Zwei Watermarking-Verfahren im Wavelet-Bereich

Peter Meerwald, pmeerw@cosy.sbg.ac.at

22. November 1999

Zusammenfassung

Die Watermarking-Verfahren von Wang [1] und Kundur [3] werden vorgestellt und mit ihren "historischen Vorläufern" von Cox [4] bzw. Koch [2] verglichen. Dabei wird gezeigt, welche Vorteile der Wavelet-Transformationsbereich für Watermarking-Anwendungen bietet und welche Probleme noch zu lösen sind, um die Algorithmen im Bereich des Urheberschutzes von digitalen Bildern einsetzen zu können.

Watermarking - was ist das?

Einbetten von Daten in ein digitales Trägersignal, z. B. Video, Audio, Graphik, Bild [11]

verschiedene Anwendungsbereiche wie

- Urheberschutz,
- Steganographie,
- Manipulationserkennung

mit unterschiedlichen Anforderungen:

- Robustheit,
- Wahrnehmbarkeit,
- Kapazität,
- Sicherheit

Ablauf

- Generieren des Watermarks W mit Länge n_w
- Einbetten von W in das zu schützende Trägersignal I mit Hilfe eines Schlüssels K: $I' = E_K(I, W)$
- Extrahieren (Nachweisen) des Watermarks aus dem (veränderten) Signal $I^\star$ unter Zuhilfenahme des Originalsignals I: $W^\star = D_K(I^\star, I)$
- Korrelation des extrahierten Wasserzeichens $W^\star$ mit W um die Ähnlichkeit $\delta(W^\star, W)$ zu ermitteln

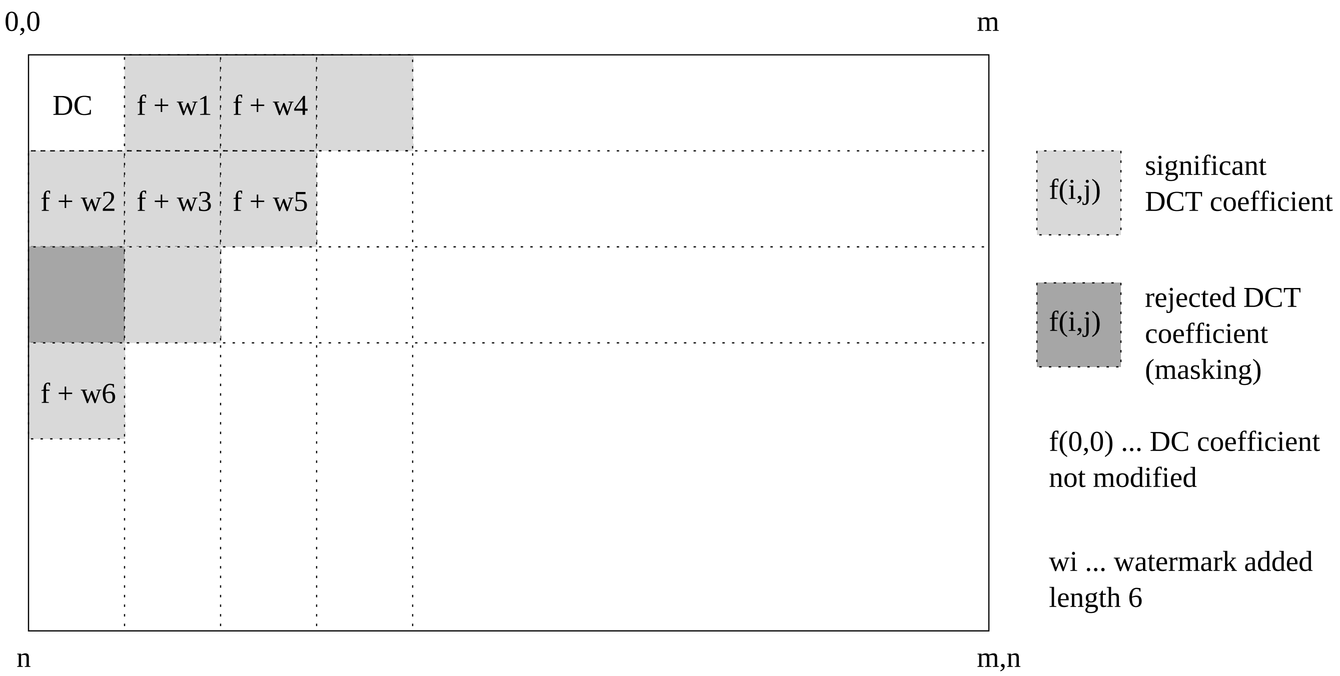
$$\delta = \frac{W^\star \cdot W}{\|W^\star\| \cdot \|W\|} = \frac{\sum_i w_i^\star \cdot w_i}{\sqrt{\sum_i w_i^{\star 2} \cdot \sum_i w_i^2}},\ 1 \leq i \leq n_w$$

