

Digitale Bildverarbeitung (DBV)

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Jürgen Przybilla

Labor für Photogrammetrie

Email: heinz-juergen.przybilla@hs-bochum.de

Tel. 0234-32-10517

Sprechstunde: Montags 13 – 14 Uhr
und nach Vereinbarung

Bildvorverarbeitung

- Filteroperationen im Ortsbereich -

Filterung im Ortsbereich



- Filteroperationen sind wichtige Hilfsmittel der Bildvorverarbeitung.
- Es handelt sich hier um Techniken, mit deren Hilfe Bilder so verändert werden können, dass gewünschte Merkmale besser sichtbar werden.

Filterung im Ortsbereich



- Ziele:
 - Glättung des Bildes.
 - Behebung von technischen Störeinflüssen, Bildrauschen, Kontrastausgleich.
 - Schärfung des Bildes, Betonung der lokalen Besonderheiten und Extrema, z.B. Kanten und Texturen.

Filterung im Ortsbereich



- Im Ortsbereich wird die Filterung durch Faltung (engl. convolution) mit einem Filteroperator durchgeführt.
- Hierbei erfolgt eine gewichtete Summation der Grauwerte einer Umgebung des Eingabebildes.

$$f'(x, y) = f(x, y) * g(x, y)$$

mit $f(x, y)$ = Ausgangsbild, $g(x, y)$ = Filtermatrix

Filterung im Ortsbereich

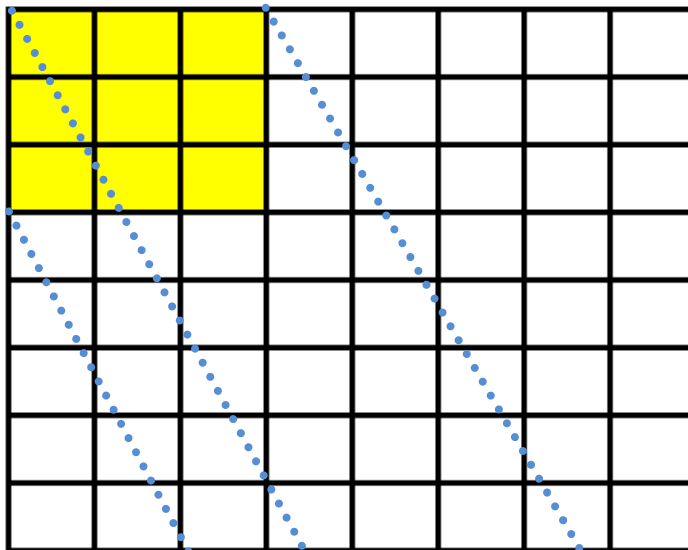


- Die Filtermatrix besteht aus einem rechteckigen oder quadratischen Bildausschnitt (Fenster, Maske, Kernel, Filter), der auf die Bildkoordinate (x, y) zentriert und dann von Pixel zu Pixel verschoben wird.

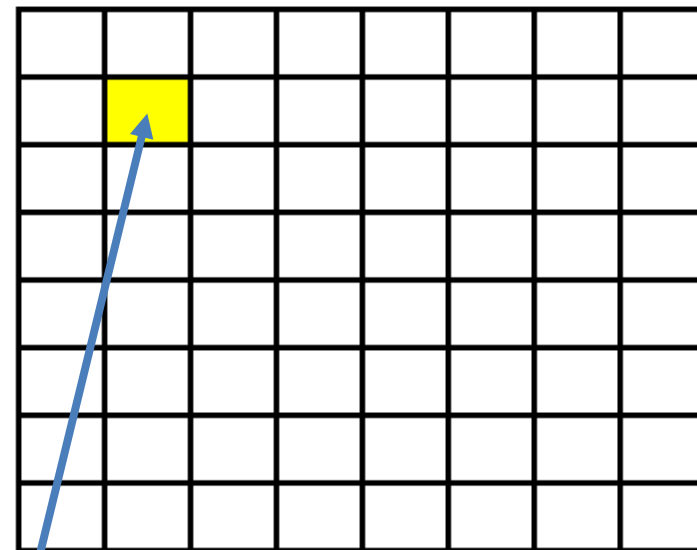
Filterung im Ortsbereich



Eingabebild



Ausgabebild



g_1	g_2	g_3
g_4	g_5	g_6
g_7	g_8	g_9

$$\sum g_i x_i$$

Filterung im Ortsbereich



g_1 ($x-1, y-1$)	g_2 ($x-1, y$)	g_3 ($x-1, y+1$)
g_4 ($x, y-1$)	g_5 (x, y)	g_6 ($x, y+1$)
g_7 ($x+1, y-1$)	g_8 ($x+1, y$)	g_9 ($x+1, y+1$)

