

# Mathematische Bildverarbeitung

Abbildungen und Zusatzmaterial  
Kapitel 5

In dieser PDF-Datei befindet sich eine Auswahl der Abbildungen aus dem Buch, vor allem solche, die aufgrund des Wegfallens der Rasterung am Bildschirm betrachtet anders wirken können als in gedruckter Form. Darüber hinaus sind die Originaldateien sowie sämtliche im Buch verwendeten Derivate der unter CreativeCommons-Lizenzen verwendeten Bilder als Anhänge enthalten. Abbildungen mit folgenden Symbolen zeigen zusätzliches Material an:



Informationen über die Quelle sowie die Originaldatei dieses Bildes können als Anhang abgerufen werden, in den meisten PDF-Betrachtern durch Doppelklick auf das Symbol.



Es sind Informationen über die Quelle dieses Bildes vorhanden, ein Doppelklick öffnet in der Regel die Internetadresse, unter der die Bilddatei heruntergeladen werden kann.

Alle hier enthaltenen, aus den CreativeCommons-Lizenzen by-2.0 oder by-sa-2.0 hervorgegangen Bilder dürfen unter Angabe dieser Quelle zu den Bedingungen unter

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode>

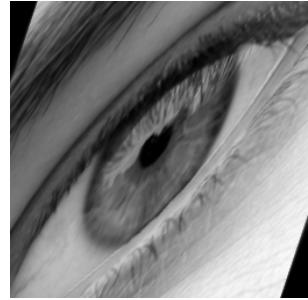
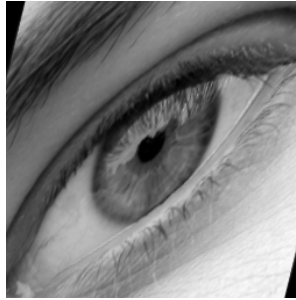
weitergegeben werden.

- Das Buch „Mathematische Bildverarbeitung“ ist im Vieweg+Teubner Verlag unter der ISBN 978-3-8348-1037-3 erschienen.

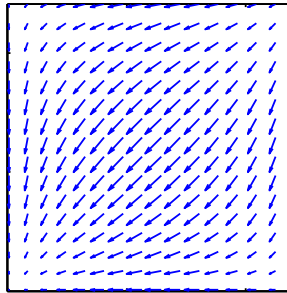


$$A = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 2 & -3 \end{bmatrix}$$

Originalbild  $u$

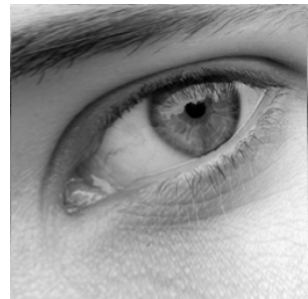


Anwendung von (5.1) für einige Skalen  $t$



Originalbild  $u$

Vektorfeld  $v$



Anwendung von (5.2) für einige Skalen  $t$

Abbildung 5.1. Beispiele für durch Koordinatentransformation gegebene Skalenraumanalysen. In der obersten Zeile ist das Beispielbild und die Matrix angegeben, für welche die Skalenraumanalyse nach (5.1) die Bilder in der zweiten Zeile liefert. Analog befinden sich in der dritten und vierten Zeile jeweils das Bild, Vektorfeld und die Anwendung der Abbildungen  $T_t$  nach (5.2) für einige  $t$ .



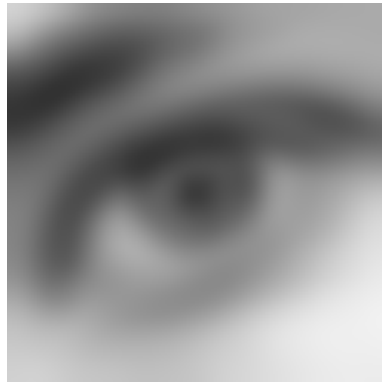
Originalbild  $u$



$t = 1$



$t = 5$



$t = 50$

Abbildung 5.2. Illustration der Multiskalenfaltung mit dem Gaußkern auf verschiedenen Skalen.



