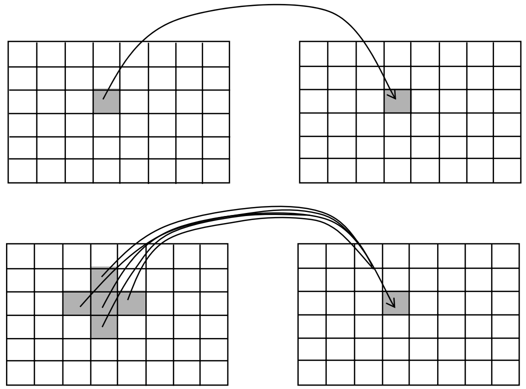
Graphische Datenverarbeitung 1

Bildbearbeitung

Prof. Dr. Elke Hergenröther

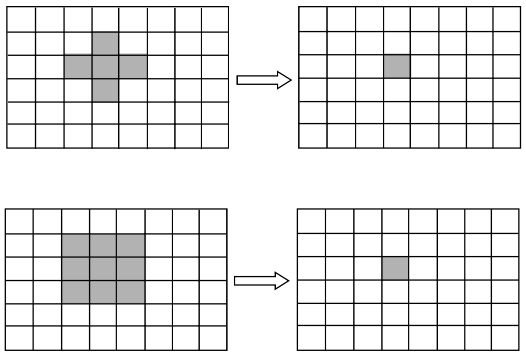
Wiederholung: Punktoperation und lokale Bildoperation



Punktoperation

Lokale Bildoperation

Wiederholung: N4- und N8-Nachbarschaften



4er-Nachbarschaft

8er-Nachbarschaft

Punktoperationen

- Addition / Multiplikation
- Gammakorrektur
- Biniarisierung
- ...

Lokale Bildoperatoren

- „Weichzeichner“
- Kanten extrahieren
- Kontrastverstärker

Faltung

- Ergebniswerte e(i,j)
- Position des aktuell betrachteten Pixels (i,j)
- Grauwerte des aktuell betrachten 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

Die Ergebniswerte sind oft keine zulässigen Grauwerte
- größer als 255
- oder negativ

Korrektur der Werte durch eine lineare Grauwerttransformation:

$$g'(i,j) = (e(i,j) - e_{\min}) \bullet \frac{g_{MAX}}{e_{\max} - e_{\min}}$$

- e_{min} bzw. e_{max} stehen für die *theoretisch möglichen*)* minimalen und maximalen Ergebniswerte oder den echten minimalen bzw. maximalen Ergebniswerten.

*) Vorsicht hier ist nicht 0 und 255 gemeint! Beim *Mittelwertoperator* wären das: e_{min} = 0 und e_{max} = 9*255= 2295

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

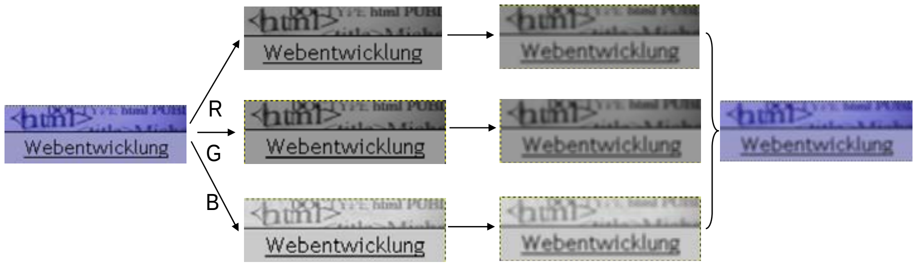
Bilder von Peter Wienerroither

Woran erkennt man am digitalen Grauwertbild verwaschene (homogene) und scharfe (kontrastreiche) Bildbereiche?

Bilder von Peter Wienerroither

Faltung von farbigen Bildern

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



Wie muss das Strukturelement aussehen um ein Bild zu glätten?