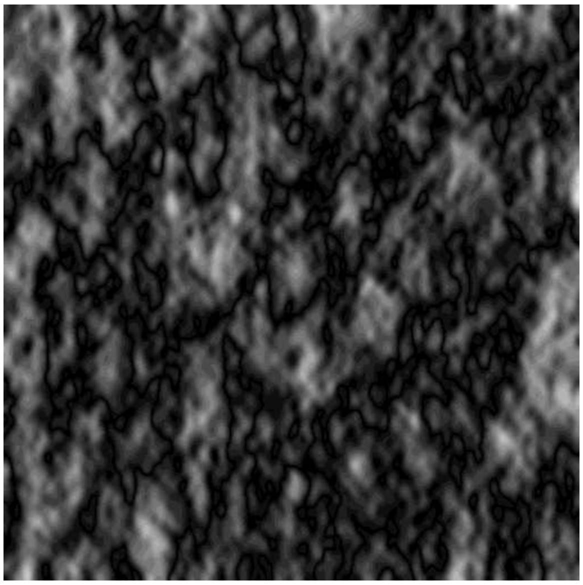
Zwei klassische Verfahren. . .

Cox [4] und Koch [2], beide arbeiten im DCT-Bereich, beide verändern für die Wahrnehmung signifikante Koeffizienten um das Wasserzeichen robust zu machen

Cox: zu den 1000 größten DCT-Koeffizienten[1] $f(m, n)$ wird eine eben so lange um 0 normalverteilte Folge von Zufallszahlen w_i addiert

$$f'(m, n) = f(m, n)(1 + \alpha w_i)$$



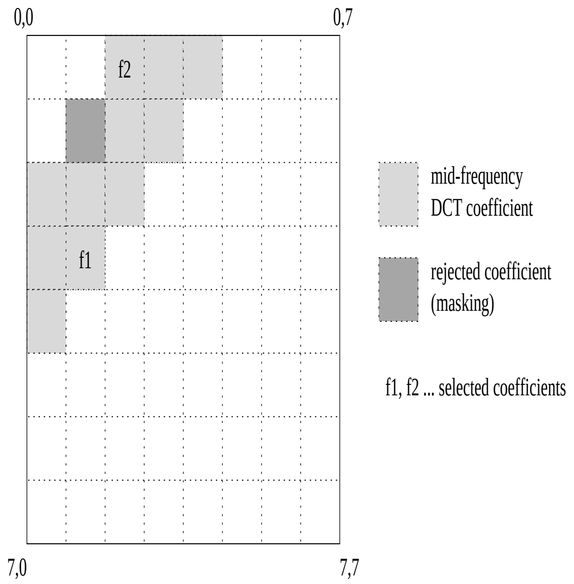
Parameter	Beschreibung
$n_w = 1000$	Länge des Watermarks
$\alpha = 0.1$	Intensität der Einbettung

Koch: in zufällig gewählten 8x8 DCT Block b wird die Beziehung zwischen 2 (oder 3^2) Koeffizienten im mittleren Frequenzbereich verändert, um pro Block ein Bit an Information w_i einzubetten

$$\Delta_b(m_1, n_1, m_2, n_2) = |f_b(m_1, n_1)| - |f_b(m_2, n_2)|$$

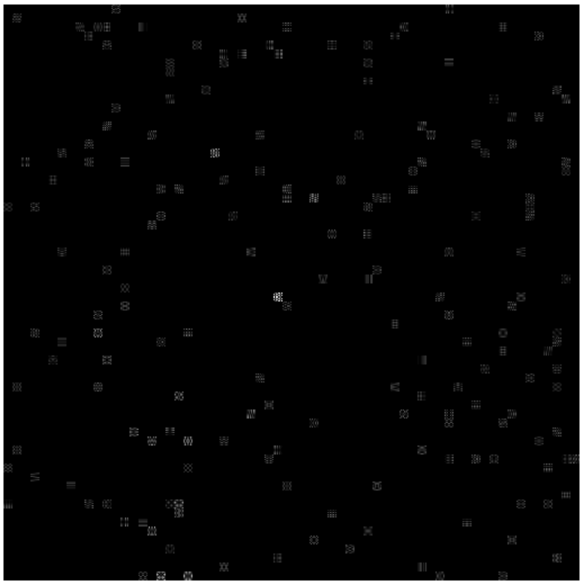
wollen

$$\Delta_b(m_1, n_1, m_2, n_2) = \begin{cases} \geq q & \textbf{for } w_i = 1 \\ \leq -q & \textbf{for } w_i = 0 \end{cases}$$



[1] ausgenommen DC-Koeffizient

[2] Erweiterung Benham [10]

Parameter	Beschreibung
$n_w = 184$	Länge des Watermarks
$q = 1.0$	Intensität der Einbettung
$Q = 10$	Quantisierungsfaktor

. . . und ihre Probleme

Cox:

Umkehrbarkeit der Einbettung (siehe Craver [5])

Originalbild notwendig, um Wasserzeichen auszulesen (non-blind)

Rechenaufwand für DCT

nimmt nicht auf Human Vision System (HVS) Bezug (siehe Erweiterung Bartolini [12])

Koch:

Block-Artefakte durch 8x8 DCT

Sicherheit beruht auf Auswahl der Blöcke

HVS wird nicht ausgenutzt

Entfernen eines Watermarks durch Mitteln mehrerer Kopien eines Bildes möglich (Collusion attack)

Warum nun im Wavelet-Bereich?