Originalbild  $u$



$t = 2$



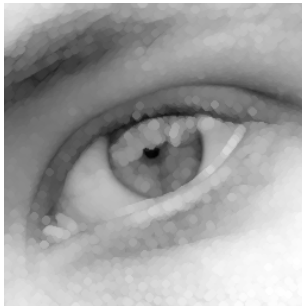
$t = 4$



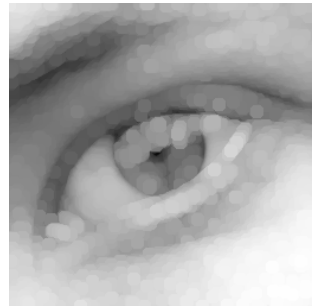
$t = 6$



$t = 2$

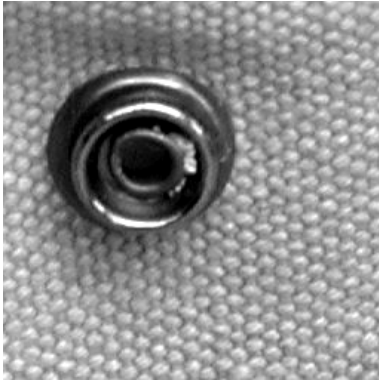


$t = 4$

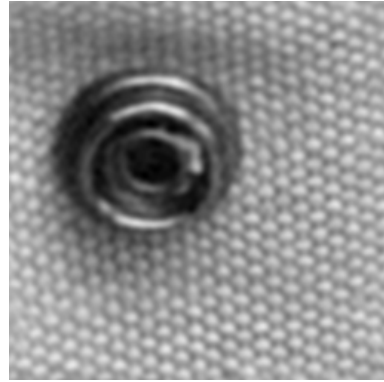


$t = 6$

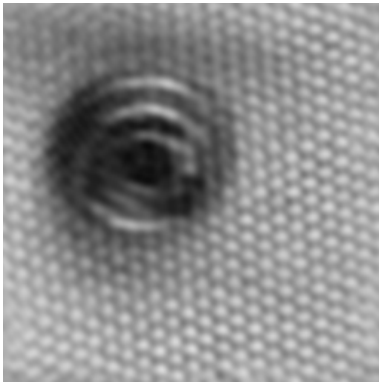
Abbildung 5.3. Beispiele für durch Erosion (zweite Zeile) und Dilatation (dritte Zeile) gegebene Skalenraumanalysen. Das hier verwendete Strukturelement ist ein um den Ursprung zentriertes Achteck.



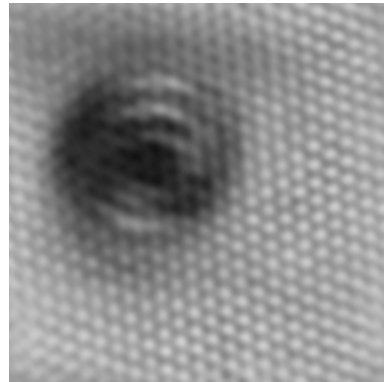
Originalbild  $u$



$t = 50$



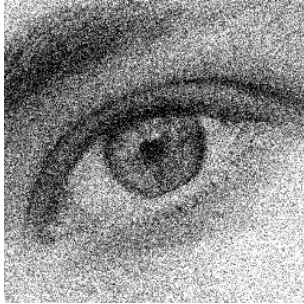
$t = 100$



$t = 150$

Abbildung 5.4. Illustration des Fourier-Soft-Thresholdings aus Beispiel 5.5 auf verschiedenen Skalen  $t$ .