Glättungsfilter im Vergleich

$F_M =$

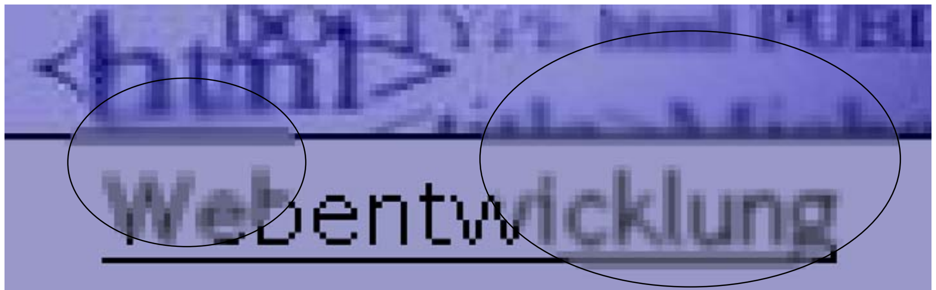
1	1	1
1	1	1
1	1	1

Mittelwert-Filter

$F_G =$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Gaus-Filter



Faltung

Korrektur der Werte durch eine lineare Grauwerttransformation:

$$g'(i,j) = (e(i,j) - e_{\min}) \bullet \frac{g_{MAX}}{e_{\max} - e_{\min}}$$

- e_{min} bzw. e_{max} stehen für die theoretisch möglichen minimalen und maximalen Ergebniswerte (0 und 255) oder den echten minimalen bzw. maximalen Ergebniswerten.

Lineare Grauwerttransformation für

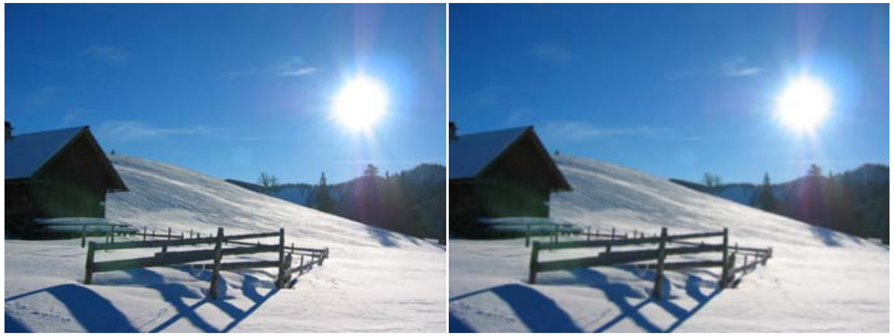
- Mittelwert: 1/9
- Gaus-Filter: 1/16

Glättungsfilter im Vergleich

- Mittelwert-Filter

- Gaus-Filter

Wirkung des Gaus-Filters (5x5-Strukturelement)



Original und gefiltert (Gimp-Demo)

Wie muss das Strukturelement aussehen, dass den Kontrast verstärkt?

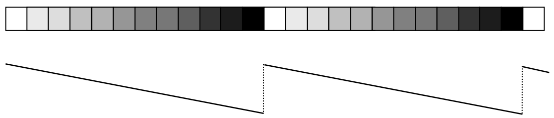
Kanten müssen betont werden!

Vorgehen:

- Kanten finden und hervorheben
- Mit Originalbild verknüpfen

Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil s(x)

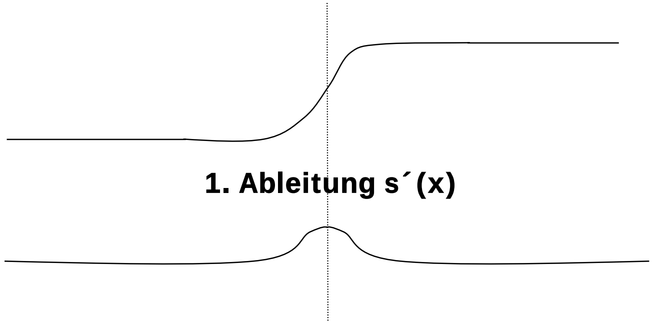


Bildzeile

Funktion, die den Grauwertverlauf entlang dieser Bildzeile darstellt

Vorbereitungen zur Kantendetektion

Grauwertprofil s(x)



