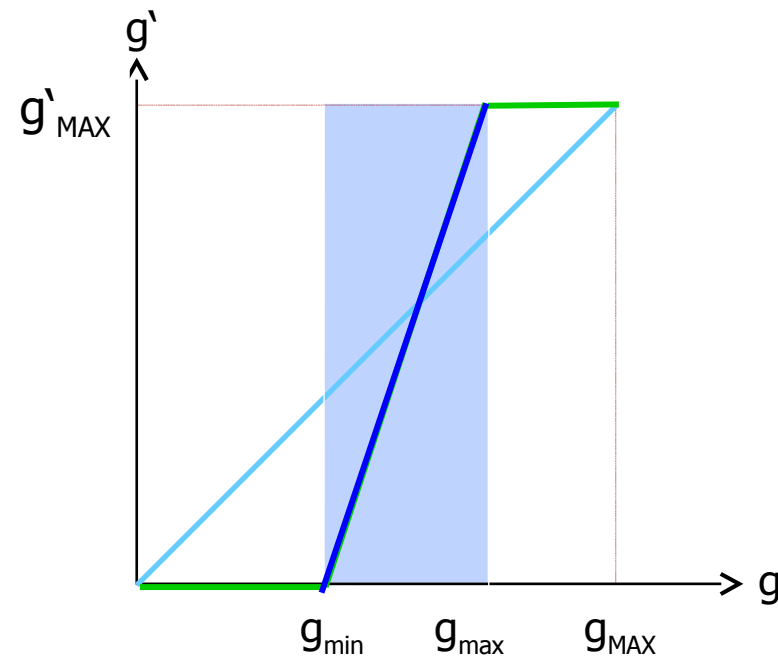


Lineare Grauwerttransformation

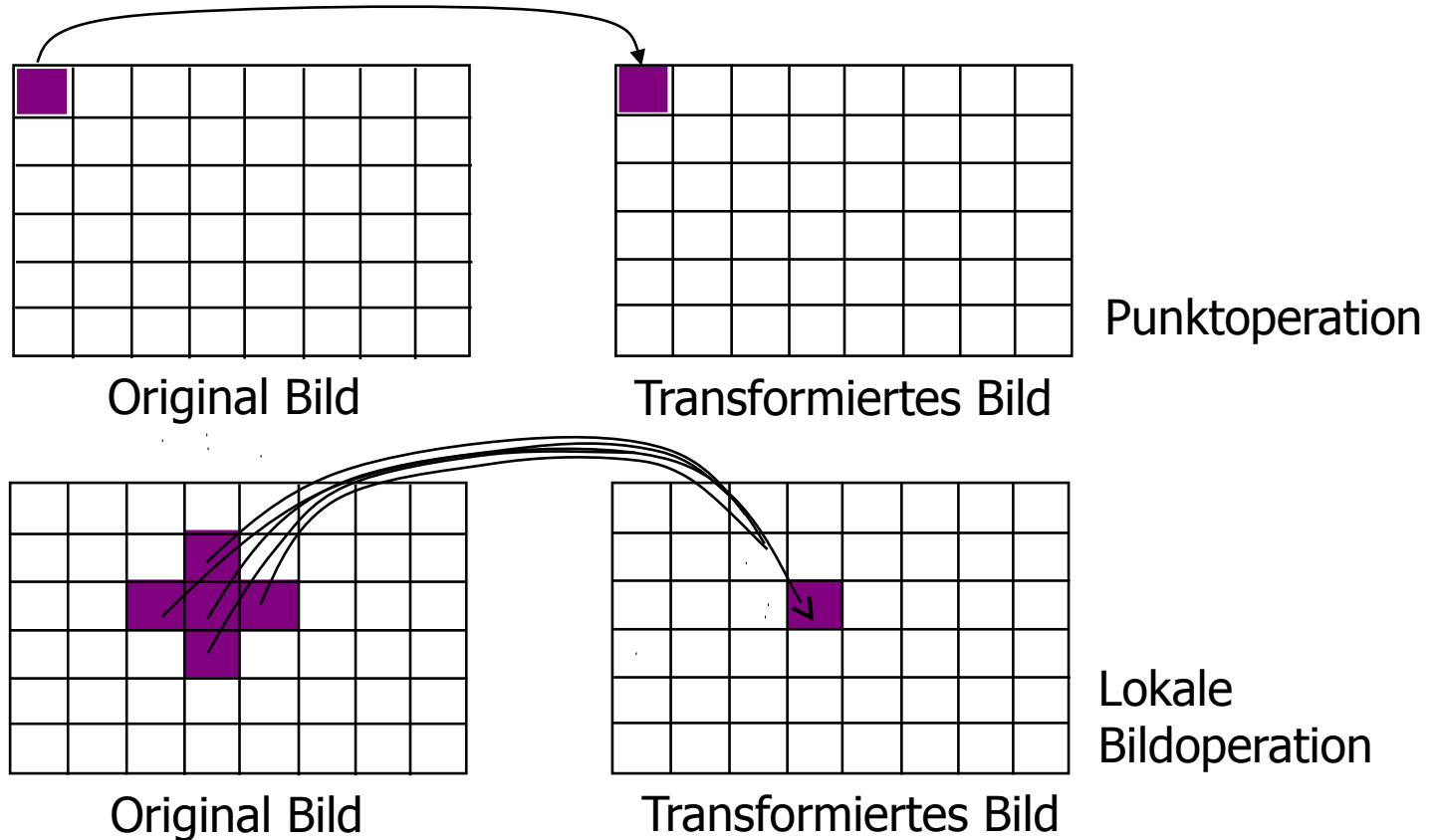
$$g'(i, j) = g(i, j) \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} + \left[-g_{min} \cdot \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \right]$$

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

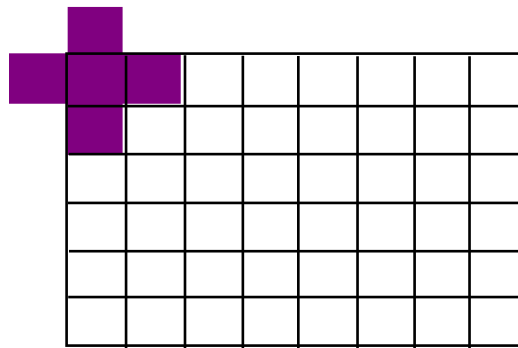
$$\text{mit} \begin{cases} mult = \frac{g'_{MAX} - g'_{MIN}}{g_{max} - g_{min}} \\ add = -g_{min} \cdot mult \end{cases}$$



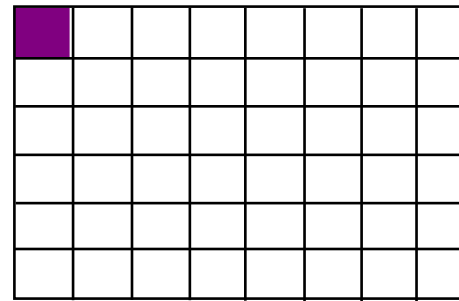
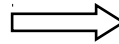
Punktoperation und lokale Bildoperation



N4- und N8-Nachbarschaften



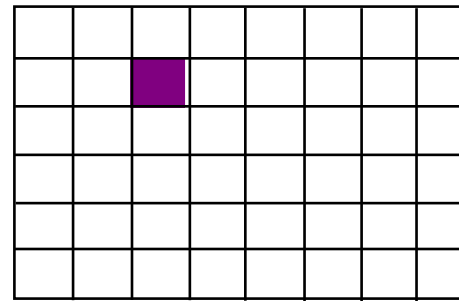
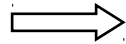
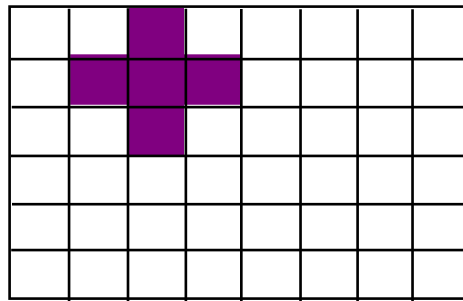
Original Bild



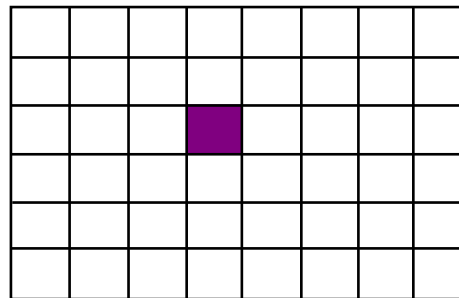
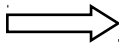
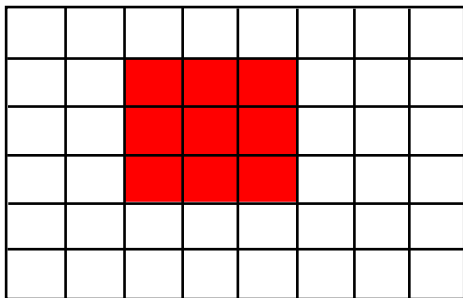
Transformiertes Bild

4er-Nachbarschaft

N4- und N8-Nachbarschaften



4er-Nachbarschaft

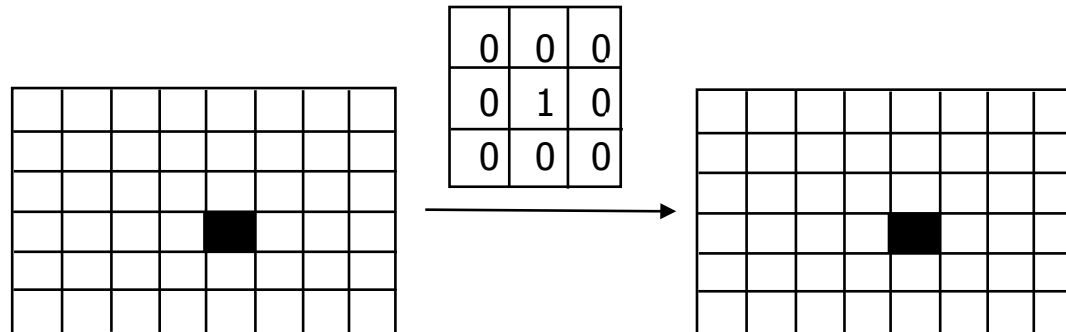


8er-Nachbarschaft

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

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

Tafelbeispiel:

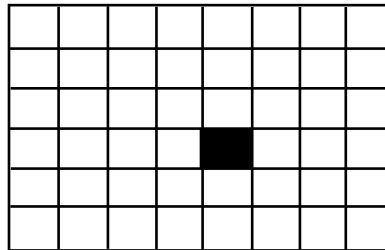


Bild ist 8*6 Pixel groß

1	1	1
1	1	1
1	1	1

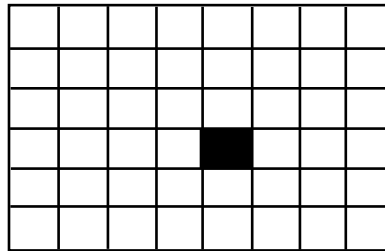


?

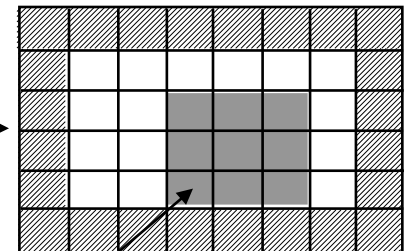
Faltung: Glättung der Bildfunktion

$$F_M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Tafelbeispiel:



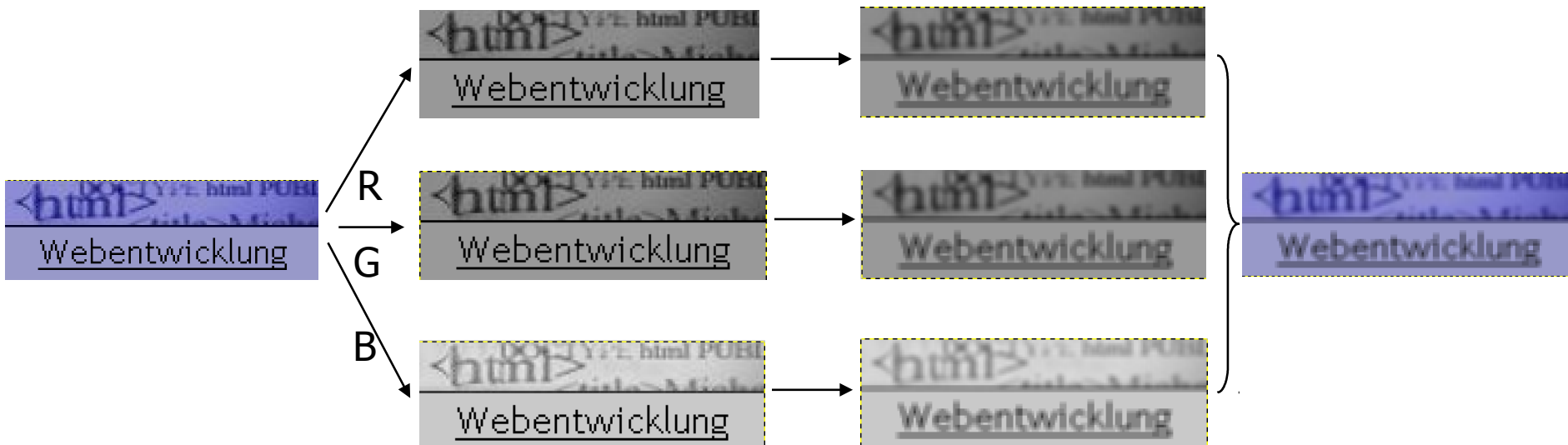
1	1	1
1	1	1
1	1	1



$$g'(i,j) = 255 \cdot 8/9 = 227$$

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

$$F_M =$$

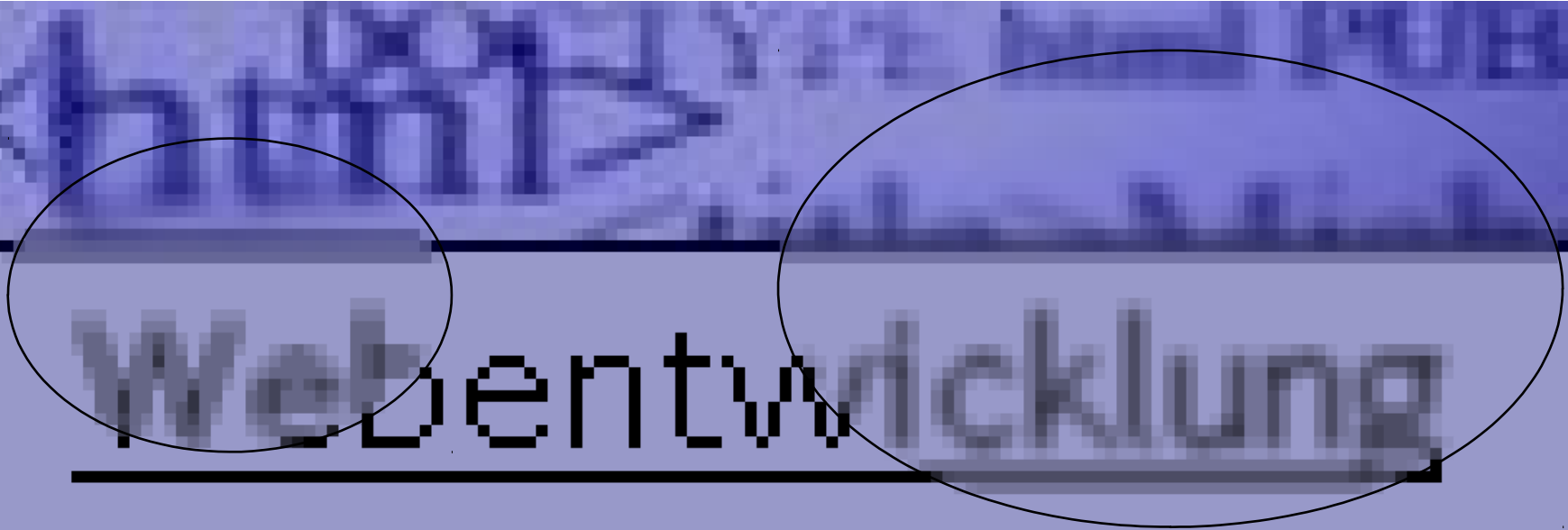
1	1	1
1	1	1
1	1	1

Mittelwert-Filter

$$F_G =$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

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?

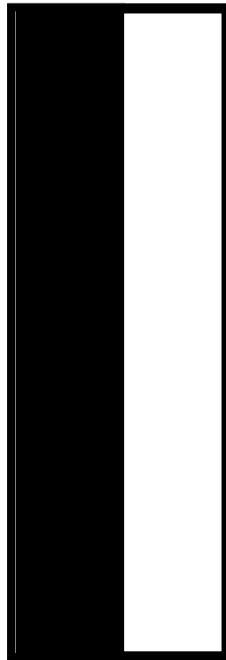
Kanten müssen betont werden!

Vorgehen:

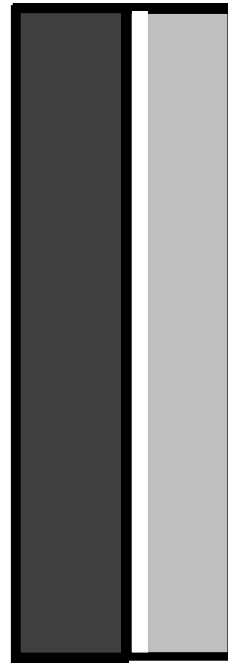
- | Kanten finden und hervorheben
- | Mit Originalbild verknüpfen



Biologische Kontrastverstärkung



Testbild



Stark überzeichnet
dargestellte Wahrnehmung

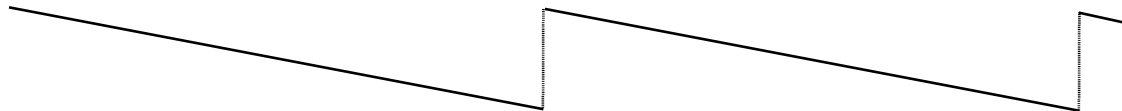
Gleichbleibende Reize
von Flächen werden
gedämpft und Kontraste
überzeichnet

Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil $s(x)$



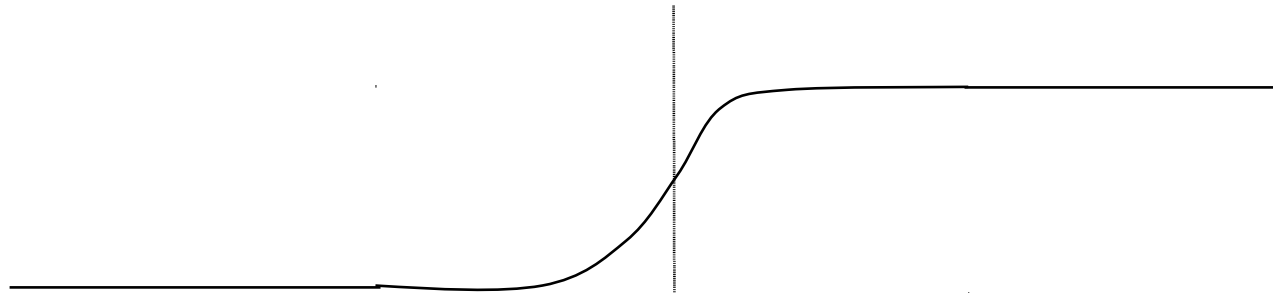
Bildzeile



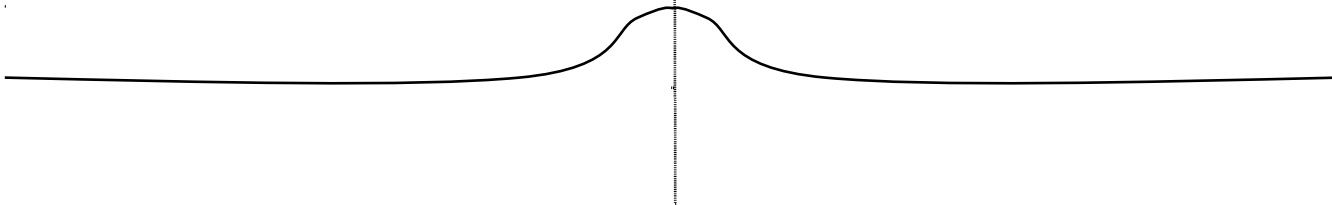
**Funktion, die den
Grauwertverlauf
entlang dieser
Bildzeile darstellt**

Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil $s(x)$



1. Ableitung $s'(x)$



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

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

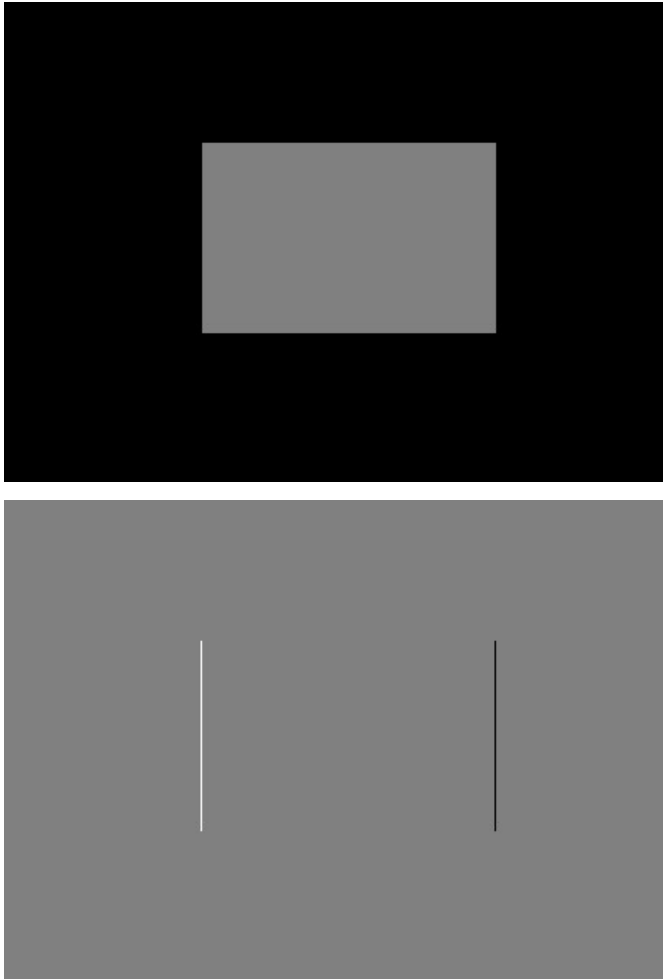
$$g'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{g(x + \Delta x) - g(x)}{\Delta x}$$

Grenzwertbildung für Funktionen mit einem diskreten x :

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

Differenzenoperatoren

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





Grauwertprofil

1. Ableitung

1 Pixel
breit!

Umsetzung der 1.
Ableitung:
Differenzoperatoren

**Negative Werte
können auftreten:**

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

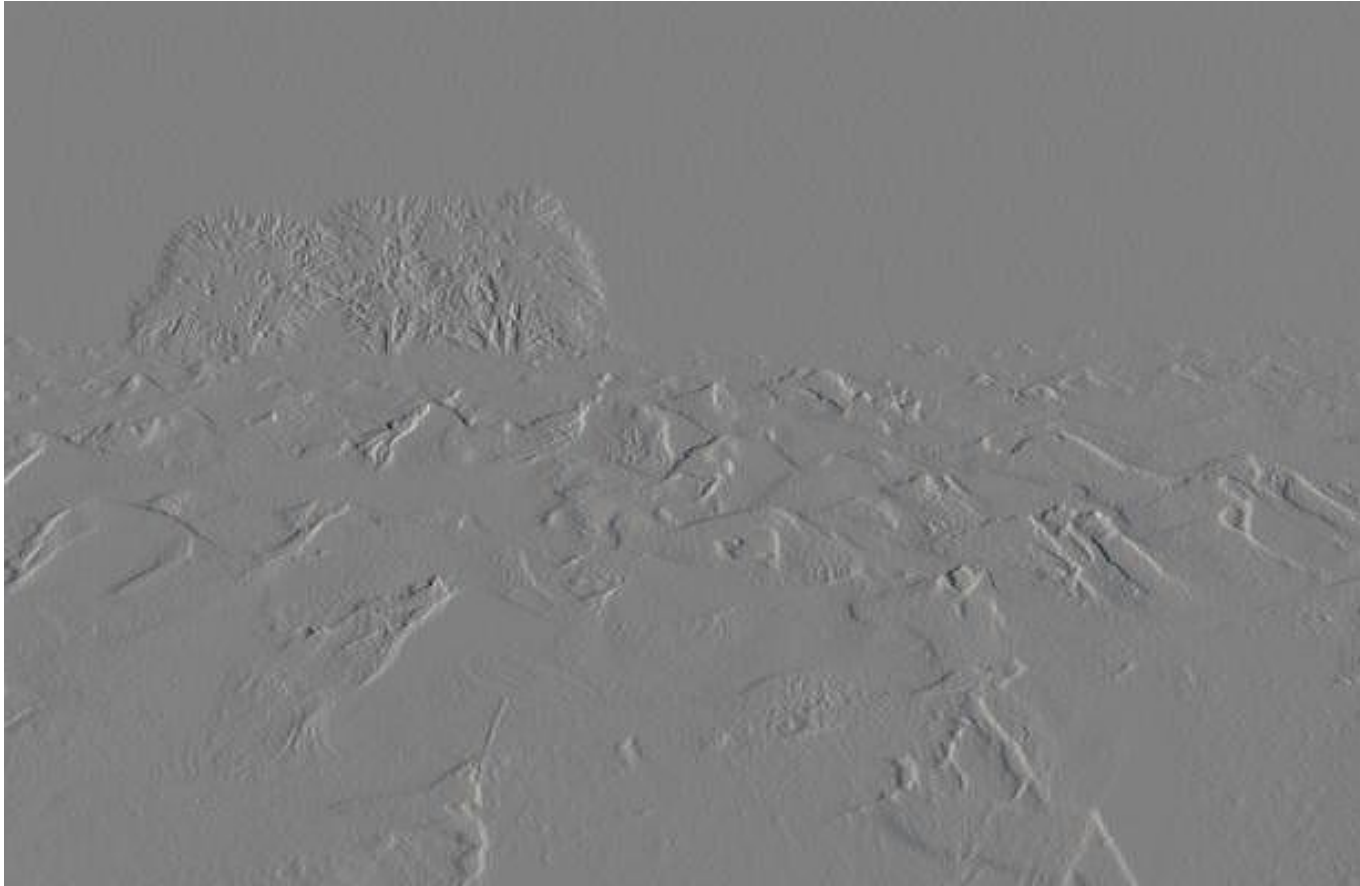
$$F_{Dy} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$