verrauscht



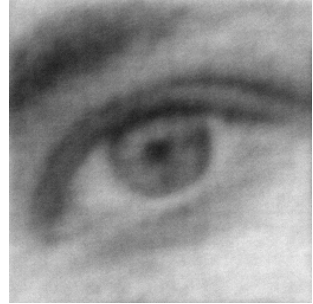
$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 14,6\text{db}$$

Wavelet-Soft-Thresholding

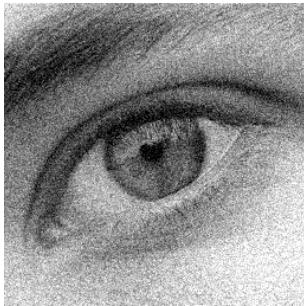


$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 24,6\text{db}$$

Fourier-Soft-Thresholding



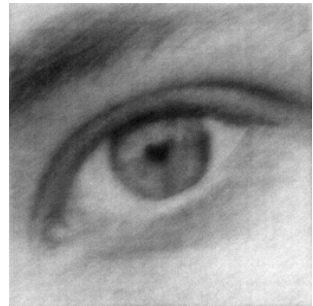
$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 24,2\text{db}$$



$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 20,2\text{db}$$



$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 27,7\text{db}$$



$$\text{PSNR}(u, u^\dagger) = 27,2\text{db}$$

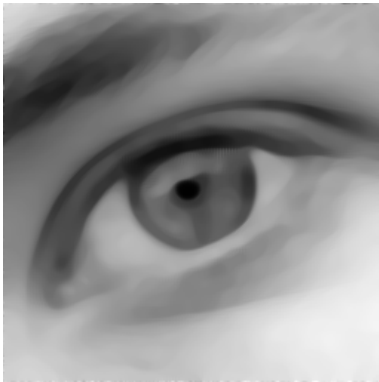
Abbildung 5.5. Entrauschen mit Fourier- und Wavelet-Soft-Thresholding aus Beispiel 5.5. Der Parameter  $t$  wurde jeweils so gewählt, dass der PSNR maximal ist.



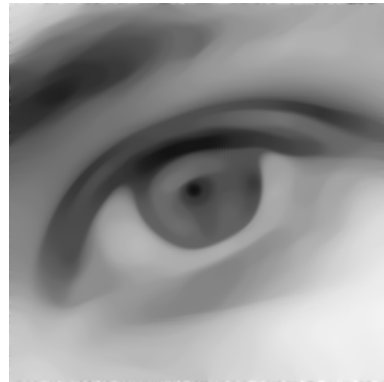
Originalbild  $u$



$t = 1$



$t = 10$



$t = 30$

Abbildung 5.8. Illustration des Krümmungsflusses für verschiedene Skalen  $t$ .