Xia [8] sieht folgende Vorteile:

- multiresolution-Eigenschaft und hierarchisch, spart Aufwand bei der Erkennung des Signals, speziell bei Videos

- HVS nicht besonders empfindlich gegenüber Kanten und Texturen welche in den detail subbands repräsentiert sind

- zukünftige Kompressionsverfahren werden Wavelet-basiert sein - Vorteil? siehe Wolfgang[3][7] und Kundur[4][9]

weiters:

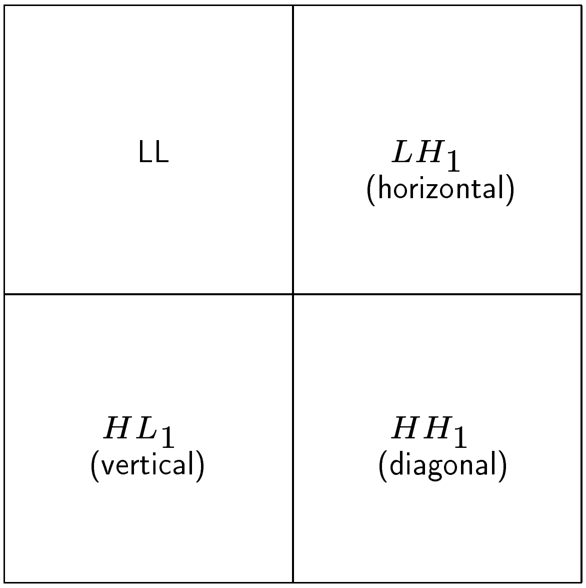
- Transformation effizienter zu rechnen als $M \times N$ DCT

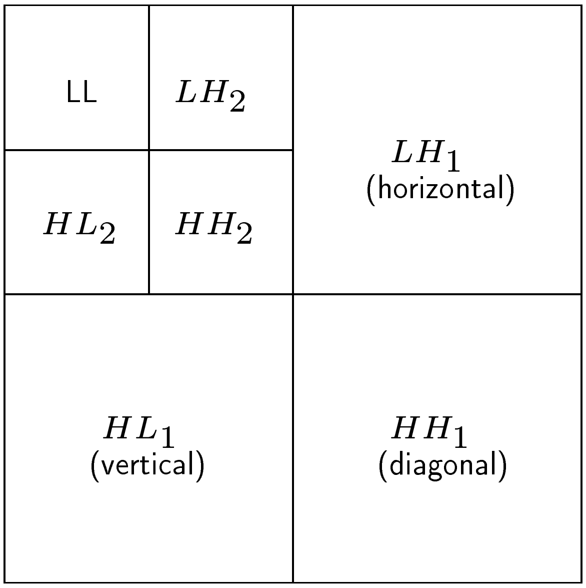
- lokalisiert

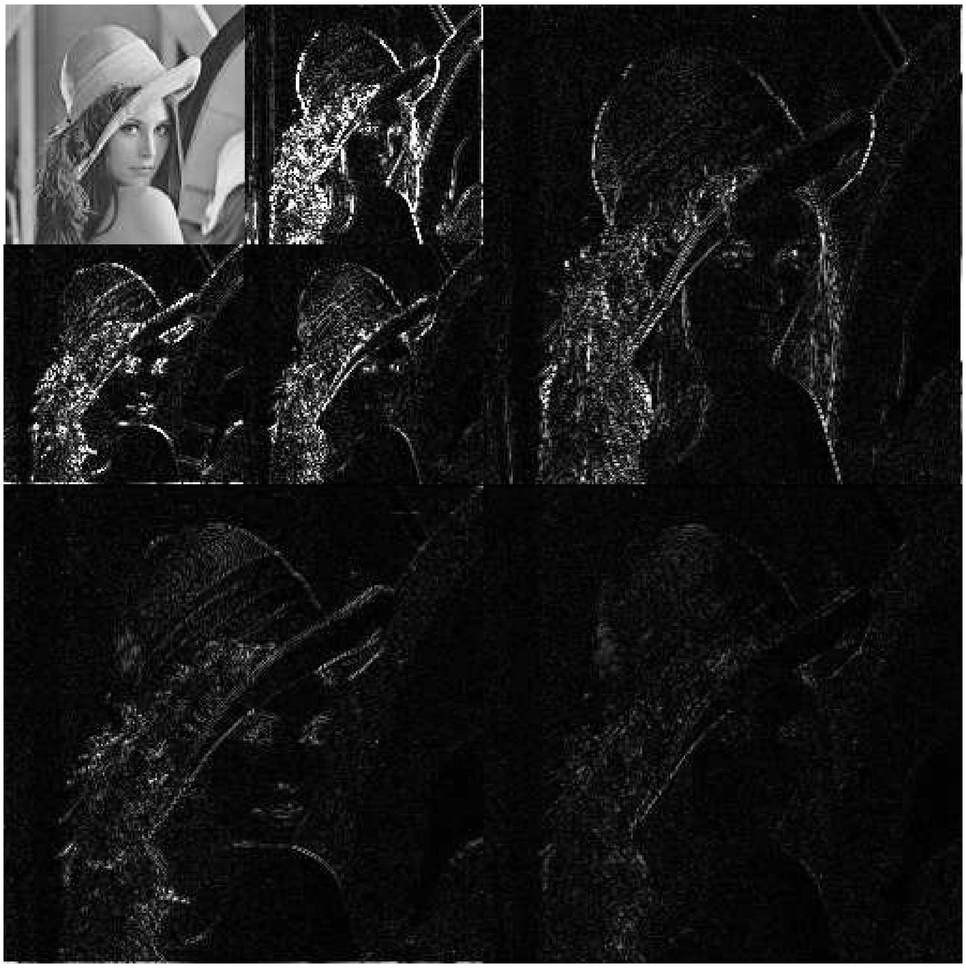
[3]Based on our experiments, we find that at low data rates it is beneficial to match the transform framework of the watermarking scheme to the transform framework of the compression scheme.