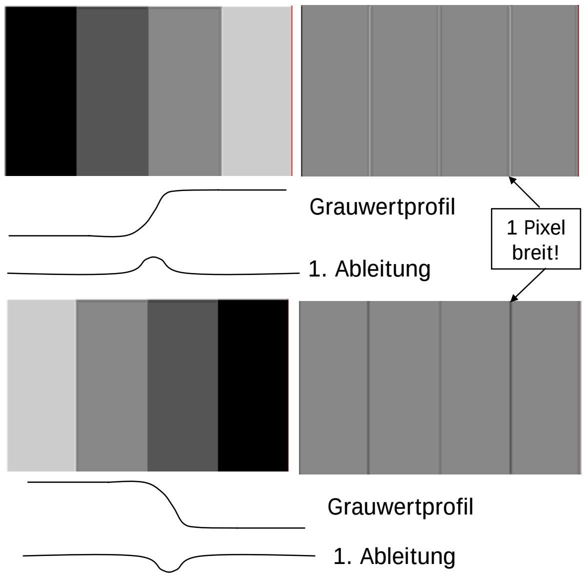
Für eine stetige Funktion s(x) gilt:

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

$$s'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{s(x+\Delta x) - s(x)}{\Delta x}$$

Grenzwertbildung für Funktionen mit einen diskreten x :

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

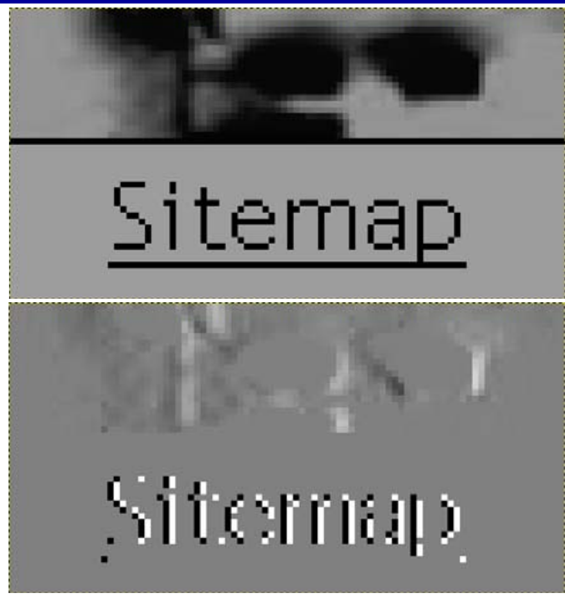


Umsetzung der 1. Ableitung: Differenzoperatoren

Negative Werte sind zugelassen!

$F_{Dy} \in \{-127,...,127\}$

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

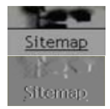


Differenzen-operatoren

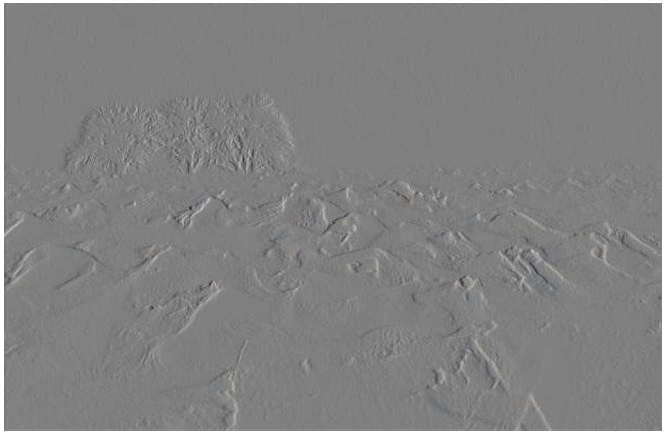
Negative Werte sind zugelassen!