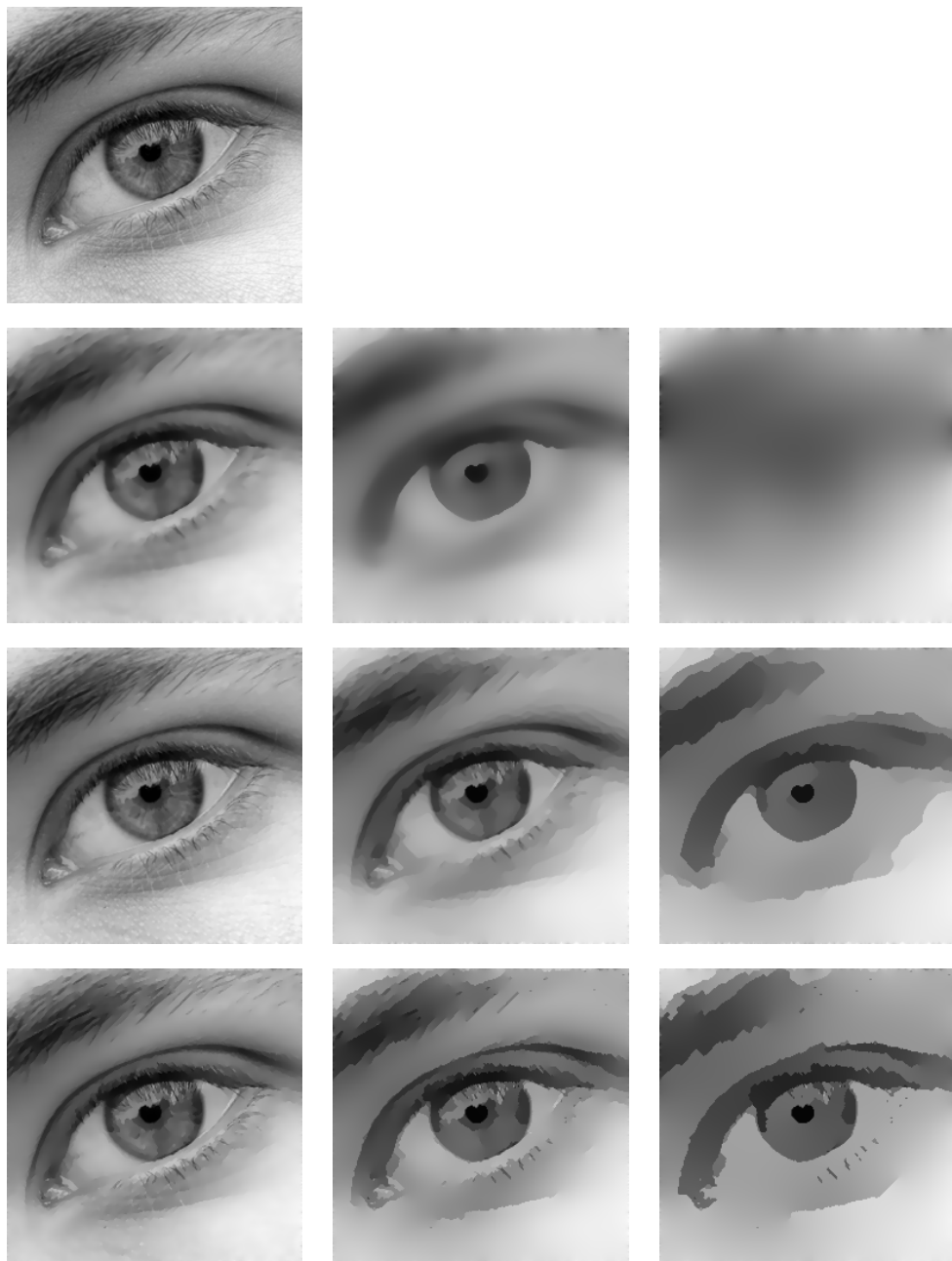


Abbildung 5.10. Wirkung der Perona-Malik-Gleichung. Links oben: Originalbild. Zweite Zeile: Funktion  $g_1$  mit  $\lambda = 0,02$ . Dritte Zeile: Funktion  $g_1$  mit  $\lambda = 0,005$ . Vierte Zeile: Funktion  $g_2$  mit  $\lambda = 0,02$ . Die Zeitpunkte sind jeweils  $t = 5, 50, 500$ .