[4]It follows that complementary perceptual models should be used for watermarking and coding to increase robustness which is in direct contrast to other research in the area.

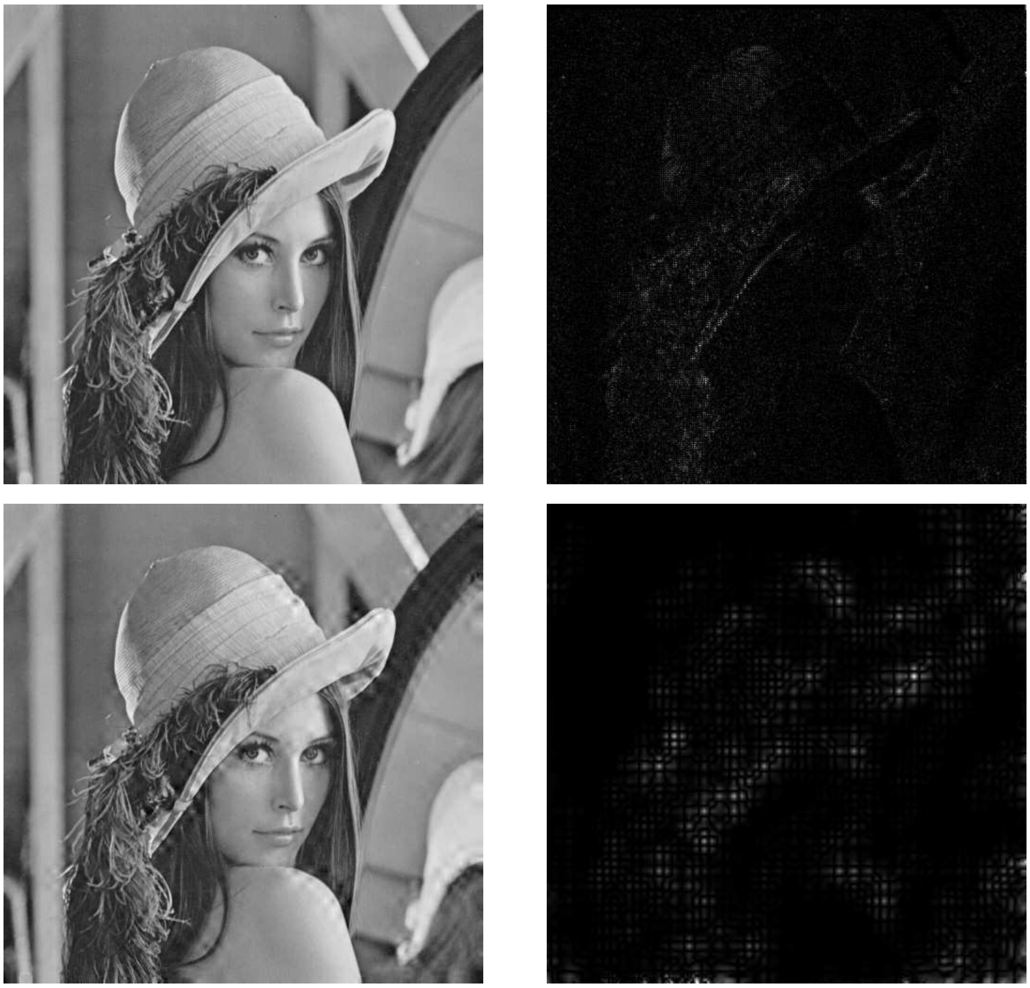
Wavelet-Transformation







HH weg, trotzdem. . .