- $g_1 - g_i$ sind Gewichtungsfaktoren, die dem Zentralpixel sowie seinen $i-1$ Nachbarn zugeordnet sind.
- Die Funktion der Maske wird durch die Koeffizienten bestimmt.
- Die benachbarten Pixel beeinflussen also den neuen Grauwert.

Filterung im Ortsbereich



g1 (x-1, y-1)	g2 (x-1, y)	g3 (x-1, y+1)
g4 (x, y-1)	g5 (x, y)	g6 (x, y+1)
g7 (x+1, y-1)	g8 (x+1, y)	g9 (x+1, y+1)

$$T[f(x, y)] = g_1 f(x-1, y-1) + g_2 f(x-1, y) + g_3 f(x-1, y+1) + g_4 f(x, y-1) + g_5 f(x, y) + g_6 f(x, y+1) + g_7 f(x+1, y-1) + g_8 f(x+1, y) + g_9 f(x+1, y+1)$$

Definition der Filtermatrix



- Die Größe der Filtermatrix definiert den Nachbarschaftsbereich.
- Die enthaltenen Zahlenwerte legen den Grad der Einflussnahme fest.
 - 3 * 3 Matrix
 - 5 * 5 Matrix
 - 7 * 7 Matrix...
(ungerade Pixelanzahl → Zentralpixel)

- Die Filtermatrix gleitet zeilen- und spaltenweise über die Bildmatrix. Pro Position erfolgt:
 - Multiplikation mit dem korrespondierenden Pixel der Bildmatrix
 - Summation und Normierung
 - Zuordnung des Ergebnisses zum aktuellen Zentralpixel der Bildmatrix
 - Randprobleme sind zu berücksichtigen

Randproblem



1	1	1	0	3	2	24	24	24
1	0	1	0	3	2	24	24	24
1	1	1	1	0	26	23	27	27
7	7	5	3	2	25	22	25	25
5	5	6	4	3	22	22	27	27
4	4	5	3	25	24	20	20	20
4	4	3	4	22	22	21	24	24
4	4	1	24	22	25	23	24	24
4	4	1	24	22	25	23	24	24

30	20	20	34	105	152	197
38	27	22	62	101	175	194
41	35	26	84	120	197	200
43	36	52	108	143	185	181
36	33	72	104	157	182	185
29	49	105	149	182	182	176
25	68	99	168	180	188	187

Bildmatrix mit Randerweiterung

Tiefpassfilter



- Zur Unterdrückung hochfrequenten Rauschens (lässt die niedrigen, „tiefen“ Frequenzen passieren und eliminiert die hohen).
- Glättung und/oder Entfernung von Bild-details
- Führt ggf. auch zu Unschärfe (engl. blurring)

Tiefpassfilter



- Da auch Kanten in der Ortsfrequenzdarstellung hochfrequente Anteile beinhalten, werden sie durch den Tiefpassfilter abgeflacht/zerstört.

Tiefpassfilter



- Spaltentiefpass

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- Gauß-Tiefpass

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

- Da in den nebenstehenden Matrizen die Koeffizienten nicht normiert sind, ist das Ergebnis der Berechnung durch die Summe der Gewichtskoeffizienten zu dividieren.

- Spaltentiefpass: $\frac{1}{9}$
- Gauß-Tiefpass : $\frac{1}{16}$

Tiefpassfilter



- Spaltentiefpass



$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Tiefpassfilter



- Gauß-Tiefpass



$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Tiefpassfilter



- Gleitender Mittelwert

$$\frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- Beseitigung von Störpixeln

$$\frac{1}{8} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Hochpassfilter



- Durch Hochpassfilter werden Kanten verstärkt bzw. extrahiert (lässt die hohen Frequenzen passieren und eliminiert die niedrigen).
- Der visuelle Eindruck des Bildes wird härter.
- Feine Bild-Details werden hervorgehoben.