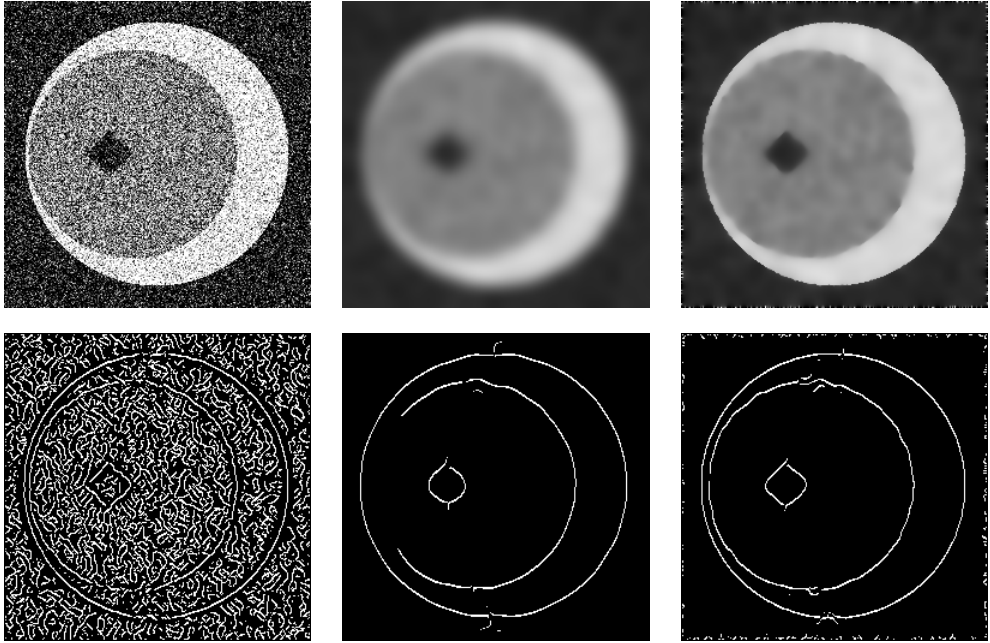
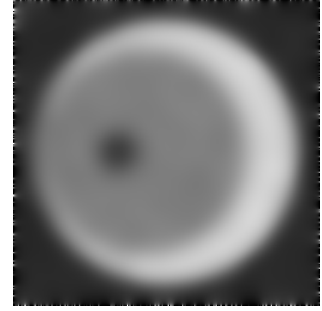
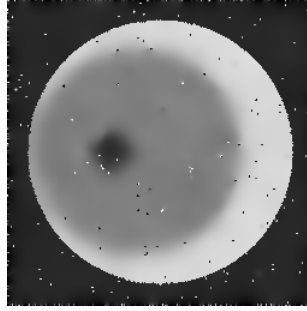
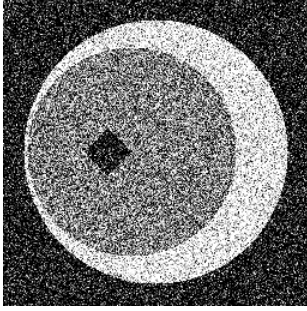
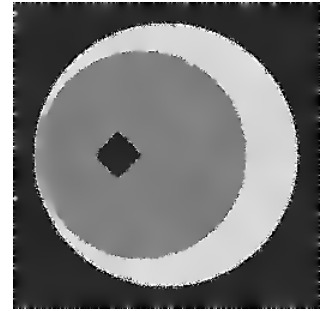
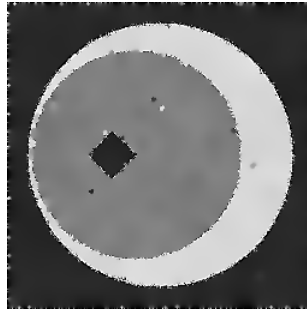


Abbildung 5.14. Kantenerkennung in verrauschten Bildern. Linke Spalte: Verrauschtes Bild mit Grauwerten im Bereich  $[0, 1]$  und die gefundenen Kanten mit dem Canny-Kantendetektor nach Anwendungsbeispiel 3.23 (Parameter:  $\sigma = 2$ ,  $\tau = 0,01$ ). Mittlere Spalte: Vorgeglättetes Bild mit der Wärmeleitungsgleichung, Endzeit  $T = 20$ . Rechte Spalte: Vorgeglättetes Bild mit der Perona-Malik-Gleichung mit Funktion  $g_1$ , Endzeit  $T = 20$ ,  $\lambda = 0,05$ .