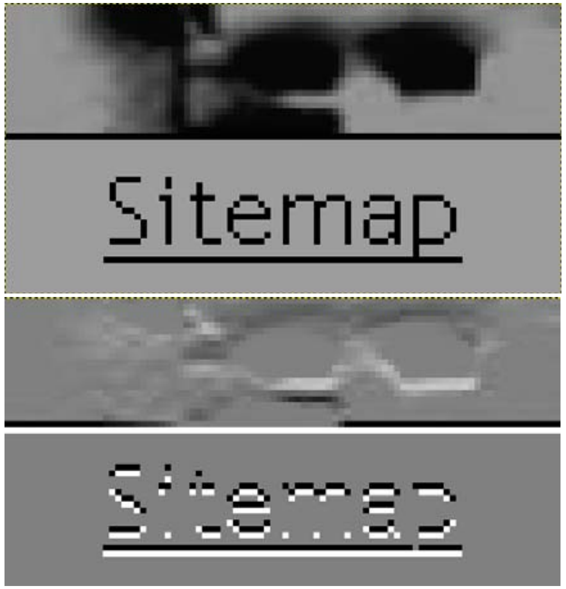
$F_{Dy} \in \{-127,...,127\}$

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



Wirkung des horizontalen Differenzoperators

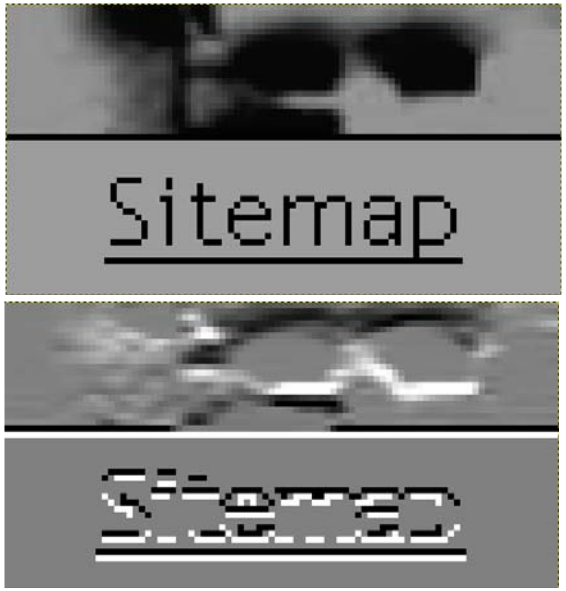




Differenzen-operatoren

$F_{Dx}=$

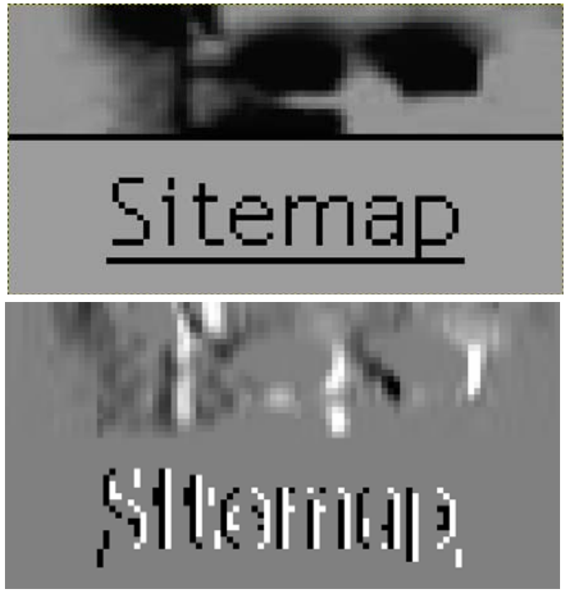
0	0	0
0	-1	0
0	1	0



Differenzen-operatoren

$F_{Dx}=$

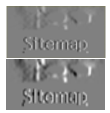
0	0	0
-1	-1	-1
1	1	1



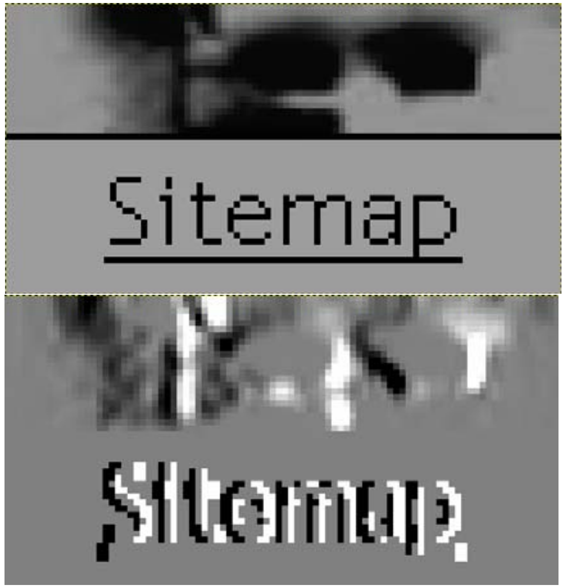
Differenzen-operatoren

$F_{Dx}=$

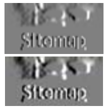
0	-1	1
0	-1	1
0	-1	1



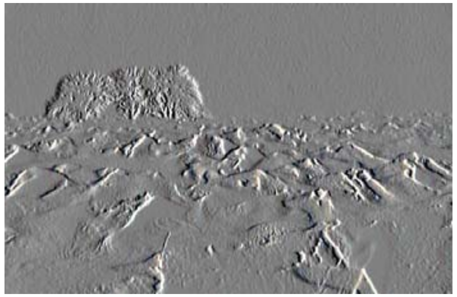
Differenzen-operatoren

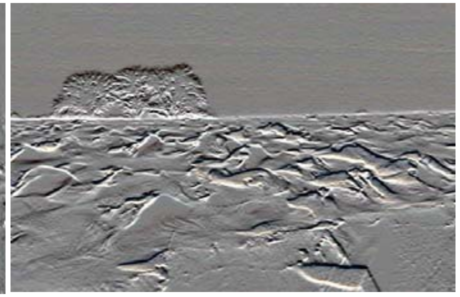


$$F_{Dx} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Anwendung der folgenden Differenzoperatoren:





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

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

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

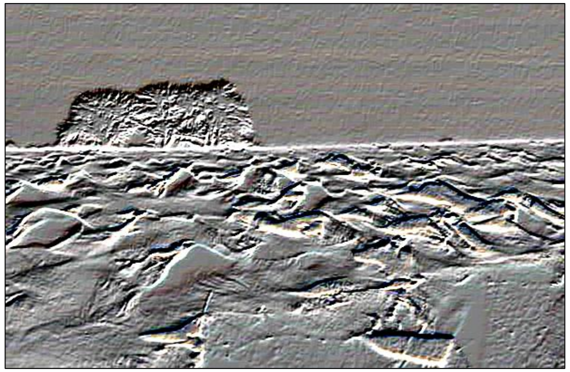
$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Kombinationsfilter: Ermittelt Kanten in allen Richtungen

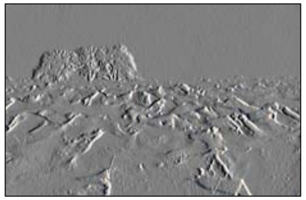
$$F_{D1} + F_{D2} + F_{D3} + F_{D4} = F_K$$

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

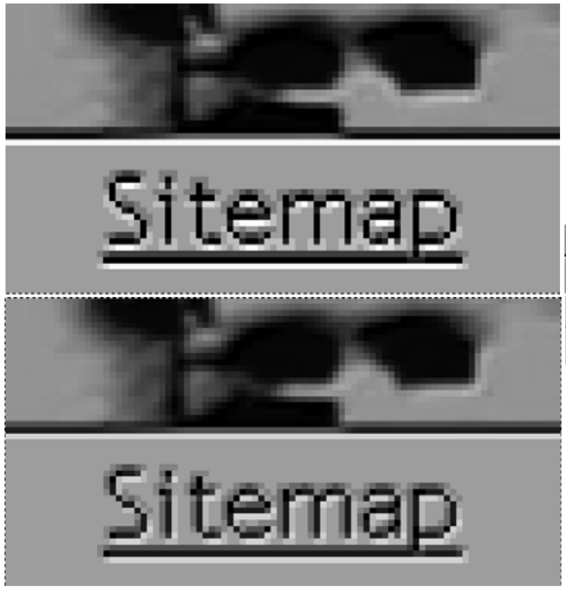
Anwendung des Kombinationsfilters



Vergleich mit
dem vertikalen
Differenzoperator



Wie kombiniert man die ursprüngliche Bildinformation mit dem Kombinationsfilter?