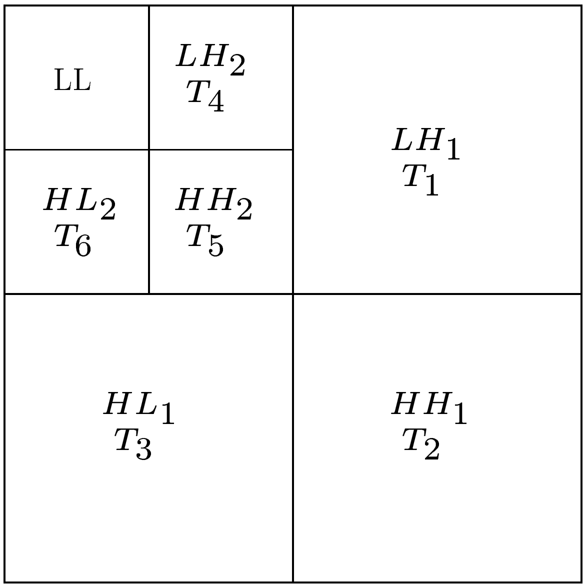


gelöschtes Subband	PSNR
HH1	43.70
HH2	38.94
HH3	34.78
HH4	31.97

Wang: Multi-Threshold

ähnlich Cox, allerdings im Wavelet-Bereich, baut auf MTWC [6]

berechnen einer anfänglichen Signifikanz-Schwelle für jedes Subband s: $T_s = \beta_s * \max_s(f_s(m,n))/2$

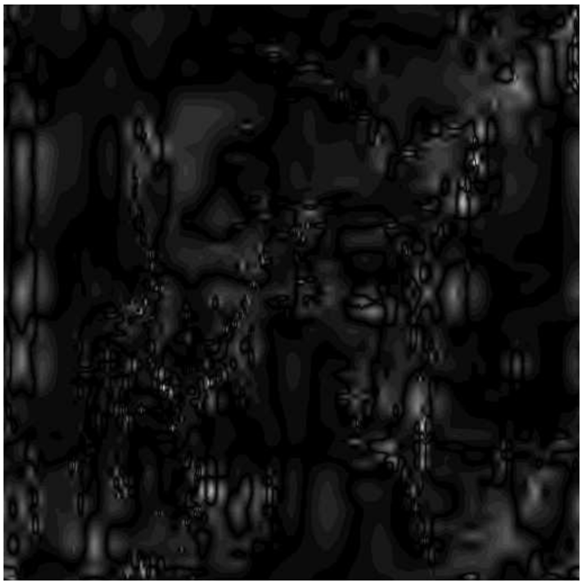


T_s ... initial subband threshold
approximation subband (LL) not used

$T_s = \beta_s * max_s(f_s(m,n))/2$
β_s ... weighting factor for subband s
$max_s(f_s(m,n))$ ... max. coefficient in subband s

im Subband mit dem größten Schwellenwert werden alle Koeffizienten $f_s(m,n) > T_s$ mit einem Watermark w_i versehen: $f'_s(m,n) = f_s(m,n) + \alpha_s \cdot \beta_s \cdot T_s \cdot w_i$, dabei werden schlüsselabhängig Koeffizienten ausgelassen

nach der Bearbeitung eines Subbands s wird der Schwellenwert $T'_s = T_s/2$ angepaßt

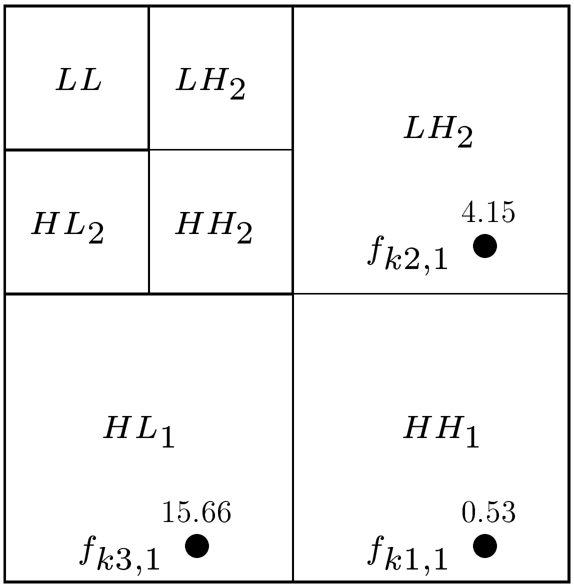
Parameter	Beschreibung
$\alpha_s = 0.125$	Intensität der Einbettung
$\beta_s = 1$	Gewichtung der Subbands
$n_w = 1000$	Länge des Watermarks

Kundur: Multi-Resolution

ähnlich Koch, allerdings im Wavelet-Bereich

auf Grund eines Schlüssels werden 3 Koeffizienten aus den 3 Detail-Subbands einer Ebene l gewählt und aufsteigend sortiert:

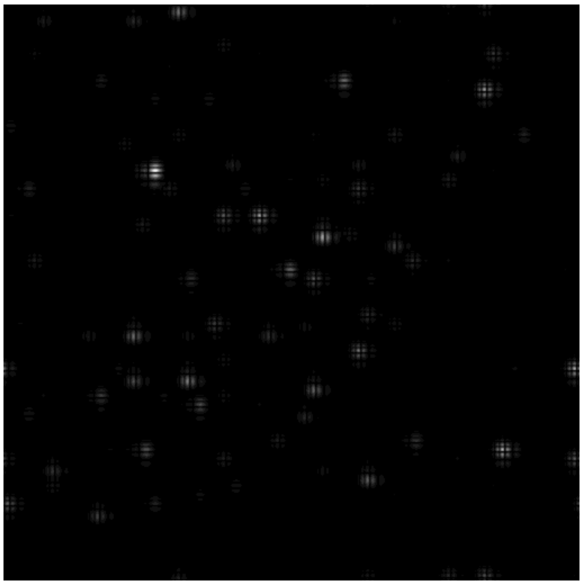
$f_{k1,l}(m,n) \leq f_{k2,l}(m,n) \leq f_{k3,l}(m,n)$



der mittlere Koeffizient $f_{k2,l}(m,n)$ wird entsprechend dem Watermark-Bit w_i verändert:

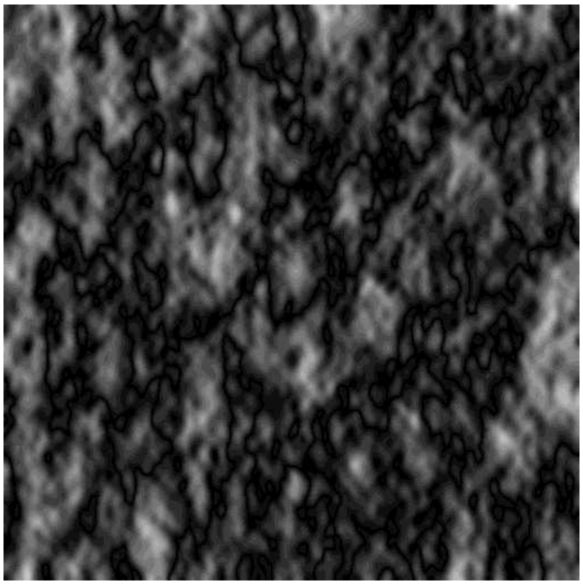
$$f'_{k2,l} = \begin{cases} f_{k1,l} + \Delta \cdot (2p+1) & w_i = 1 \\ f_{k1,l} + \Delta \cdot 2p & w_i = 0 \end{cases}$$

to embed $w_i = 1$
to embed $w_i = 0$
Δ ... bin width

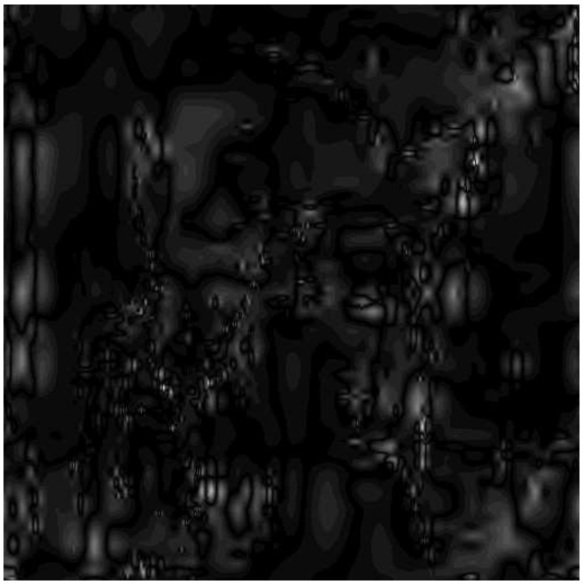
 

Parameter	Beschreibung
$\Delta = 2$	'bin width' Quantisierung
$L = 3$	DWT decomposition level
$n_w = 96$	Länge des Wasserzeichens