Hochpassfilter



- Homogene Bereiche werden gelöscht.
- Das Bildrauschen wird verstärkt.
- Die Wahl der Koeffizienten legt die Vorzugsrichtungen fest.
- Je stärker die Gewichtung des Zentralpixels ist, um so größer ist der Filtereffekt.

Hochpassfilter



- Nord-Gradient

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

- Süd-Gradient

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- Ost-Gradient

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

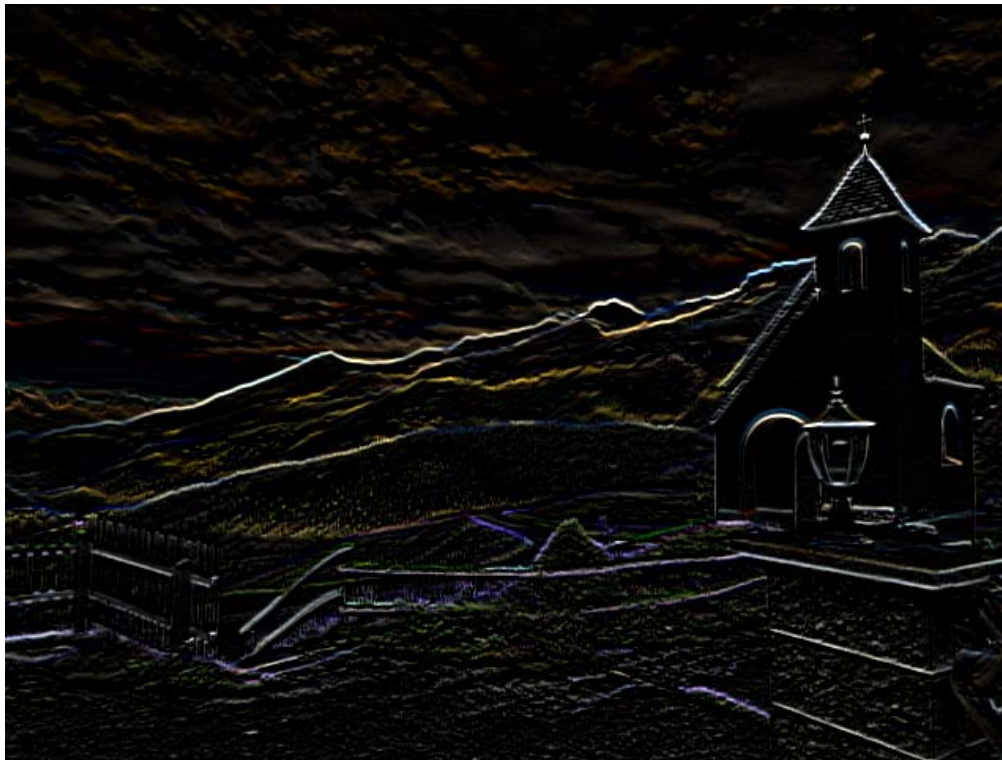
- West-Gradient

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

Hochpassfilter



- Nord-Gradient

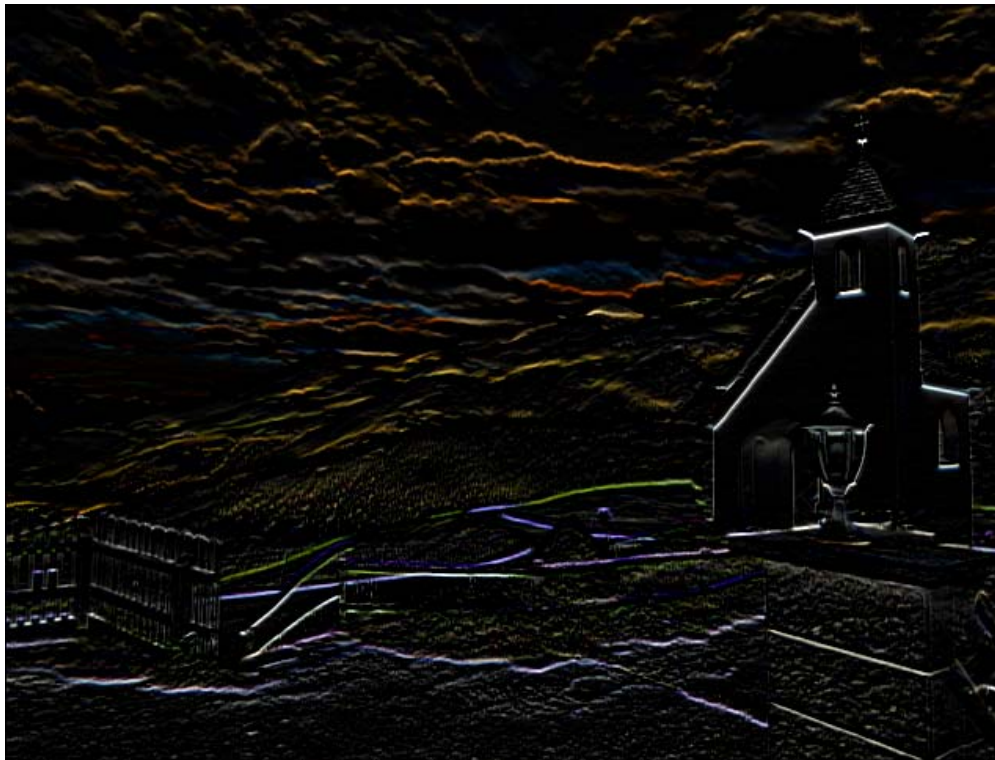


$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Hochpassfilter



- Süd-Gradient

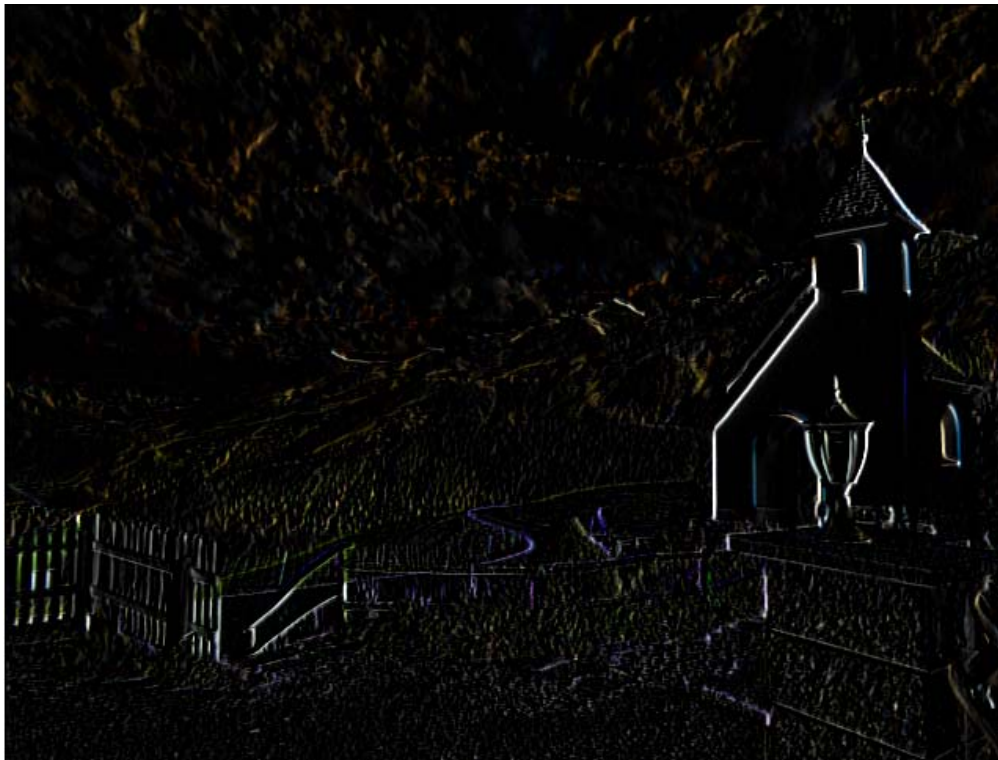


$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Hochpassfilter



- Ost-Gradient

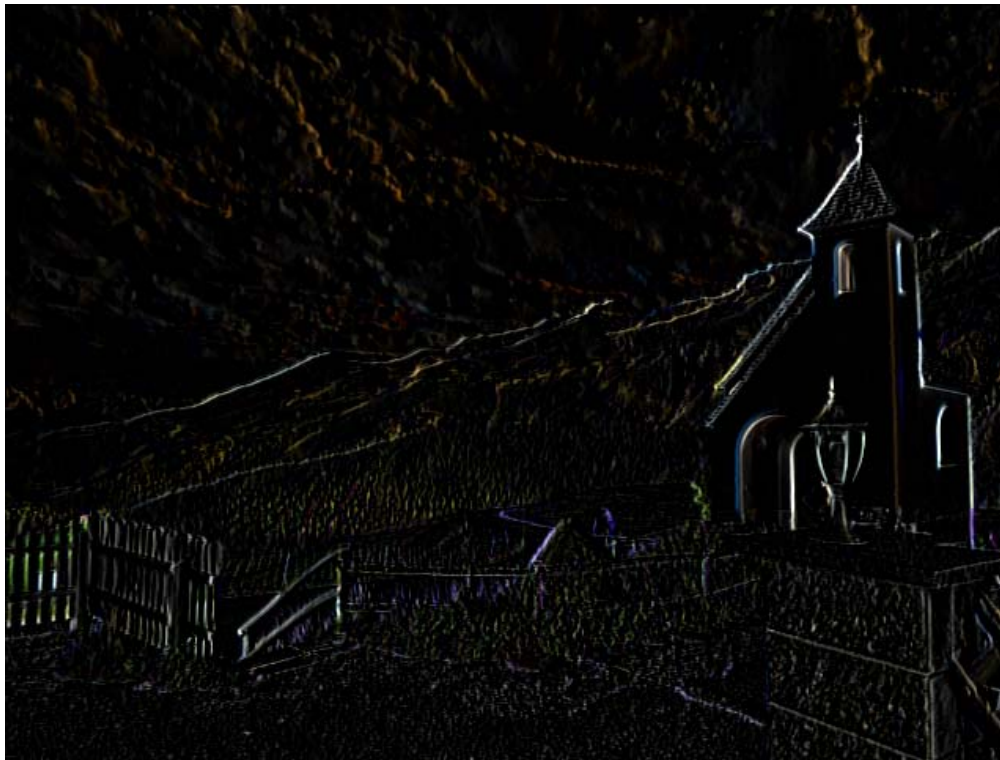


$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Hochpassfilter



- West-Gradient



$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

Kanten-Extraktion