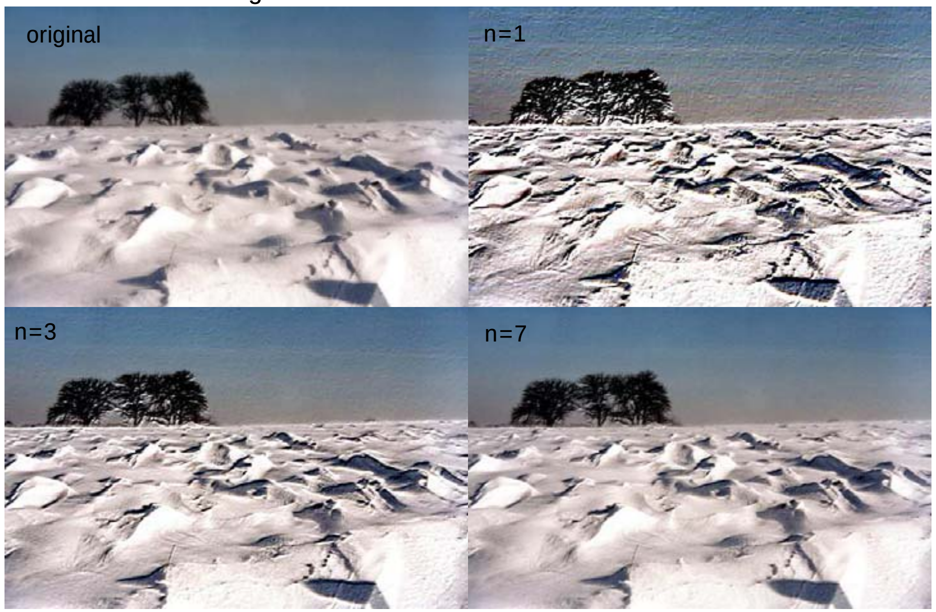


Relief-Filter

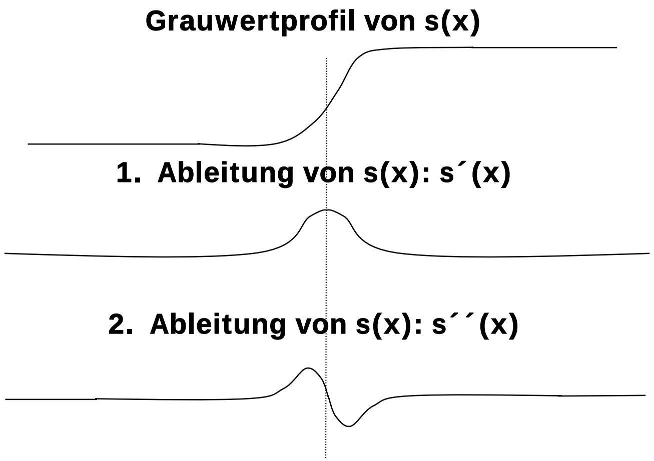
$$F_R=n*F_I+F_{D2}=\begin{array}{|c|c|c|}\hline -1 & -1 & -1 \\ \hline 0 & n & 0 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline\end{array}$$

$$F_R=n*F_I+F_{D4}=\begin{array}{|c|c|c|}\hline -1 & -1 & 0 \\ \hline -1 & n & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline\end{array}$$

Anwendung des Kombinationsfilters mit unterschiedlichen n:



Kantendetektion mit dem Laplace-Operator



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

$$s''(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{(s(x+1) - s(x)) - (s(x) - s(x-1))}{\Delta x}$$

Für Raster-bilder: $\Delta x = 1$

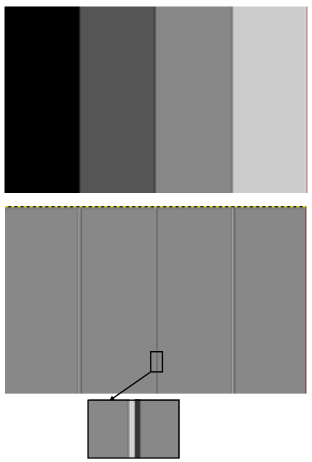
$$s''(x) = s(x+1) - 2 \cdot s(x) + s(x-1)$$