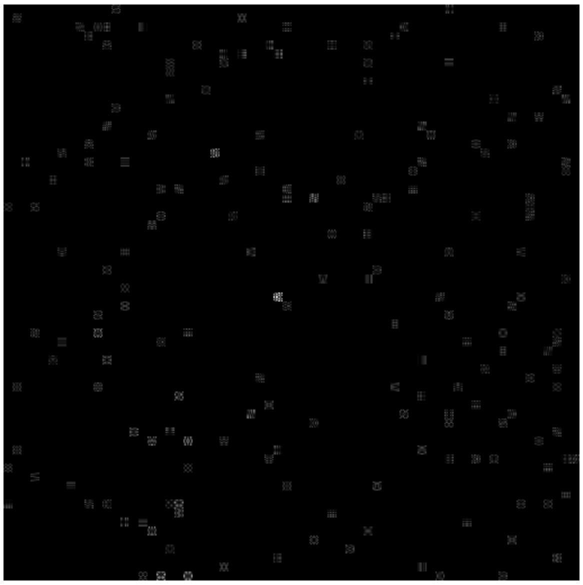
Vergleich der Verfahren: Differenzbild



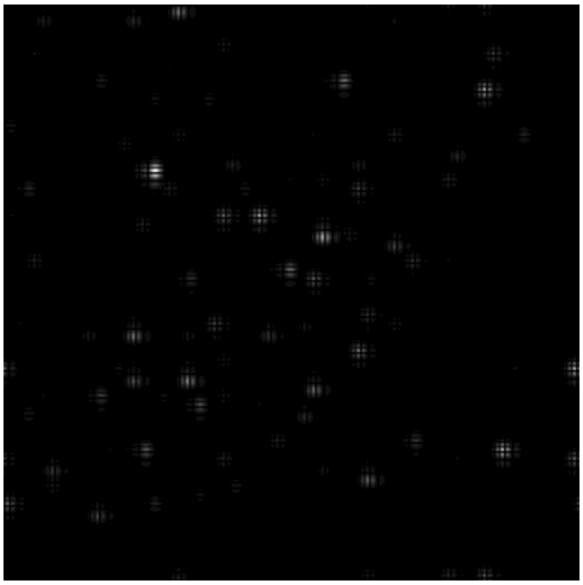
(a) Cox



(b) Wang

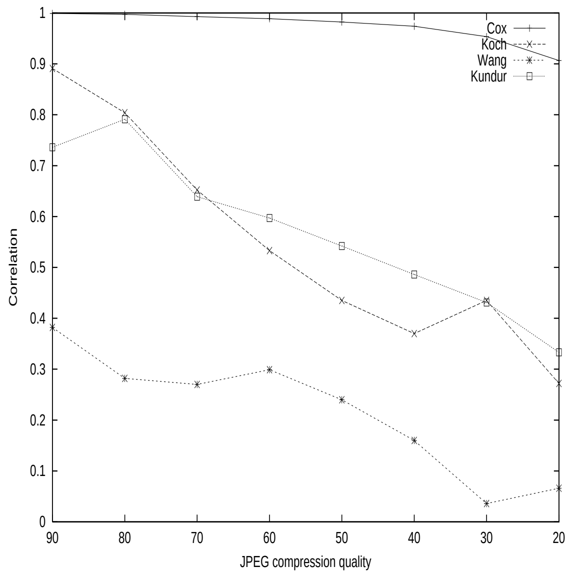


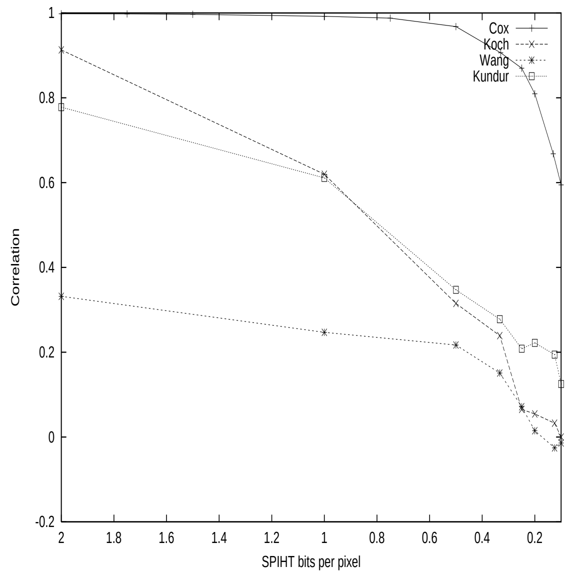
(c) Koch



(d) Kundur

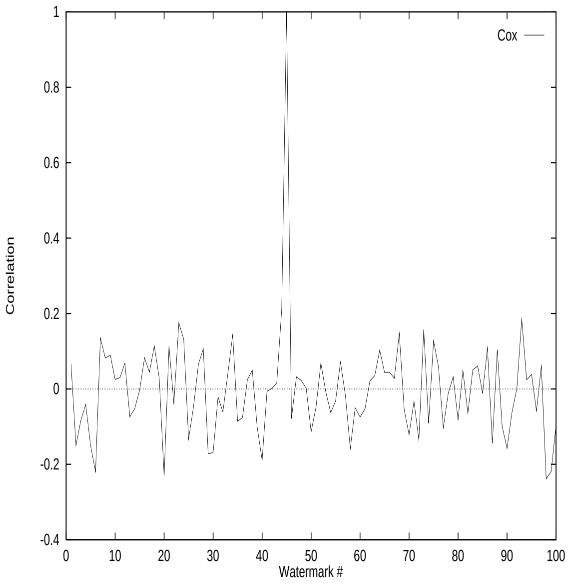
Vergleich der Verfahren: Robustheit

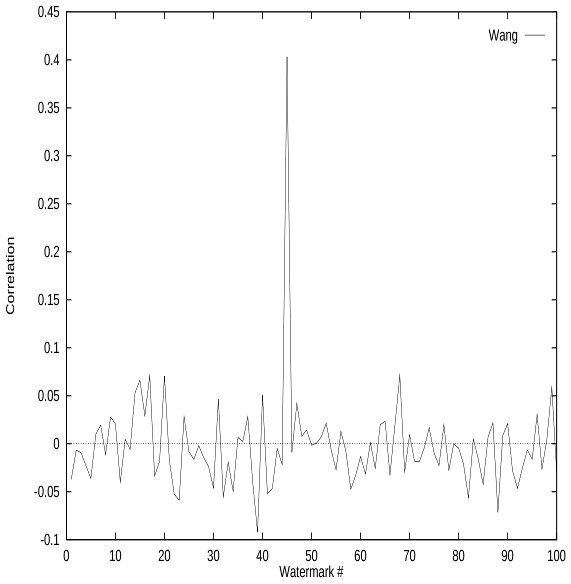


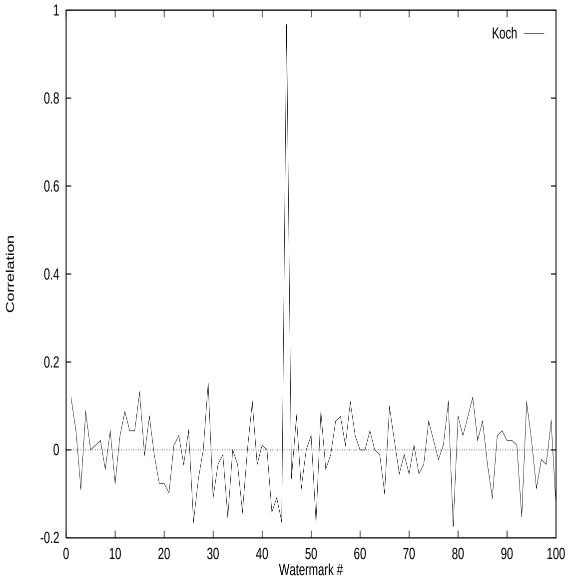


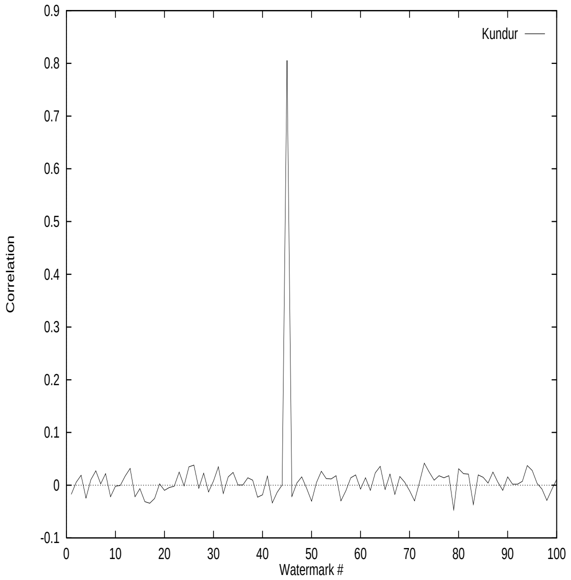
Algorithm	PSNR
Cox	35.35
Koch	48.36
Wang	41.53
Kundur	55.86

Vergleich der Verfahren: Sicherheit









Verbesserungsmöglichkeiten und Ausblick

- Sicherheit durch schlüsselabhängige Wahl der Wavelet-Transformation
- Ausnutzen der Schwächen des HVS, erhöhen der Robustheit
- Verbesserte Korrelation durch zusätzliches Referenz-Watermark (siehe Kundur)
- Protokolle, Standards, . . .

Literatur

[1] Wang, H.-J., Su, P.-C., und Kuo, C.-C., Wavelet-Based Digital Image Watermarking, Optics Express, Volume 3, Nummer 12, Dezember 1998.

[2] Koch, E., und Zhao, J., Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling, Proceedings of the IEEE International Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, p. 452 - 455, Halkidiki, Greece, pp. 452 - 455, Juni 1995.

[3] Kundur, D., und Hatzinakos, D., Digital Watermarking Using Multiresolution Wavelet Decomposition, Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing ICASSP '98, Volume 5, pp. 2969 - 2972, Mai 1998.

[4] Cox, I. J., Kilian, J., Leighton, T., und Shamoon, T., Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video, Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, pp. 243 - 246, September 1996.