$$\lambda = 0,1, \sigma = 0,01$$

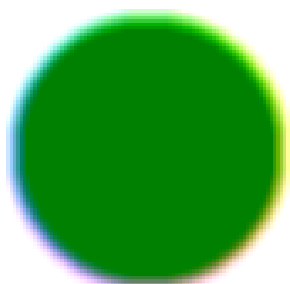
$$\lambda = 0,1, \sigma = 1$$



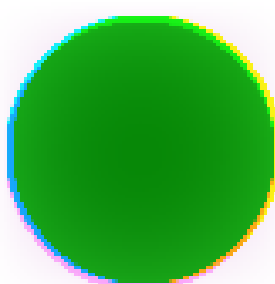
$$\lambda = 0,025, \sigma = 1$$

$$\lambda = 0,025, \sigma = 2$$

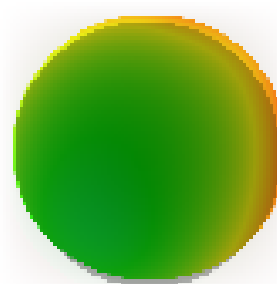
Abbildung 5.15. Entrauschen mit der modifizierten Perona-Malik-Gleichung.



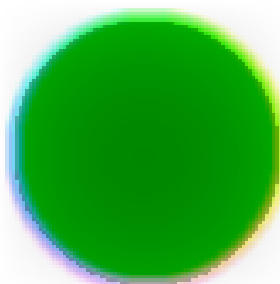
Original



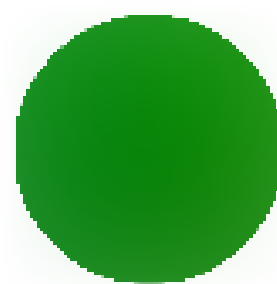
RGB-System, separat



HSV-System, separat

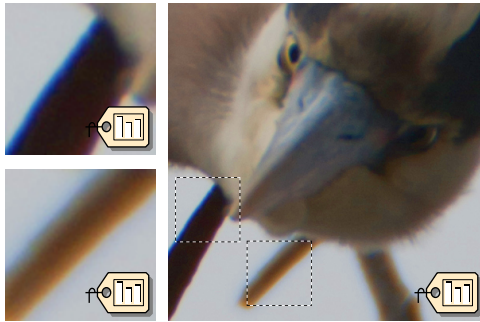


HSV-System, nur V-Kanal

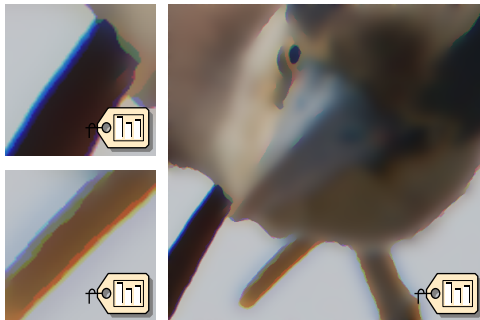


RGB-System, gekoppelt

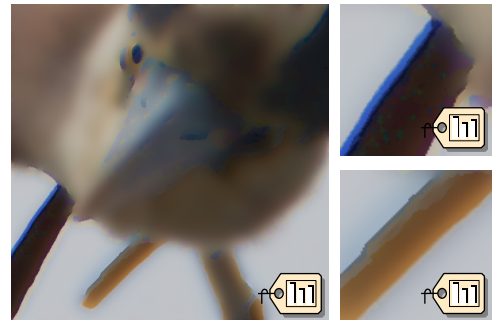
*Abbildung 5.16.* Nichtlineare Diffusion nach Perona-Malik für Farbbilder. Dies Bild besteht aus leicht verschobenen, unscharfen Kreisen mit unterschiedlichen Intensitäten in den drei RGB-Kanälen. Das gewählte Farbsystem und die Wahl des Diffusionskoeffizienten spielen eine Rolle. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn man den Diffusionskoeffizienten koppelt.