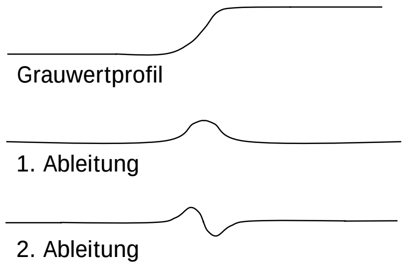
2. Ableitung in wagrechter & senkrechter Richtung:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Laplace-Operator

Laplace-Operator zur Kantendetektion





$F_L =$

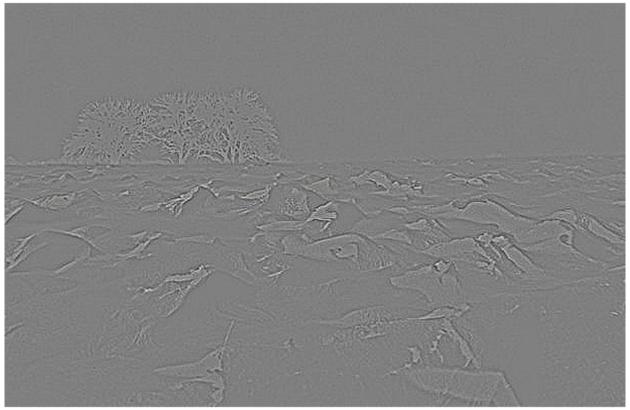
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Laplace-Operator zur Kantendetektion

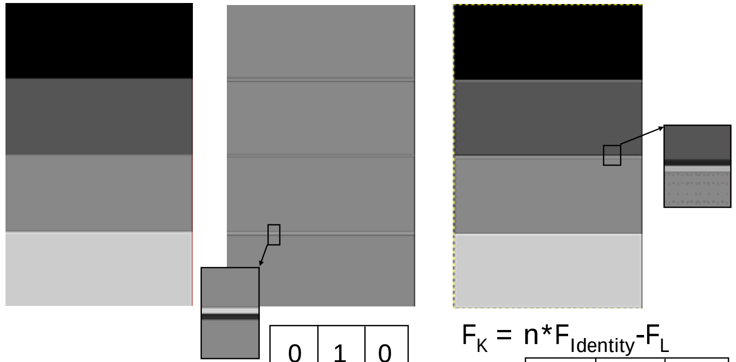
$F_L =$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Kantendetektion mit Laplace-Operator



Laplace-Operator zur Kantendetektion und Kontrastverbesserung



$F_L =$

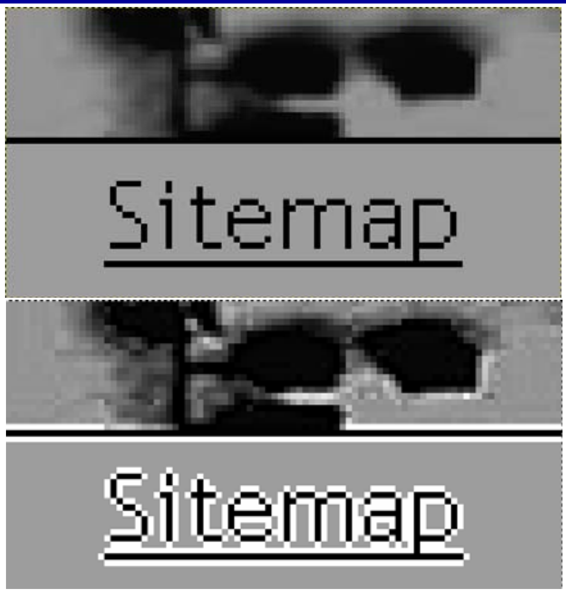
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

$F_K = n*F_{Identity}-F_L$

$F_K =$

0	-1	0
-1	n+4	-1
0	-1	0

Gimp!!!