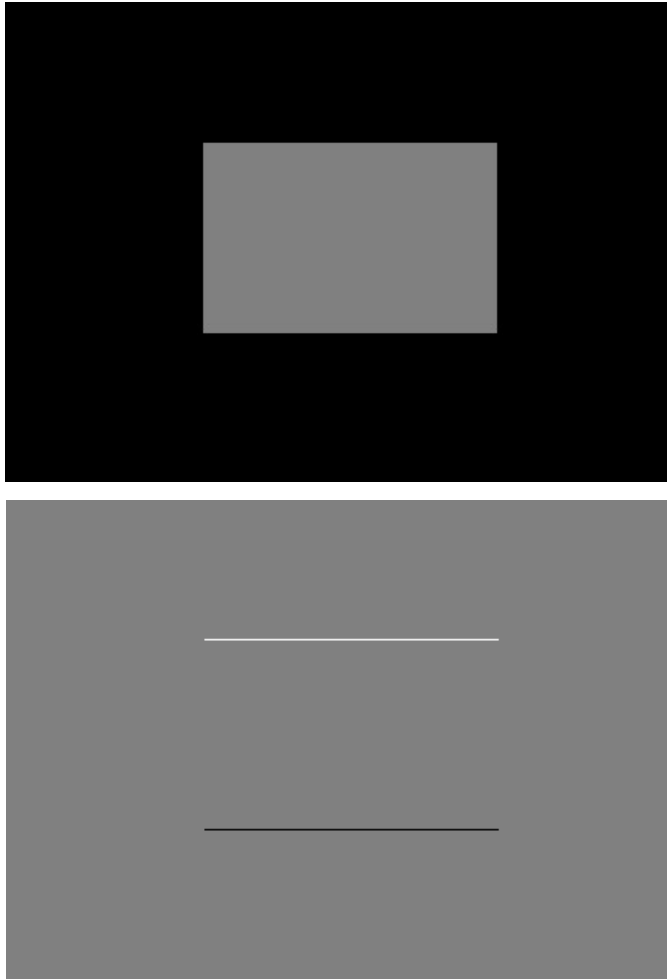
Grauwertprofil

1. Ableitung

Wirkung des horizontalen Differenzoperators

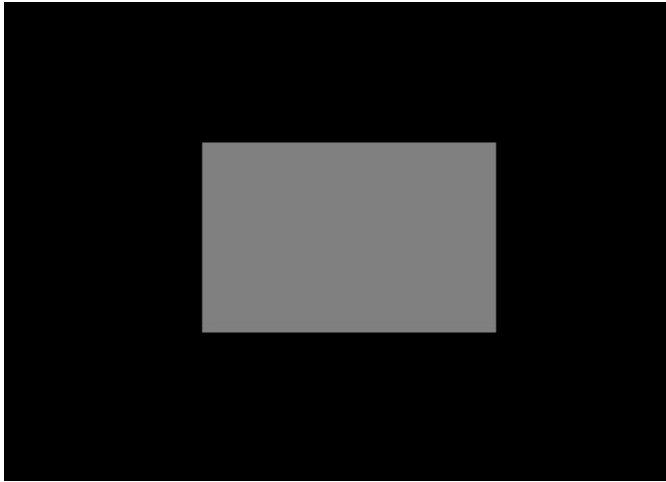


Differenzen- operatoren



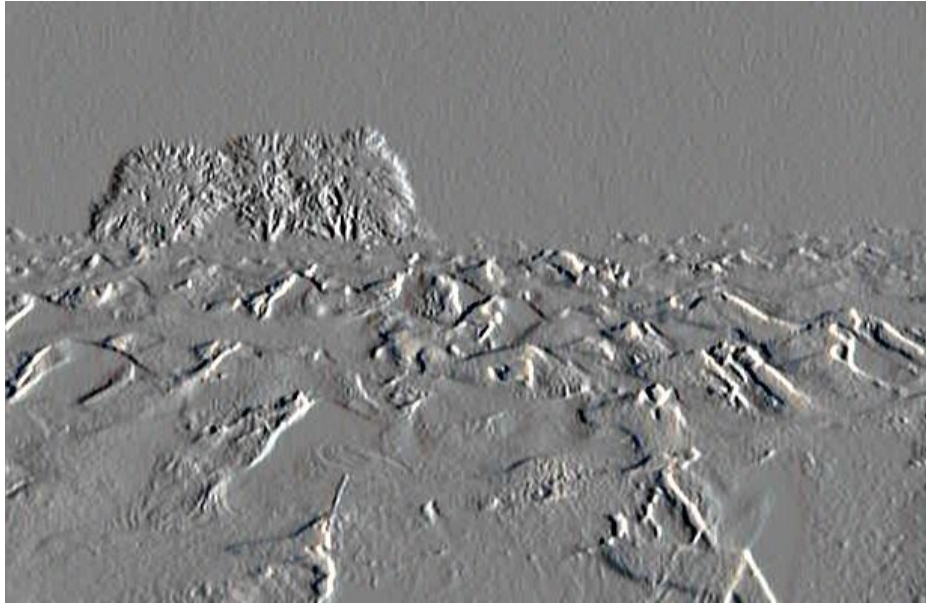
$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Differenzen- operatoren

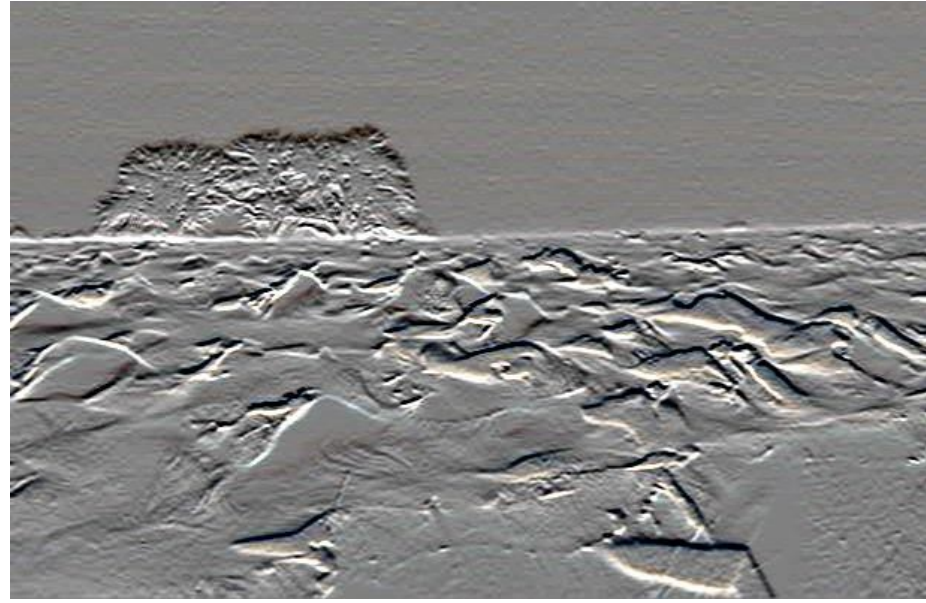


$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Anwendung der folgenden Differenzoperatoren:



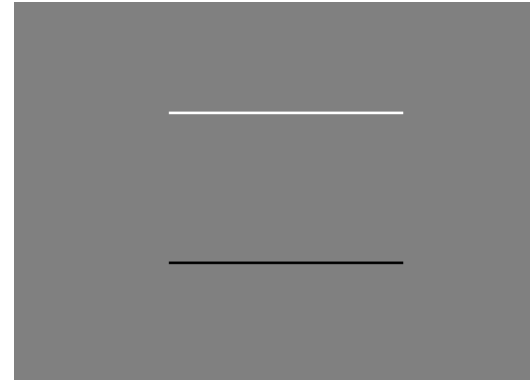
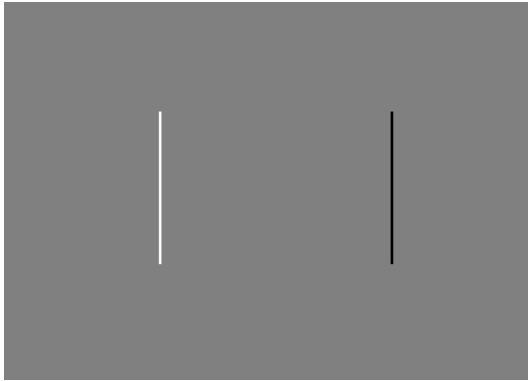
$$F_{Dx} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$



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

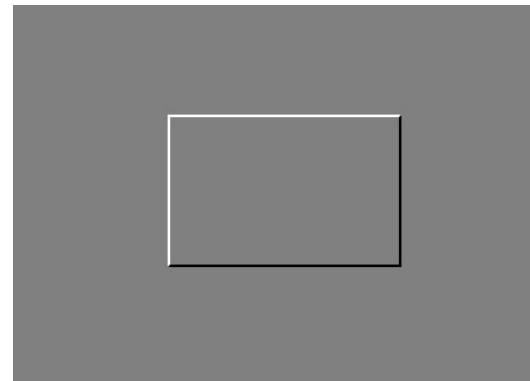
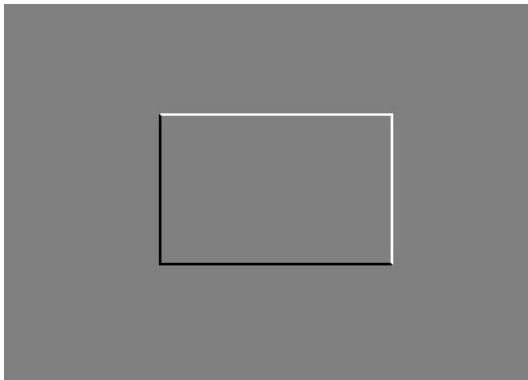
Kantendetektoren in senkrechter, waagrechter (oben) und diagonaler Ausrichtung (unten)

-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

+

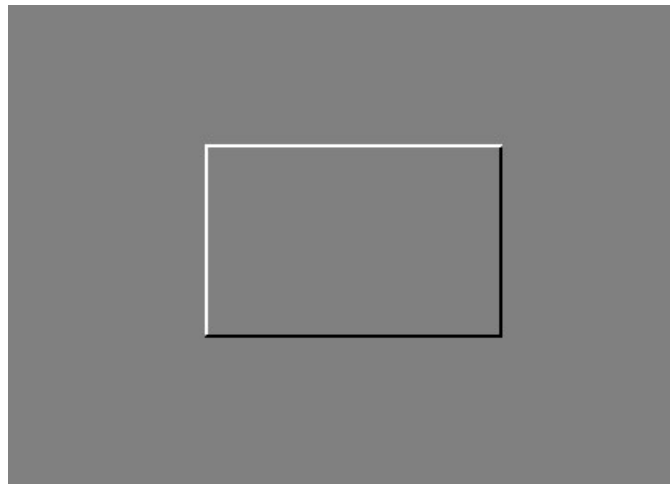
0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

+

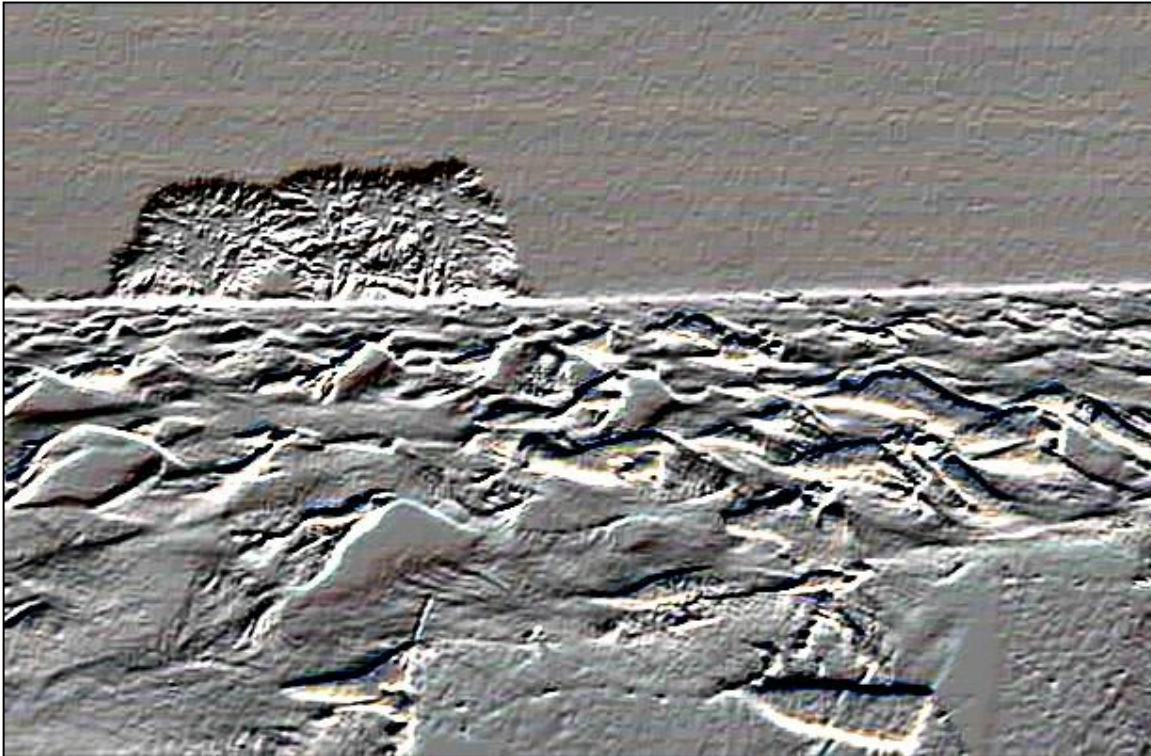
-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