[5] Craver, S., Memon, N., Yeo, B.-L., Yeung, M. M., On the Invertability of Invisible Watermarking Techniques, Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP '97, p. 540, Santa Barbara, USA, Oktober 1997.

[6] Wang, H.-J., Kuo, C.-C., High fidelity image compression with multithreshold wavelet coding (MTWC), SPIE's Annual Meeting - Application of Digital Image Processing XX, San Diego, USA, July 27 - August 1, 1997.

[7] Wolfgang, R. B., Podilchuk, C. I., und Delp, E. J., The effect of matching watermark and compression transforms in compressed color images, Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP '98, Chicago, USA, October 1998.

[8] Xia, X.-G., Boncelet, C. G., und Arce, G. R., Wavelet transform based watermark for digital images, Optics Express, Volume 3, Nummer 12, Dezember 1998.

[9] Kundur, D., und Hatzinakos, D., Attack characterization for effective watermarking,

Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP '99, 1999.

[10] Benham, D., Memon, N., Yeo, B.-L., und Yeung, M. M., Fast Watermarking of DCT-based Compressed Images, Proceedings of the International Conference on Image Science, Systems and Technology CISST '97, Juni 1997.

[11] Busch, C., Funk, W., und Wolthusen, S., Digital Watermarking: From Concepts to Real-Time Video Applications, IEEE Computer Graphics and Applications Journal, Jänner/Februar 1999

[12] Bartolini, F., Barni, M., Cappellini, V., und Piva, A., Mask building for perceptually hiding frequency embedded watermarks, Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP '98, Chicago, USA, p. 450 - 454, Oktober 1998.