Kontrastverbesserung mit Laplace-Operator

$F_K =$

0	-1	0
-1	n+4	-1
0	-1	0

Kontrastverbesserung mit Laplace-Operator

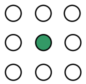

Wie wird sich wohl hier die Kontrastverbesserung auswirken?

Bilder von Peter Wienerroither & Thomas Rambausle

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

- Median
- Dilatation
- Erosion
- Opening
- Closing

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

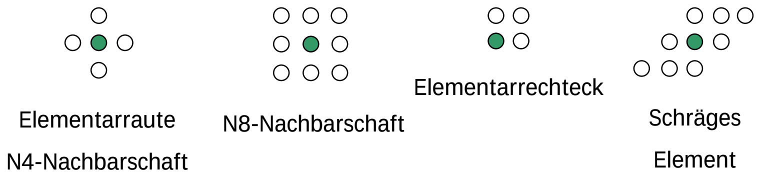
Am Beispiel der N8-Nachbarschaft: 

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

Rangfolgeoperatoren / Rangordnungsoperatoren

Beispiele für strukturierende Elemente

- Bezugspunkt: ●
- Nachbarpunkt: ○



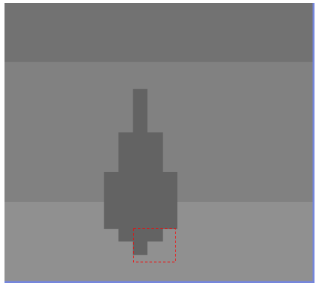
Medianfilter

Bezugspunkt nimmt mittleren Grauwert der Rangfolge an:

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

W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

Medianoperator

Original

Ergebnis

W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

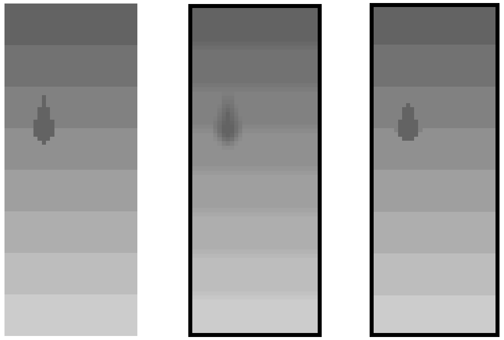
Medianoperator

Original

Ergebnis

W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator



Original 3x3 Mittelwert 3x3 Median

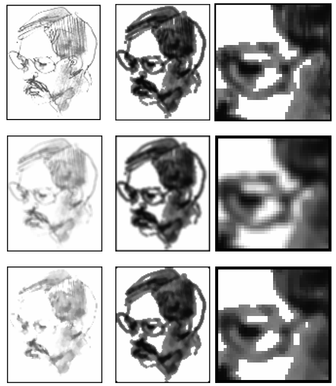
W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

Vergleich: Mittelwert- und Medianoperator

Ausgangsbilder

3x3 Mittelwert

3x3 Median



W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

Vergleich: Mittelwert und Median

Ausgangsbild

3x3 Mittelwert

3x3 Median

W. Kestner: Folien zur Vorlesung „GDV I“

Dilatation

Bezugspunkt nimmt *maximalen* Grauwert der Rangfolge an:

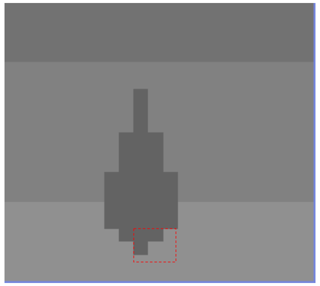
1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \ldots \leq g_n$
2. Für eine N8-Nachbarschaft gilt: g‘(i,j) = g_8

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

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

Folge: Ausdehnung der helleren Bereiche

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:

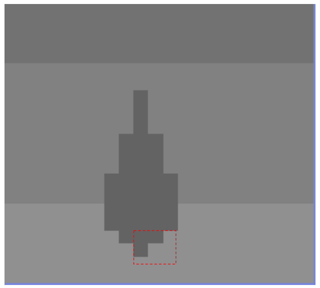
1. Sortieren: $g_0 \le g_1 \le \ldots \le g_n$
2. Für eine N8-Nachbarschaft gilt: g'(i,j) = g_0

   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

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