=

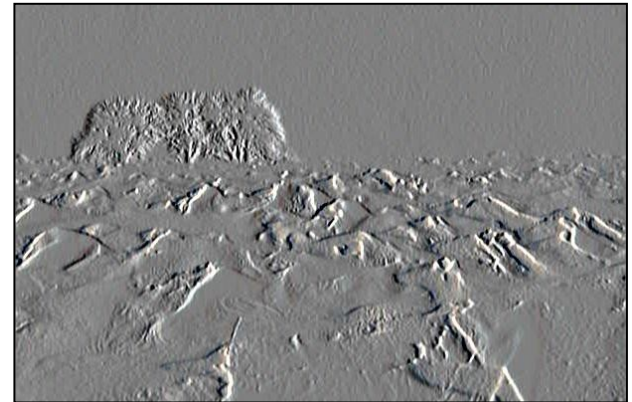
-3	-3	-1
-1	0	1
1	3	3



Anwendung des Kombinationsfilters



Vergleich mit
dem vertikalen
Differenzoperator



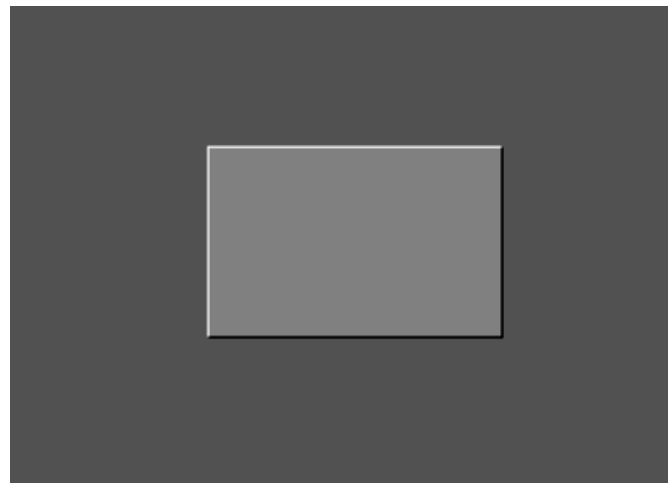
Wie kombiniert man die ursprüngliche
Bildinformation mit dem Kombinationsfilter?



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



$n=1$



$n=3$

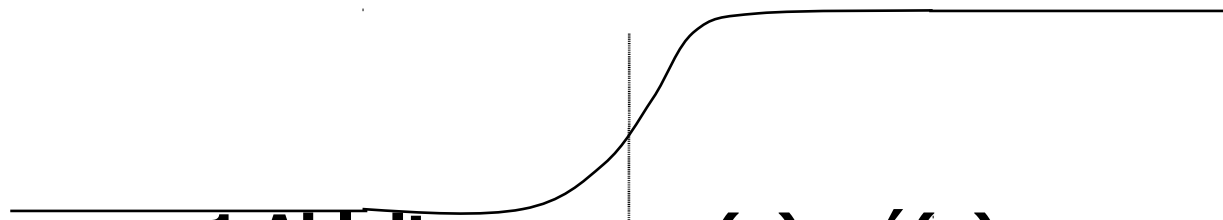


$n=7$

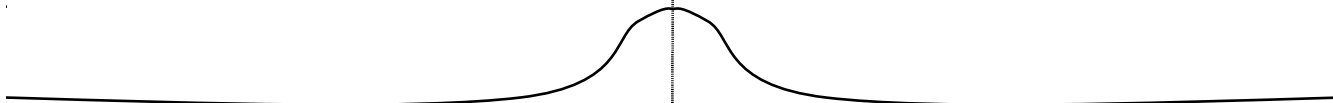


Kantendetektion mit dem Laplace-Operator

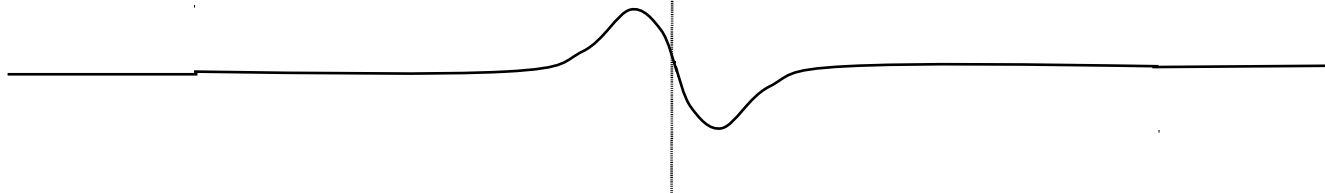
Grauwertprofil von $g(x)$



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



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



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

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

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

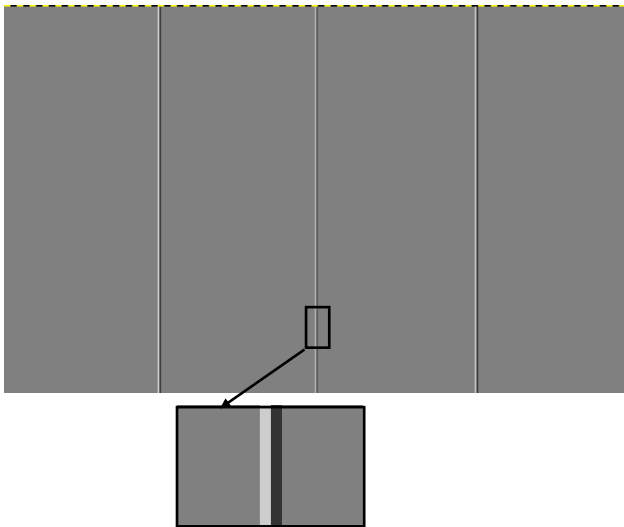
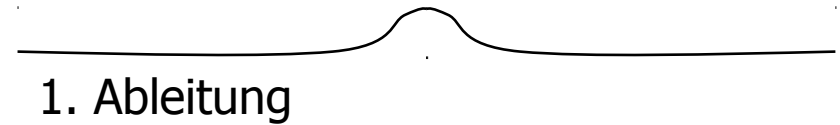
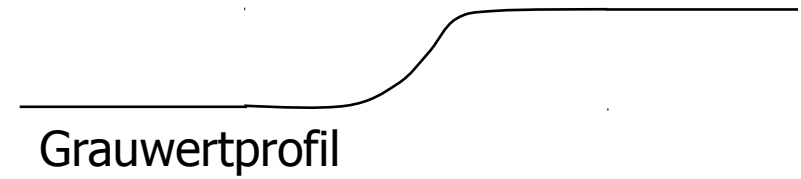
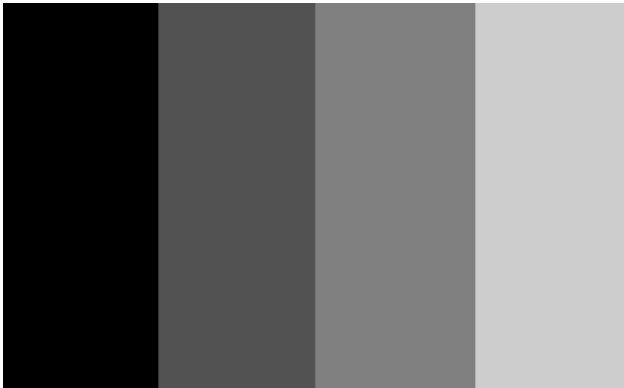
Für
Raster-
bilder: $\Delta x = 1$