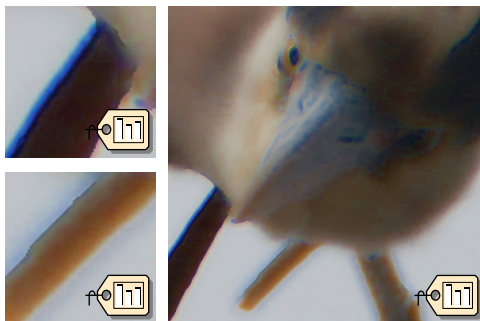
Original



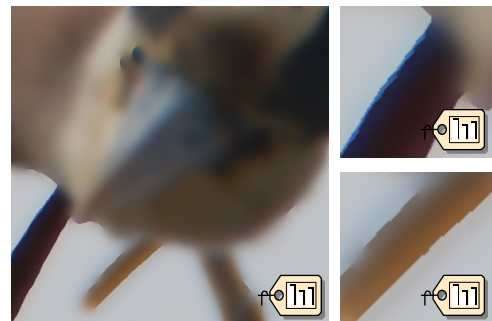
RGB-System, separat



HSV-System, separat



HSV-System, nur V-Kanal



RGB-System, gekoppelt

Abbildung 5.17. Nichtlineare Diffusion nach Perona-Malik für ein Farbbild mit chromatischer Aberation. Behandelt man die RGB-Farbkkanäle oder die HSV-Kanäle separat, so gibt es Farbfehler entlang der Kanten. Das alleinige Behandeln des V-Kanals zeigt vergleichsweise gute Ergebnisse; Koppeln der Kanäle bringt die besten Ergebnisse.



Abbildung 5.19. Wirkung von anisotroper Diffusion nach den Beispielen 5.46 und 5.47 basierend auf dem Strukturtenor  $J_\rho(\nabla u_\sigma)$  (Parameter  $\sigma = 0,5, \rho = 2$ ). Links oben: Originalbild. Erste Zeile: Kantenverstärkende Diffusion mit Funktion  $g_2$  und dem Parameter  $\lambda = 0,0005$ . Zweite Zeile: Kohärenzverstärkende Diffusion mit Funktion  $g_2$  und den Parametern  $\lambda = 0,001, \alpha = 0,001$ . Die Zeitpunkte sind jeweils  $t = 25, 100, 500$ .