- Die entsprechenden Filter modellieren Kanten heraus (engl. edge detection).
- Sie sind sog. „Nullsummen-Filter“, da die Summe aller Filterelemente der Maske Null beträgt.
- Alle homogenen Flächen erscheinen schwarz, die Kanten (Grauwertsprünge) werden hell dargestellt.

Laplace-Filter



- Werden zur richtungsunabhängigen Hervorhebung von Kanten genutzt (rotationsinvariant).
- Der Operator ist punktsymmetrisch.
- Hell-Dunkel-Übergänge erzeugen im Ausgabebild ein entgegengesetztes Vorzeichen zu Dunkel-Hell-Übergängen.

Laplace-Filter



- Mit Viererumgebung



$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Laplace-Filter



- Mit Achterumgebung



$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Bandpassfilter



- Beim Bandpassfilter erstreckt sich die Filterung auf ein spezielles Frequenzband der Signale.
- Frequenzbereiche unterhalb und oberhalb des Durchlassbereiches werden dabei gesperrt oder deutlich abgeschwächt.

Laplace-Filter



- Mit gleichzeitiger Tiefpasswirkung (mexican hat)

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Filtermatrix entsteht durch Hintereinanderschalten eines Gaußfilters und einer 2. Ableitung (Laplacian of Gaussian).

Es ergibt sich ein Filter mit Bandpasscharakteristik, der als rauschunempfindlicher Kantendetektor eingesetzt werden kann.

Laplace-Filter



- Mit gleichzeitiger Tiefpasswirkung (mexican hat)



$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Sobel-Operator



- Der Sobel-Operator ist ebenfalls ein richtungsabhängiger Filter.
- Er arbeitet mit 2 Filter-Masken in horizontaler und vertikaler Richtung.

$$\mathbf{G}_x = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{G}_y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Sobel-Operator



- Die gefalteten Bilder werden im Anschluss zum Gesamtgradienten zusammengefasst:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Canny-Edge Operator



- Der Canny-Edge Operator ist ein weit verbreiteter, robuster Algorithmus zur Kantendetektion.
- Er gliedert sich in verschiedene Faltungsoperationen (u.a. Sobel-Operator) und liefert ein Bild, welches idealerweise nur noch die Kanten des Ausgangsbildes enthält.

Canny-Edge Operator