2. Ableitung in wagrechter & senkrechter Richtung:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

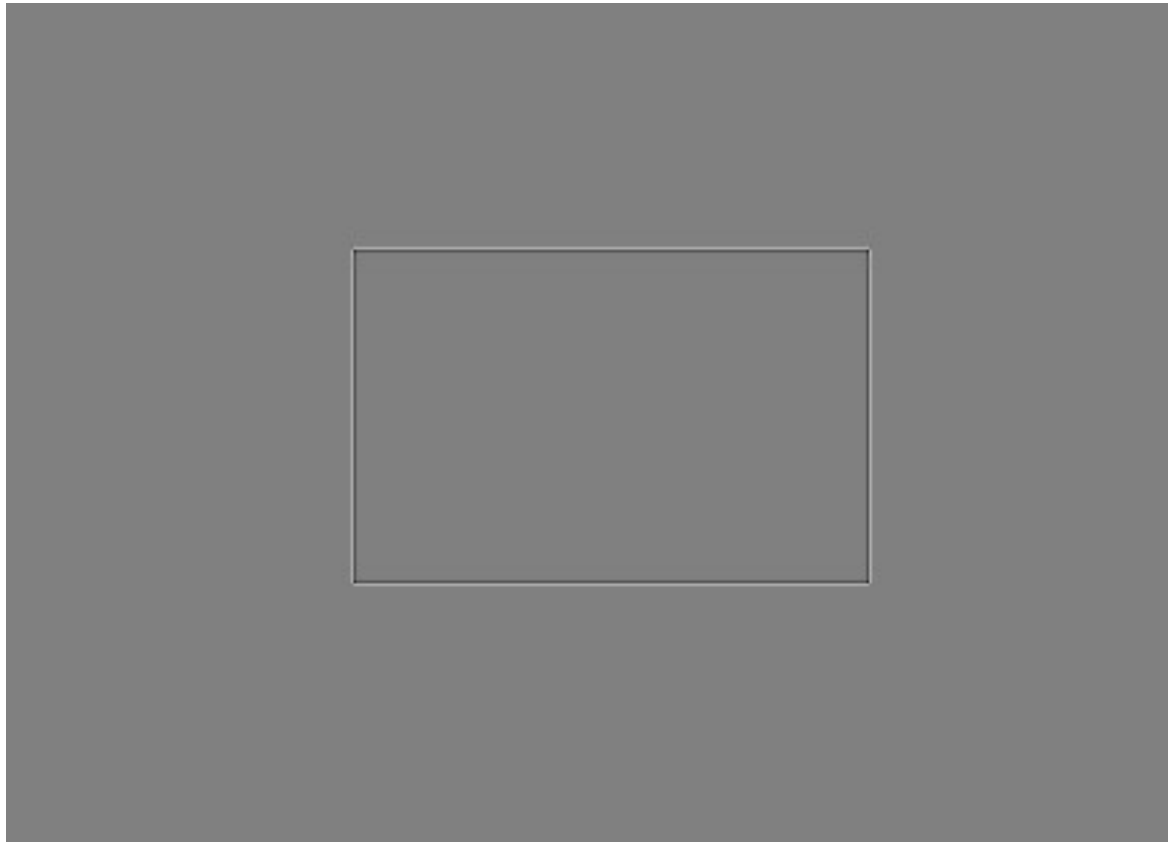
Laplace-Operator

Laplace-Operator zur Kantendetektion



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

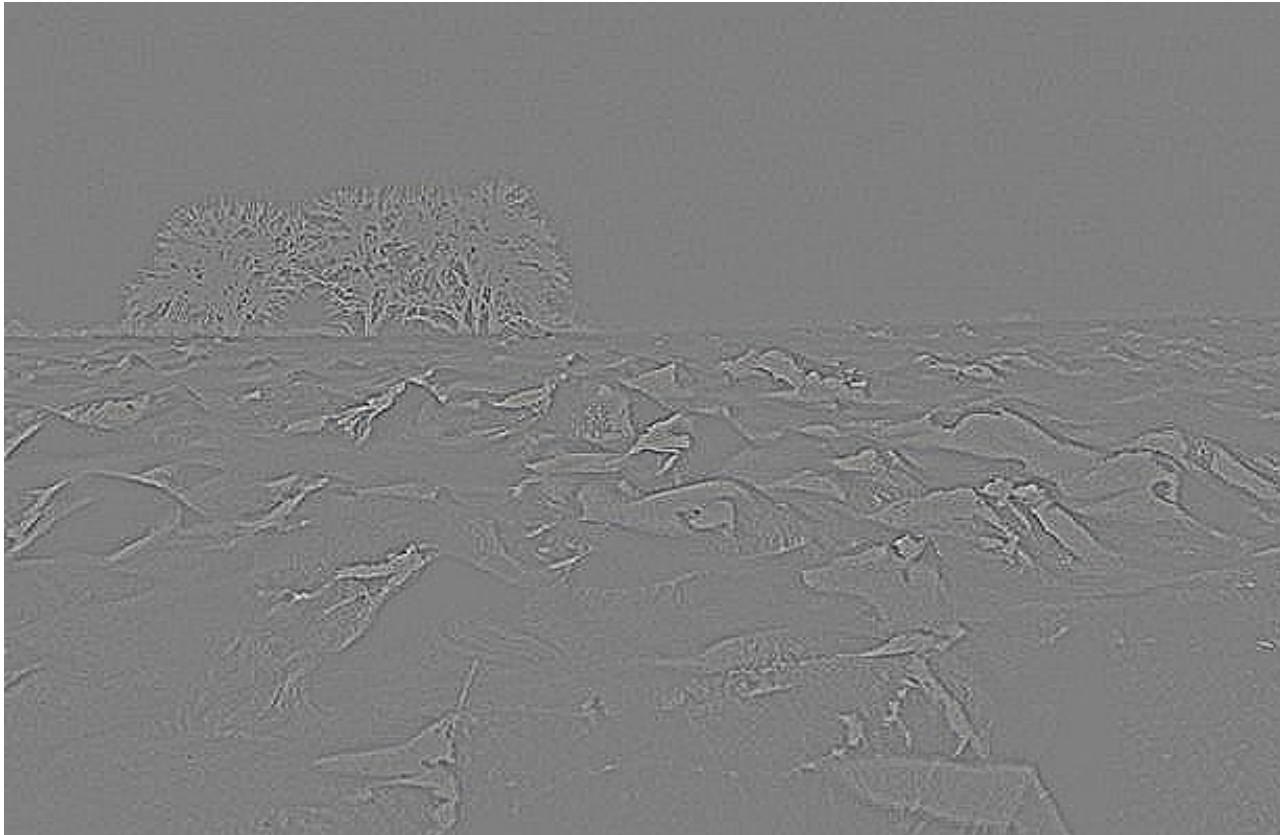
Laplace-Operator zur Kantendetektion



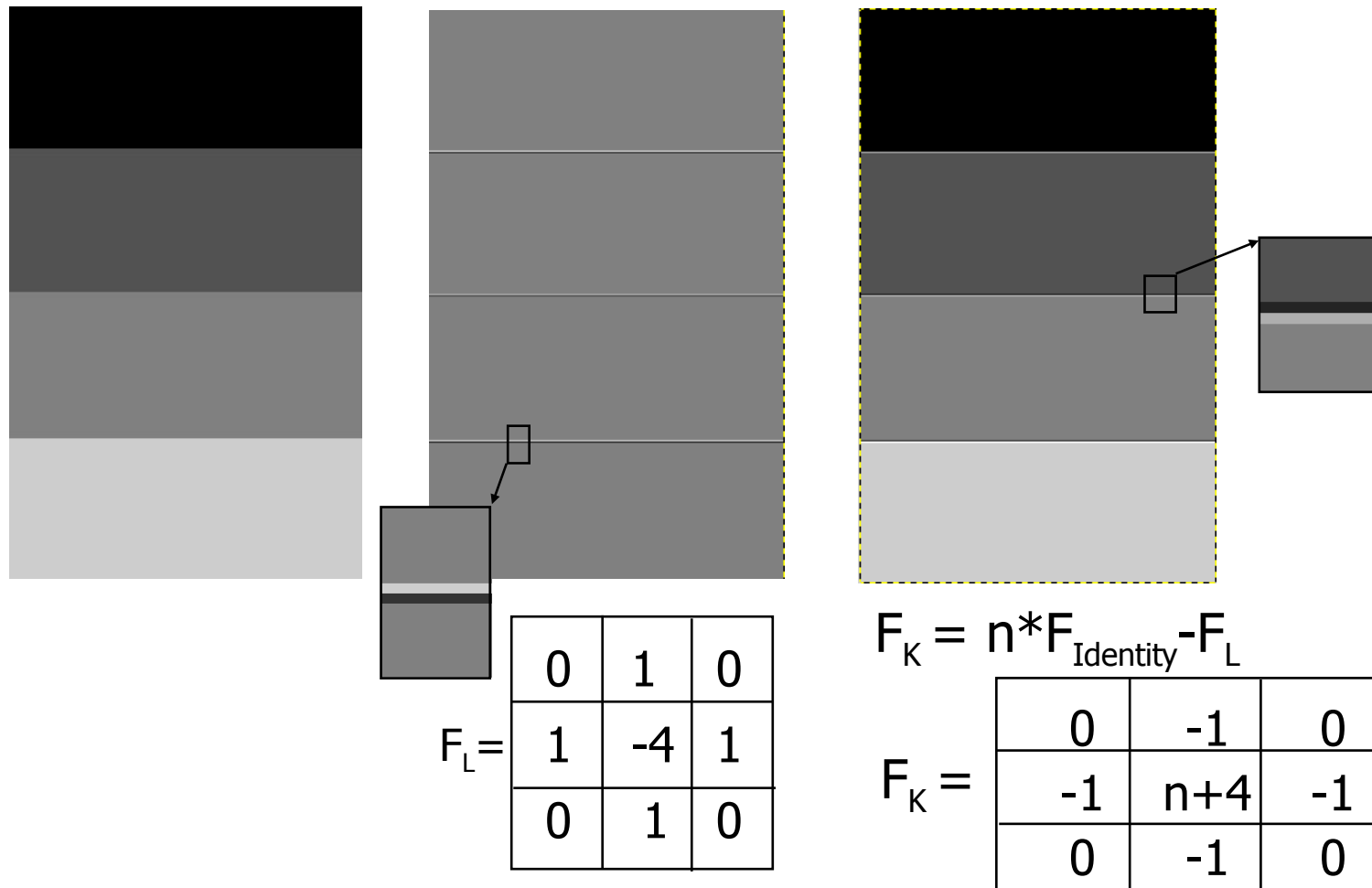
Original Bild

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

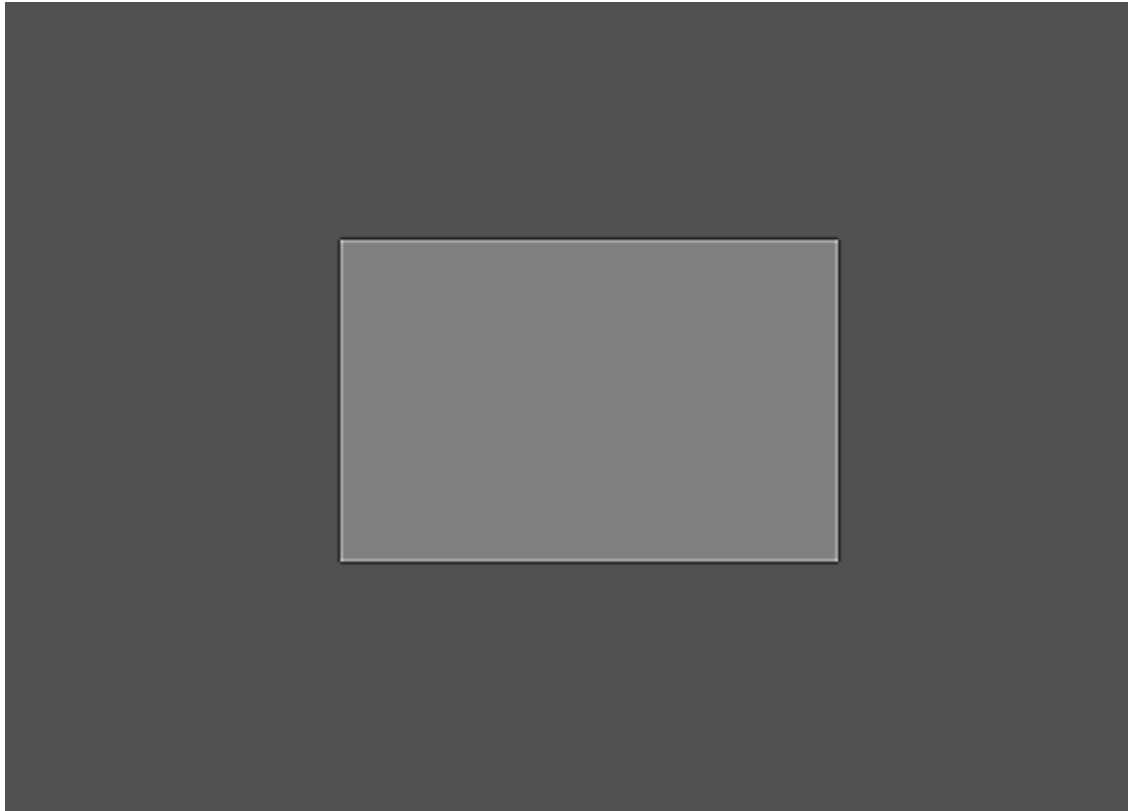
Kantendetektion mit Laplace-Operator



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
 - | Laplace-Operator
 - | Kontrastverstärker
- } (Kantendetektor)

Kennen Sie auch...

- | Binärisierung
- | Identitätsoperator

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: $g'(i,j) = g_0$

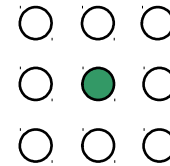
| Dilatation: $g'(i,j) = g_8$

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 größen-
abhängig sortiert: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$

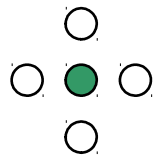
| Rangfolgeoperatoren wählen nun bestimmte Positionen dieser
Sortierung aus...

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

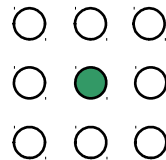
Beispiele für strukturierende Elemente

| Bezugspunkt: ●

| Nachbarpunkt: ○



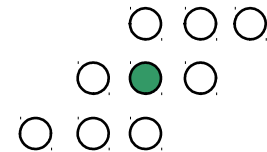
Elementarraute
N4-Nachbarschaft



N8-Nachbarschaft



Elementarrechteck



Schräges
Element

Medianfilter

Bezugspunkt nimmt mittleren Grauwert der Rangfolge an:

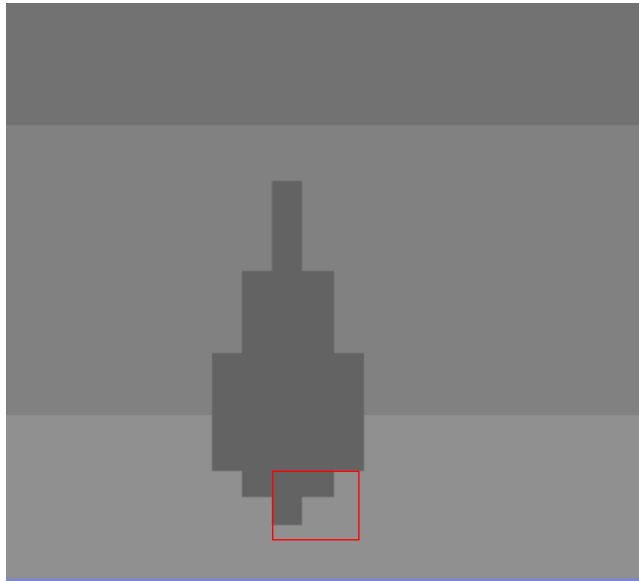
1.Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$

2.Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_4$

I. Verbesserung von verrauschten Bildern:
Eliminiert isolierte, fehlerhafte Bildpunkte

I. 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

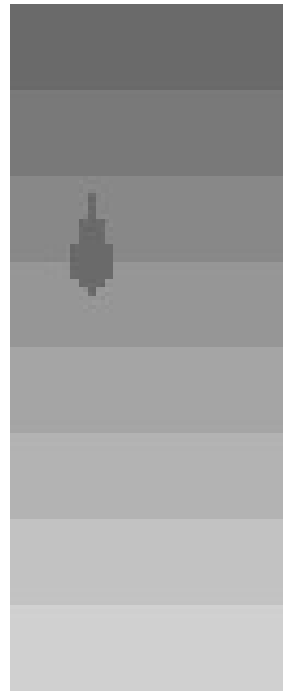


Original

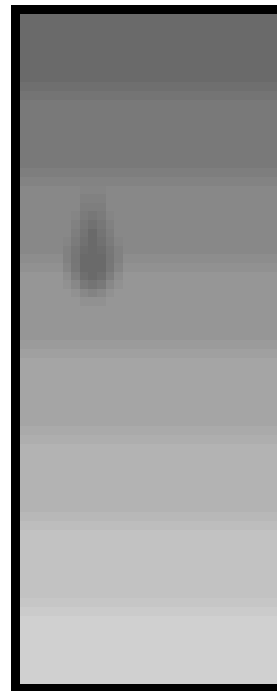


Ergebnis

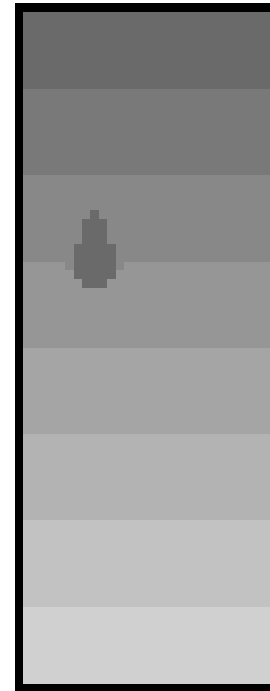
Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator



Original



3x3 Mittelwert



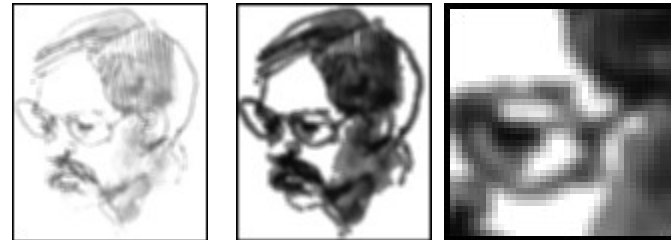
3x3 Median

Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator

Ausgangsbilder



3x3 Mittelwert



3x3 Median



Vergleich: Mittelwert und Median



Ausgangsbild



3x3 Mittelwert



3x3 Median



Anwendung des Median-Filter bei einem “verrauschten” Bild



Quelle:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Medianfilterp.png>

Dilatation

Bezugspunkt nimmt *maximalen* Grauwert der Rangfolge an:

1.Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$

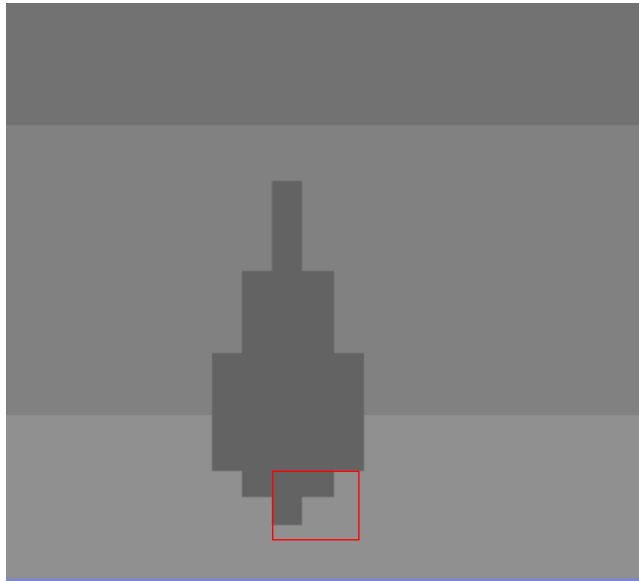
2.Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_8$

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: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$

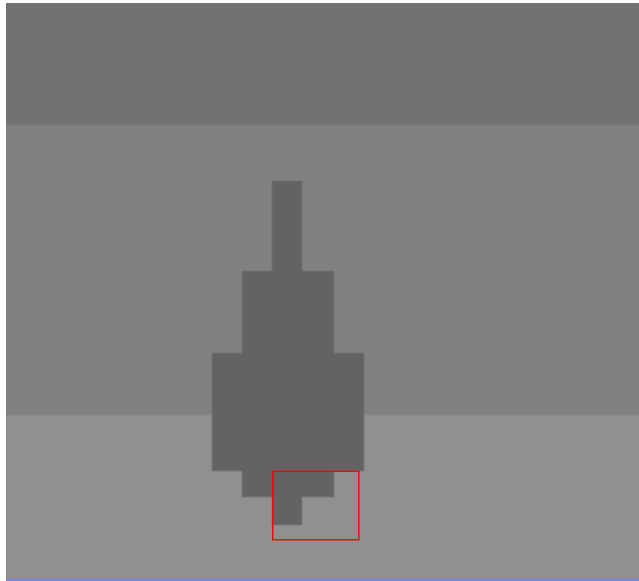
2.Für eine N8-Nachbarschaft gilt: $g'(i,j) = g_0$

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

5 Minuten Aufgabe:



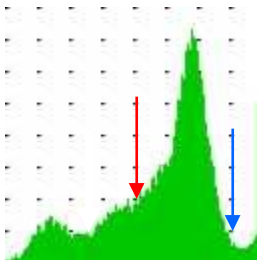
Im Bild sollen nur die Pixel der Pfeile sichtbar sein.
Wie würden Sie vorgehen?

Binarisierung des Originalbildes

Original



Histogramm



Schwellwert 127

Schwellwert 225

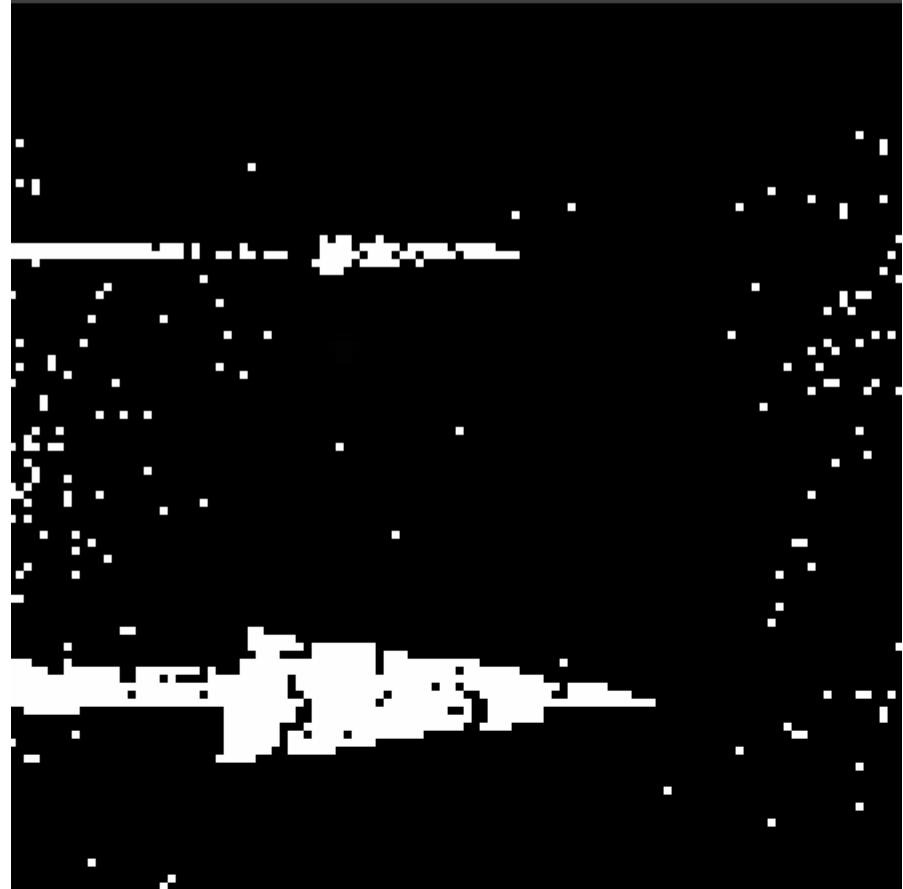
Anwendung von Opening und Closing um ein binarisisiertes Bild für die Segmentierung vorzubereiten:

Aufgaben:

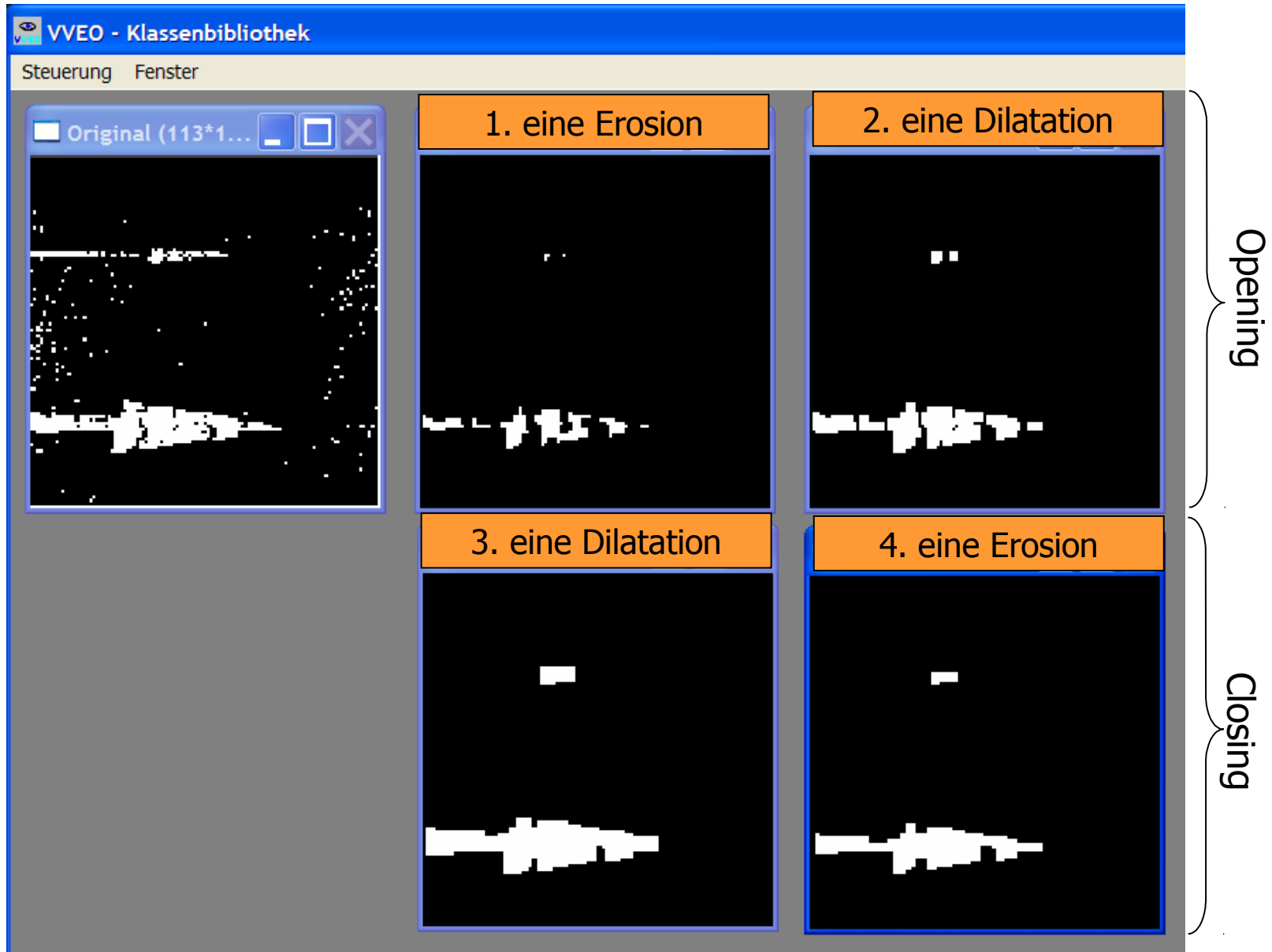
- | Rauschen eliminieren
- | Lücken innerhalb des Pfeils schließen

Idee zur Elimination des Rauschens:

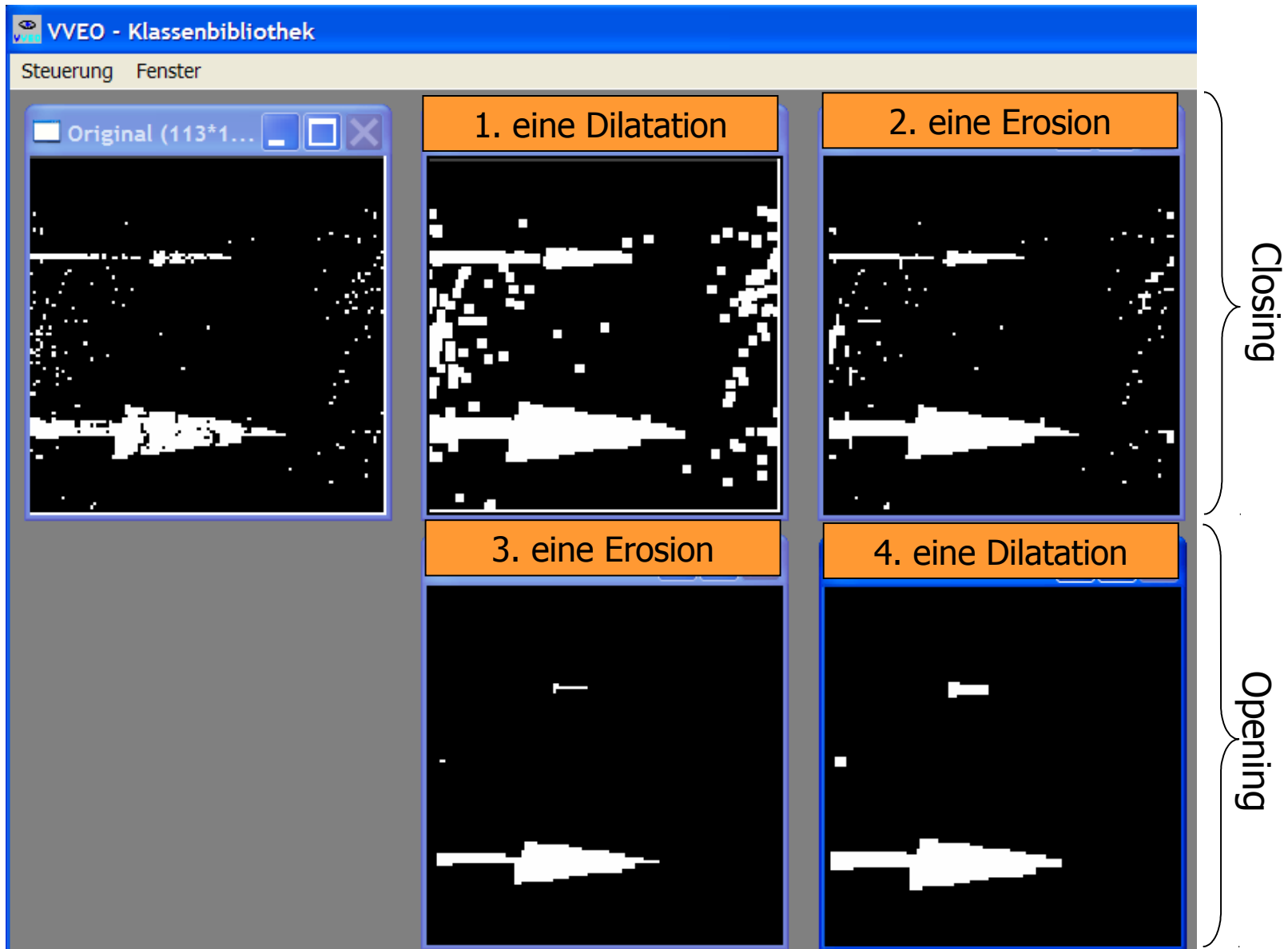
- 1 x Erosion
- 1 x Dilatation



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

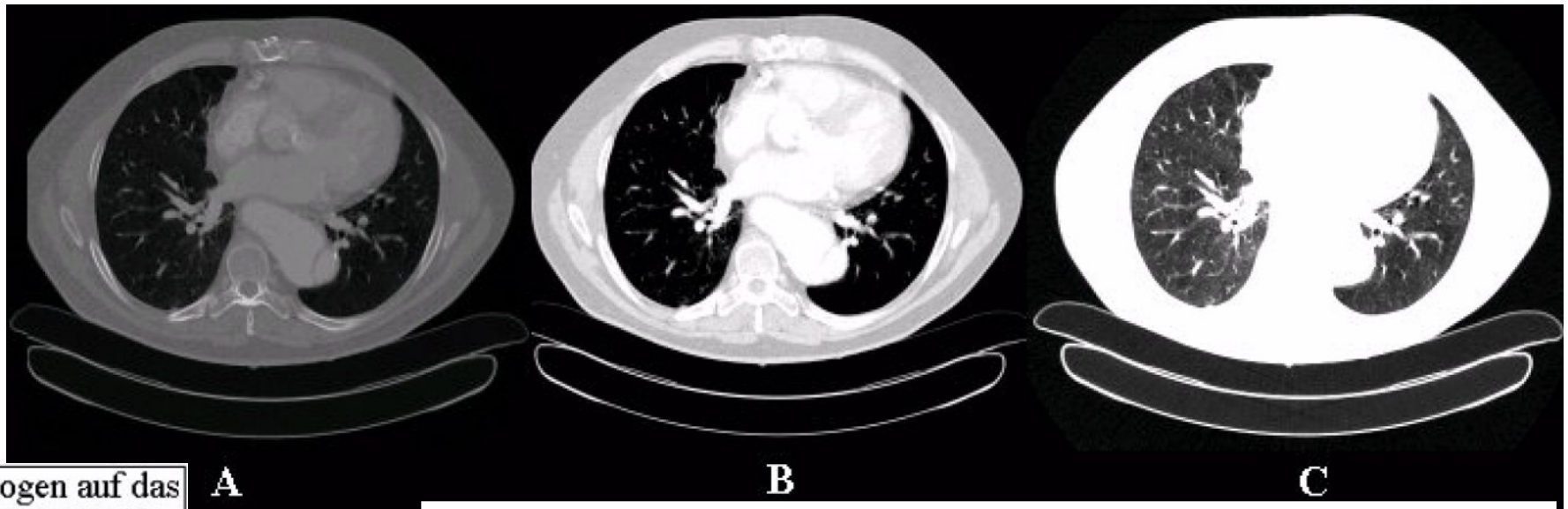


2. Lösung: Ein **Closing** gefolgt von einem **Opening**



Segmentierung dient zur

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

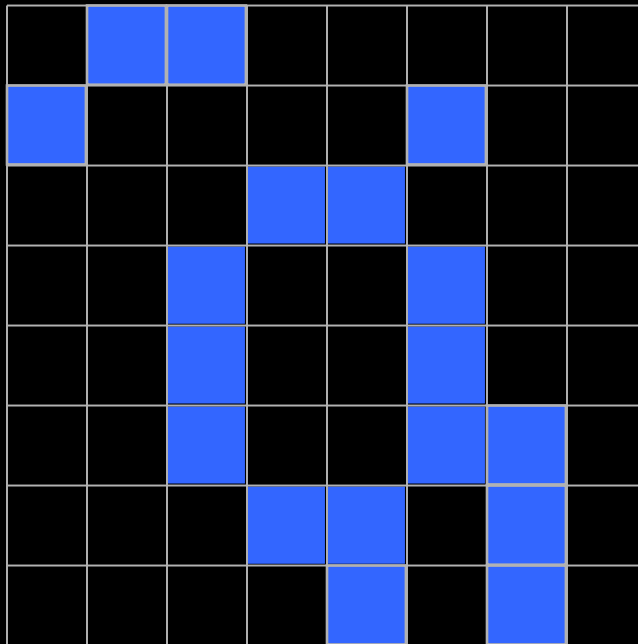


Bezogen auf das
Originalbild

- Luft
- Fett
- Wasser
- Knochen

A: Original Bild,
B: Knochengewebe wird hervorgehoben,
C: Lungengewebe wird hervorgehoben

Zusammenhangskomponente (ZHK) in 2D



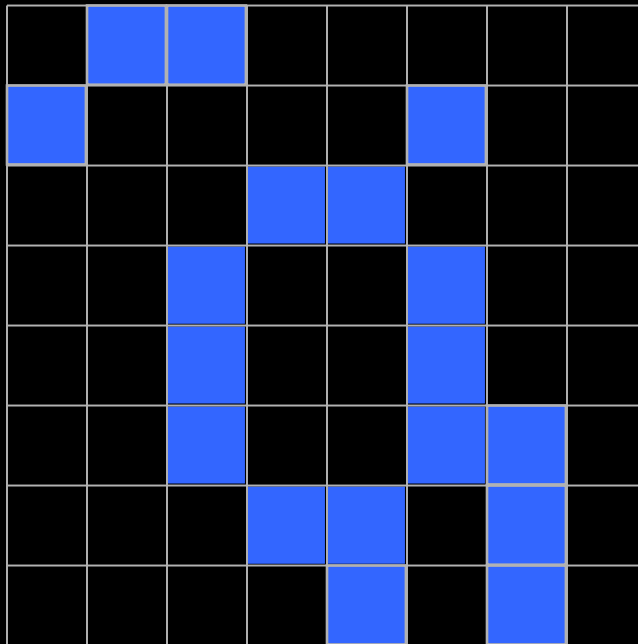
Der Vordergrund (blau) enthält

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

Variante der ZHK-Markierung: "Rekursives Fluten"

Rekursives Fluten()

Marke = 0;

Für alle Zeilen j:

Für alle Spalten i:

$g(i, j) = 255$?

Nein

Ja

%

marke++;

PixelAnlagern
(i, j, Marke);

PixelAnlagern()

Für alle Positionen (k, l)

Der **N4** od. **N8** von (i, j)

$g(i, j) = 255$?

Nein

Ja

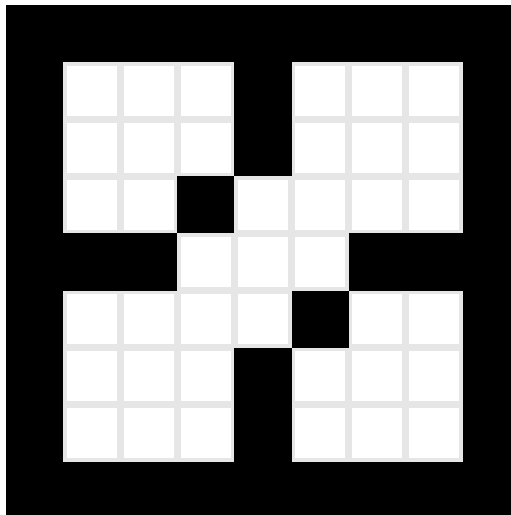
%

$g(k, l) = \text{marke};$

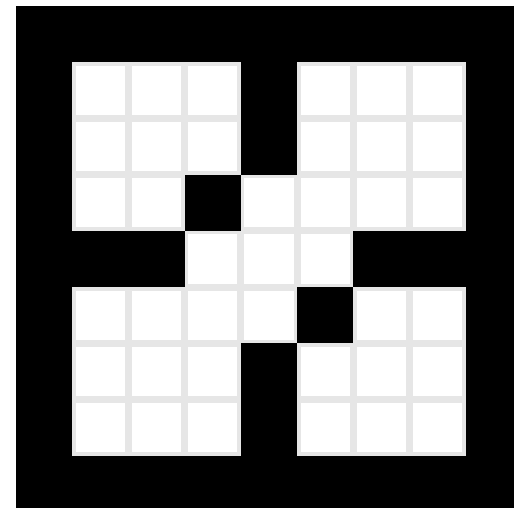
PixelAnlagern
(k, l, Marke);

Rekursives Fluten

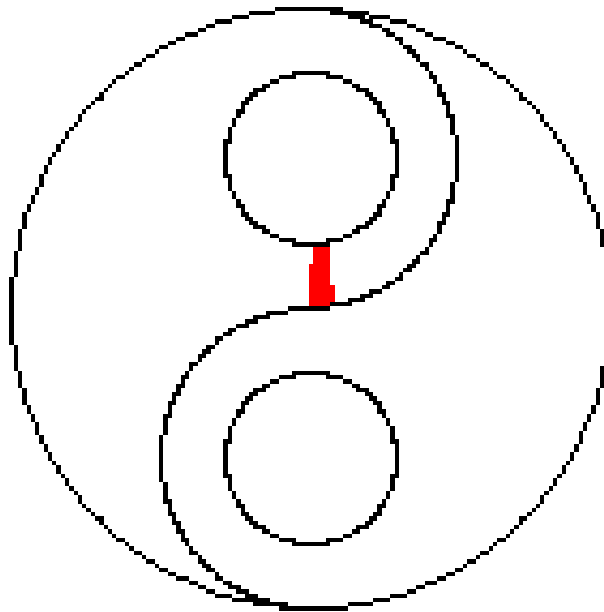
N4
Nachbarschaft



N8
Nachbarschaft



Rekursives Fluten (~floodfill) in größerem Maßstab



Quelle:

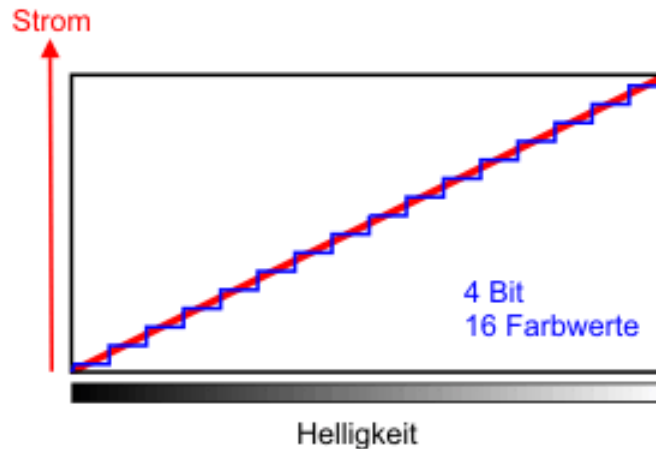
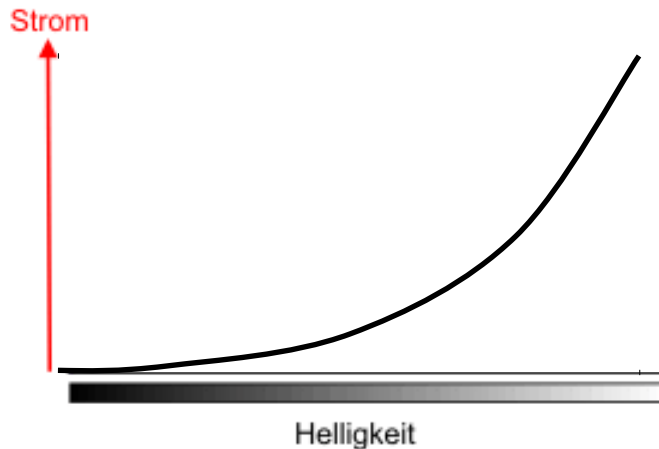
https://en.wikipedia.org/wiki/Flood_fill#/media/File:Wfm_floodfill_animation_stack.gif