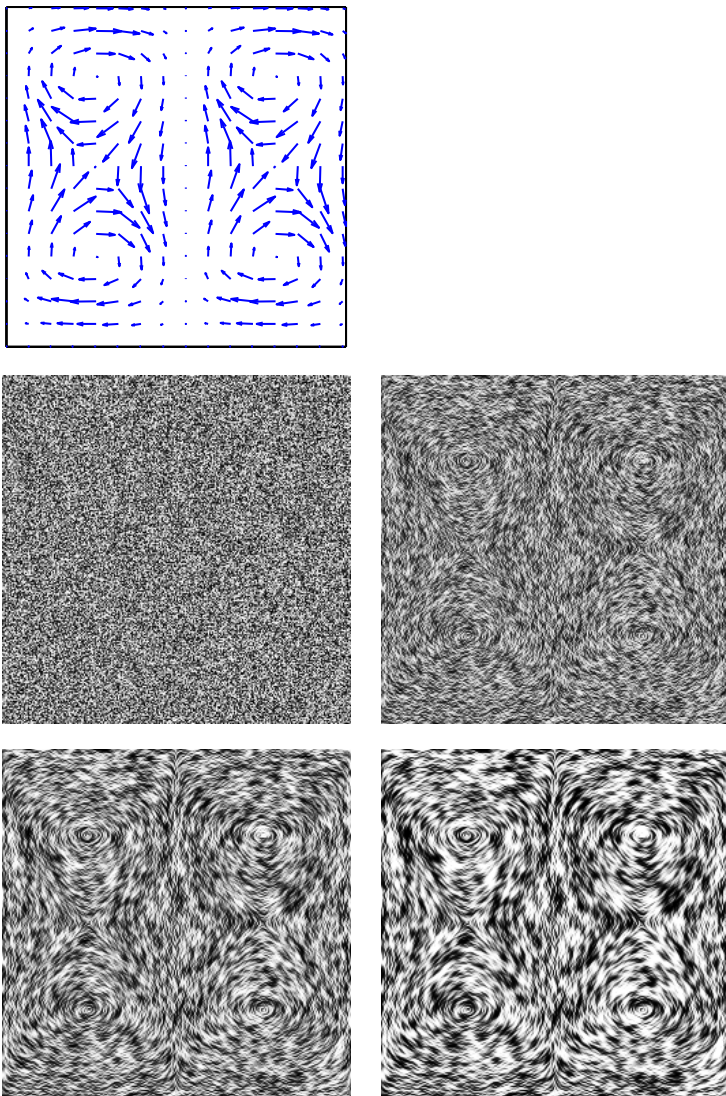


Abbildung 5.20. Visualisierung von Vektorfeldern durch anisotrope Diffusion nach Anwendungsbeispiel 5.48. Oben links das Vektorfeld, darunter der Anfangswert und die Lösung der Gleichung (5.19) zu verschiedenen Zeitpunkten.



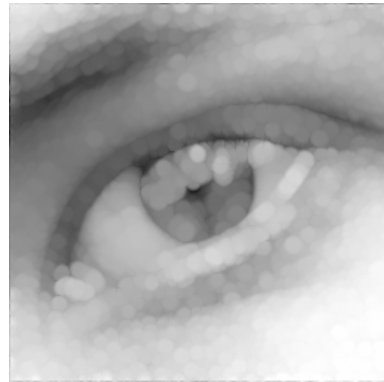
Originalbild



$t = 2$



$t = 4$

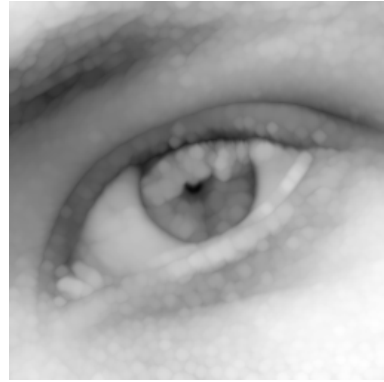


$t = 6$

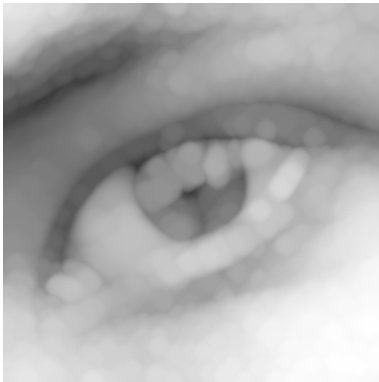
Abbildung 5.21. Lösung der Dilatationsgleichung mit der Methode der Charakteristiken nach1 Anwendungsbeispiel 5.56.



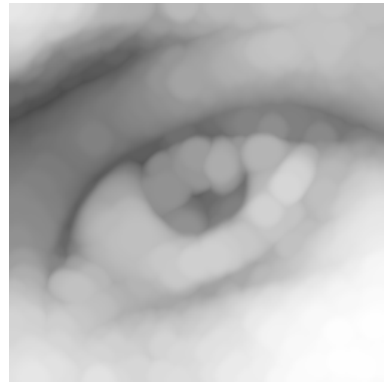
Originalbild



$t = 2$



$t = 4$



$t = 6$

Abbildung 5.22. Lösung der Dilatationsgleichung mit der Upwind-Methode nach Rouy-Tourin aus Anwendungsbeispiel 5.58.



Mathematische Bildverarbeitung

Einführung in Grundlagen und moderne Theorie

Bredies, K.; Lorenz, D.

2011, X, 445 S., Softcover

ISBN: 978-3-8348-1037-3