Übersicht

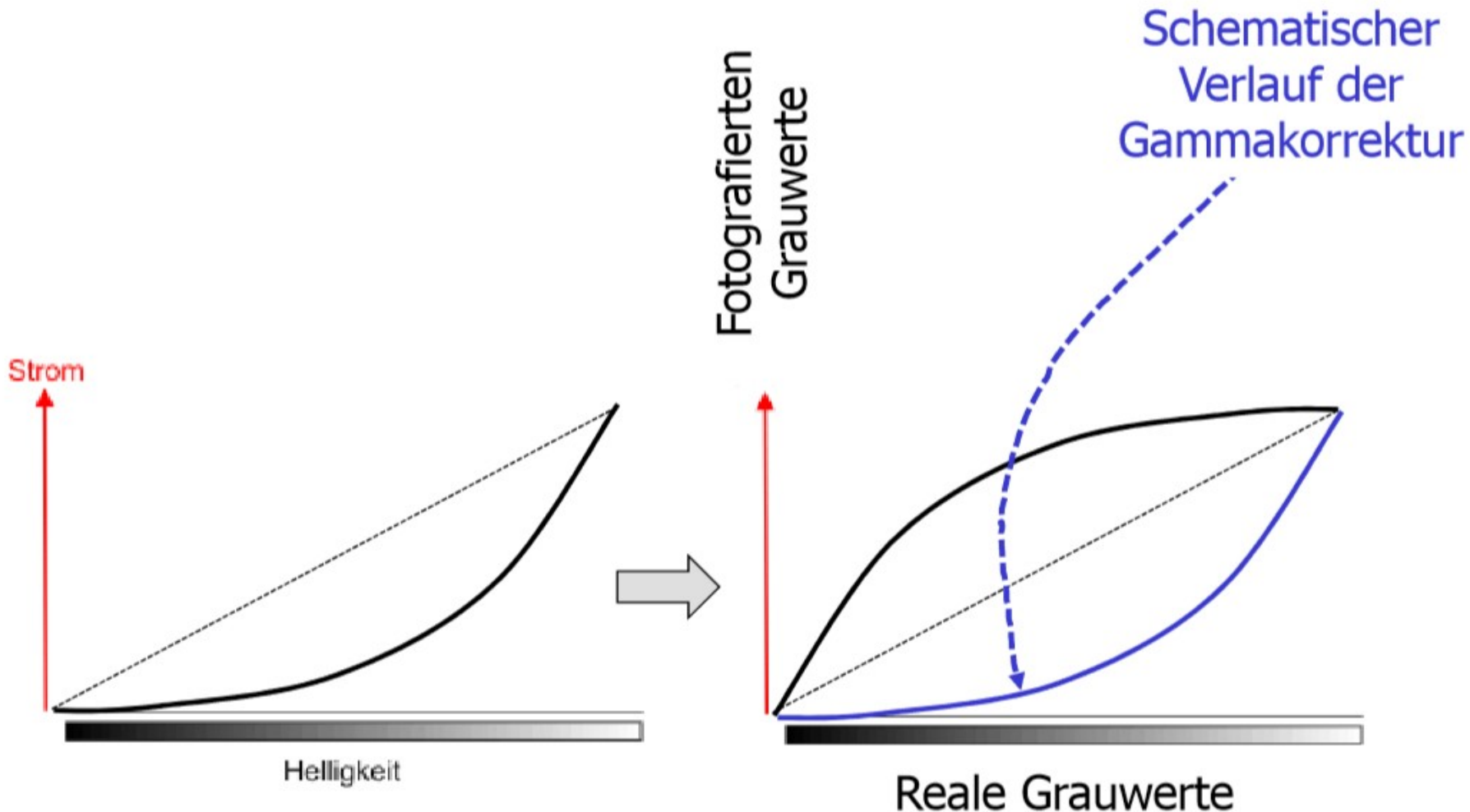
- | Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - | Histogramm
 - | Entropie
- | Punktoperationen:
 - | Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - | Addition & Multiplikation
 - | Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - | Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - | Nicht lineare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

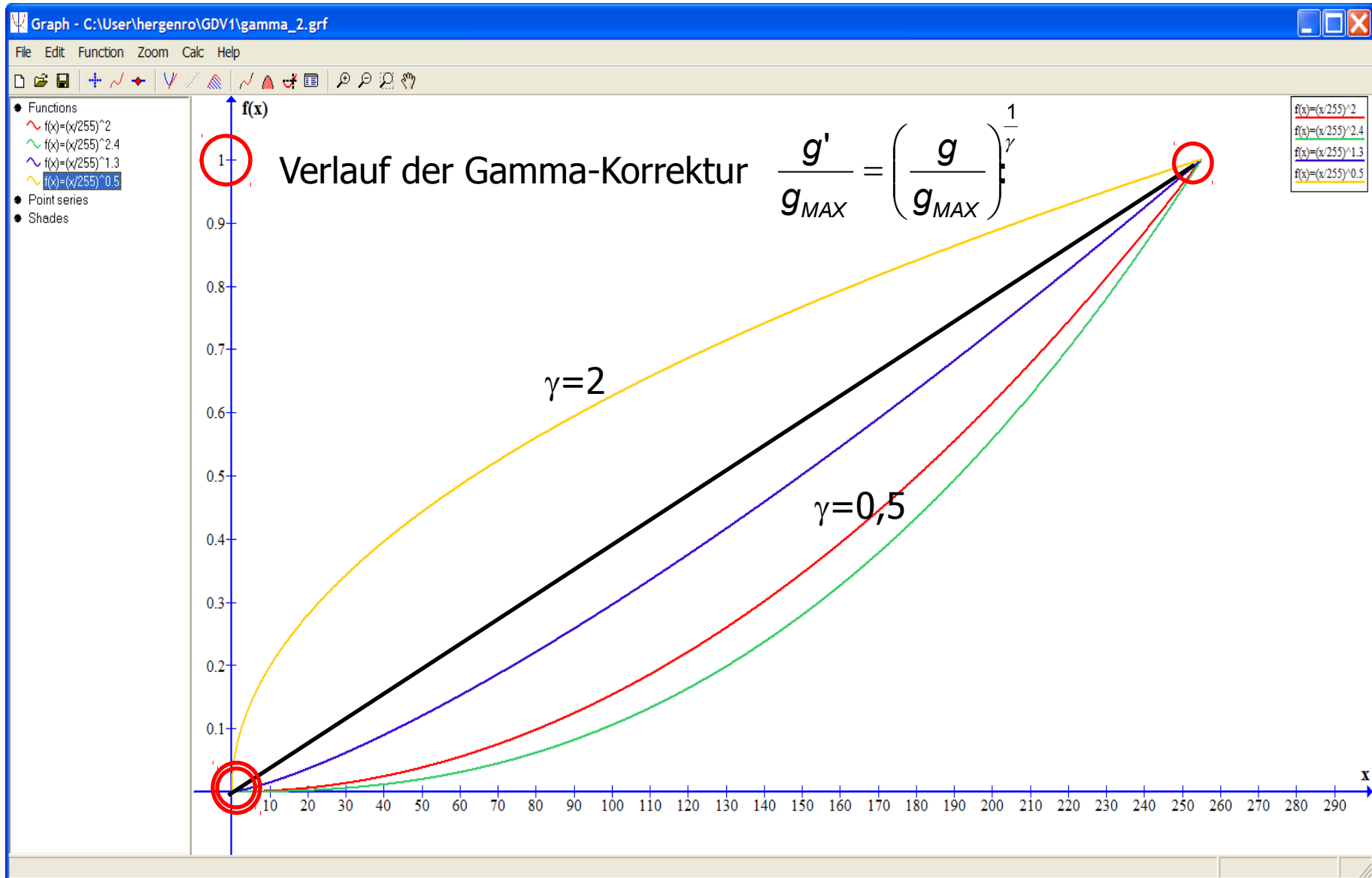
Motivation zur Gamma-Korrektur

- | **C**harge **C**oupled **D**evice = Ladungsgekoppelte Bildsensoren
- | am weitesten verbreitet: Scanner, Digitalkamera
- | Wandelt Lichtenergie in elektrischen Strom um:



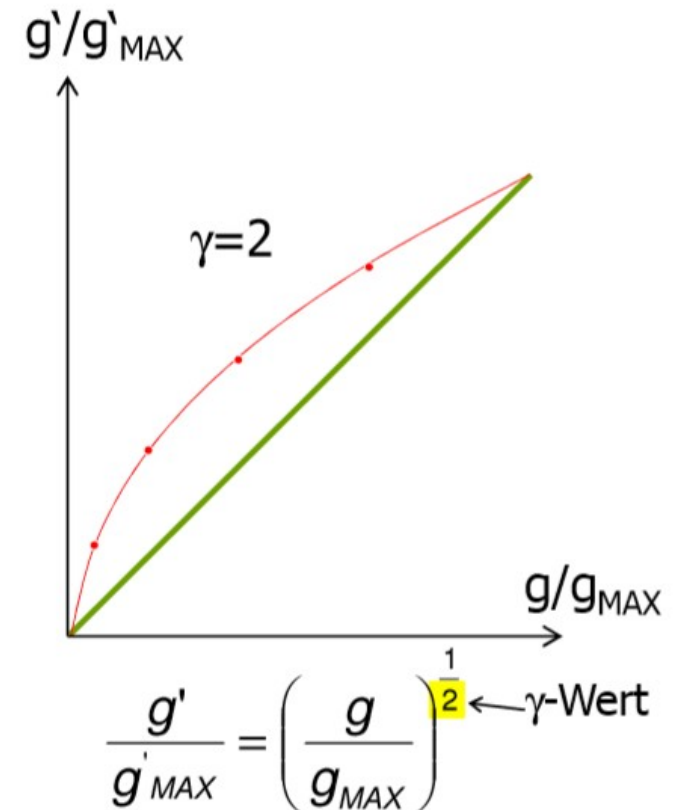
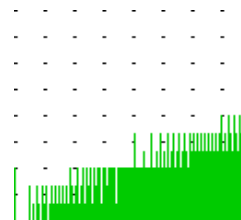
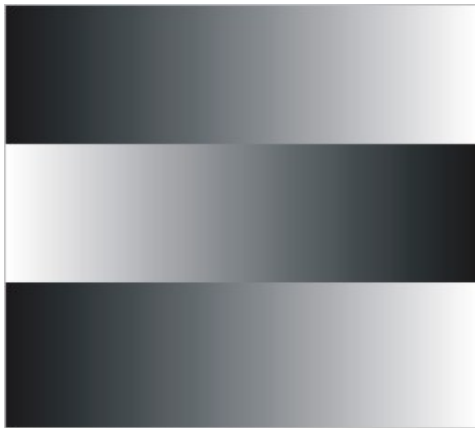
Der entstandene Fehler muss durch eine Korrekturfunktion „die Gammakorrektur“ behoben werden:





Gamma-Korrektur

Nicht lineares Aufhellen der Grauwerte

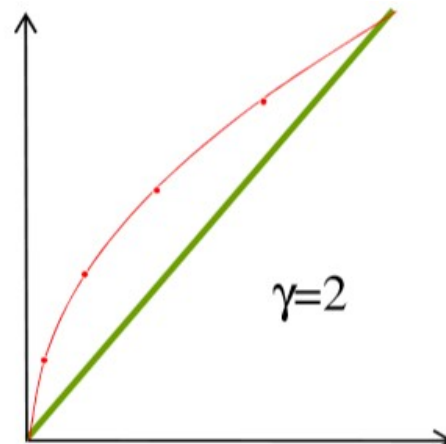


Gamma-Korrektur



Welche Bereiche
werden aufgehellt und
welche abgedunkelt?

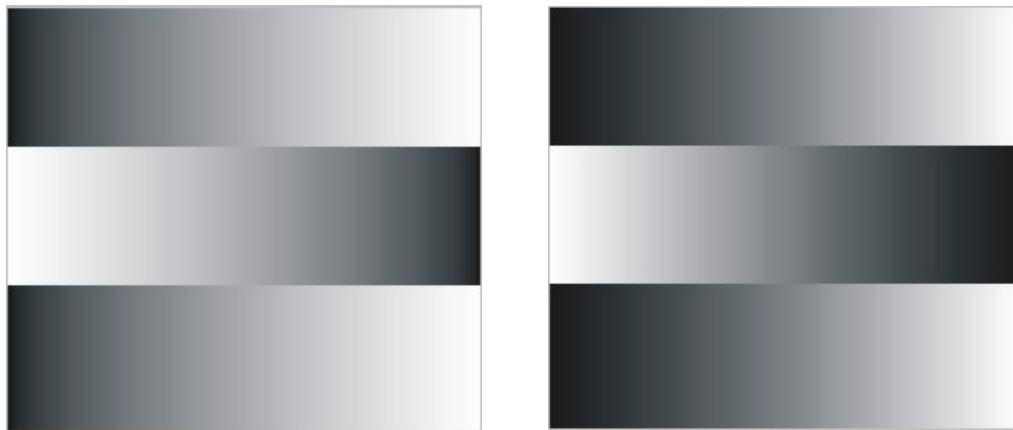
Wie ändert sich der
Kontrast?



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

Gamma-Korrektur

Nicht lineares Abdunkeln der Grauwerte



Welche Bereiche werden aufgehellt
und welche abgedunkelt?

Wie ändert sich der Kontrast?

