

Neues subbandgestütztes Rauschreduktionsverfahren für die Videosignalverarbeitung

Klaus Jostschulte⁺, Aishy Amer^{*}, Markus Schuß[#], Hartmut Schröder⁺

⁺AG Schaltungen der Informationsverarbeitung, Universität Dortmund

^{*}INRS-Télécommunications, Montreal, Canada

[#]Siemens AG, Bereich Halbleiter, München

1. Einleitung

Rauschen ist ein unvermeidbares Problem in jedem nachrichtentechnischen System. Hier von ist auch die Bildkommunikation nicht ausgeschlossen. Gerade der Bereich der Videotechnik weist eine Vielzahl verschiedener Rauschquellen auf. Beispielsweise ist die Ladungsträgergeneration in der Kamera ein Zufallsprozess, bei dem es zu statistisch bedingten Rauschstörungen führt. Weiterhin zeigen alle in der Kamera eingesetzten Bauteile ein gewisses Rauschen, das sich zu einer nicht zu vernachlässigenden Störung addiert. Im Anschluß an die Kamera wird das Signal in der Regel über verschiedene Kanäle an seinen Zielort übertragen. Bei jedem Übertragungsschritt wird der Signal-Rausch-Abstand verschlechtert. Als besonders starke Quelle für Rauschstörungen erweisen sich auch Videorecorder, auf denen diese Signale gespeichert werden.

Aufgrund der Vielzahl möglicher Rauschquellen in der Videokommunikation und der starken subjektiven Beeinträchtigung durch solche Störungen, erweist sich eine abschließende Reduktion von Rauschen z.B. im TV-Gerät als eine entscheidende bildverbessernde Maßnahme.

In der Literatur werden verschiedenste Operatoren vorgestellt, die eine Rauschreduktion durch Nutzung örtlicher und/oder zeitlicher Korrelationen bewirken [1-5]. Diese nutzen allerdings häufig keine subjektiven Eigenschaften aus, obwohl gerade die visuelle Wahrnehmung von Rauschstörungen stark durch deren Charakteristik beeinflusst wird. Auch wird häufig nur die Wirkung eines rein örtlichen oder zeitlichen Systems beschrieben.

In diesem Beitrag soll deshalb ein Verfahren zur örtlich-zeitlichen Rauschreduktion vorgestellt werden, das u.a. die subjektiven Eigenschaften der visuellen Wahrnehmung nutzt. Auch soll die Wirkung der Kaskadierung von einem örtlichen, strukturerhaltenden Verfahren mit einem zeitlichen, subjektiv angepaßten Verfahren anhand von Simulationsergebnissen beurteilt werden.

2. Vorteile kaskadierter örtlich-zeitlicher Systeme

Die Vielfalt zur Rauschreduktion eingesetzte Technik in aktuellen TV-Geräten ist eine bewegungsadaptive, zeitlich rekursive Filterung. Diese zeichnet sich, bedingt durch die Steilheit der Filterflanke, durch eine hohe Effizienz in Bereichen aus, in denen keine Bewegung oder Änderung des Bildinhalts auftritt. Tritt jedoch Bewegung oder Änderung des Bildinhalts auf, so wird durch einen Bewegungsdetektor die Rauschreduktion stark reduziert, um

Bewegungsverschleifung und Unschärfen an bewegten Kanten zu vermeiden. Die Bereiche, in denen keine Rauschreduktion stattfindet, sollen möglichst klein sein, um die Sichtbarkeit verrauschter Kanten so klein wie möglich zu halten. Das erfordert eine große örtliche Präzision der Bewegungsdetektion. Dem steht aber der Einfluß des Rauschens gegenüber, was dazu führt, daß zwischen Rauschen und Bewegung nicht korrekt unterschieden werden kann. Um diese Unterscheidung zu verbessern, findet im Bewegungsdetektor in der Regel eine örtliche Filterung statt, die auf Kosten der örtlichen Präzision der Bewegungsdetektion geht.

Um diesen Gegensatz lösen zu können, wird ein weiterer Verarbeitungsschritt benötigt, der in der Lage ist, Rauschen an bewegten Kanten sowie in Flächen zu beseitigen, damit eine präzisere Detektion von Bewegungen erreicht wird, und so die Effizienz der zeitlichen Rauschreduktion gesteigert werden kann.

Diese Ziele können durch ein örtliches Verfahren zur Rauschreduktion erfüllt werden. Jedoch weisen örtliche Verfahren zur Rauschreduktion häufig den Nachteil auf, Kanten zu glätten und somit zu einer subjektiven Verschlechterung des Bildeindrucks zu führen. Aus diesem Grund ist beim vorgestellten System ein örtliches Filter zum Einsatz gekommen, das aufgrund einer vorgeschalteten Strukturanalyse eine Filterung quer zu Kanten vermeidet und auf diese Weise den subjektiven Schärfedruck nicht verschlechtert.

Aus den Überlegungen ergibt sich ein System, das aus einer Kaskadierung von örtlichem und zeitlichem Filter besteht, wie es in **Bild 1** dargestellt ist. In den folgenden Abschnitten werden Funktion und Aufbau der einzelnen Blöcke im Detail beschrieben.

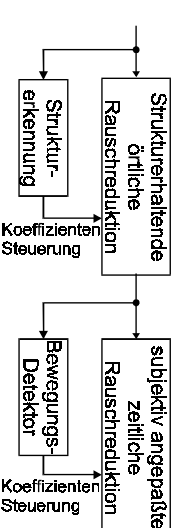


Bild 1: Schema des örtlich-zeitlichen Verfahrens zur Rauschreduktion

3. Strukturerhaltende örtliche Rauschreduktion

Die Aufgabenstellung einer örtlichen Rauschreduktion ist die Beseitigung örtlich unkorrelierter Störungen aus örtlich korrelierterem Bildinhalt. Hierzu eignen sich insbesondere örtliche Tiefpassfilter, die ein oder zweidimensional aufgebaut sein können. Eine entsprechende Filterwirkung wird beispielsweise durch ein symmetrisches 3-Tap FIR-Filter erreicht, wie es in **Bild 2** dargestellt ist. Es werde angenommen, daß am Eingang des Filters weißes gaußverteiltes Rauschen mit einer Varianz von σ_n^2 vorhanden ist. Hieraus ergibt sich am Ausgang des Filters abhängig von der Wahl der Koeffizienten s eine Ausgangsrauschvarianz von

$$\sigma_{\text{out}}^2 = s^2 \cdot \sigma_n^2 + 2 \cdot \left(\frac{1-s}{2} \right)^2 \cdot \sigma_n^2 \quad (1)$$

Unter der Annahme, daß durch ein solches Filter das Bildsignal nicht beeinflusst wird, ergibt sich die Rauschreduktion R (Verhältnis von Eingangsausleistung zu Rauschleistung am Ausgang) zu

$$R[\text{dB}] = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_{\text{out}}^2} = 10 \cdot \log \left(\frac{2}{3s^2 - 2s + 1} \right) \quad (2)$$

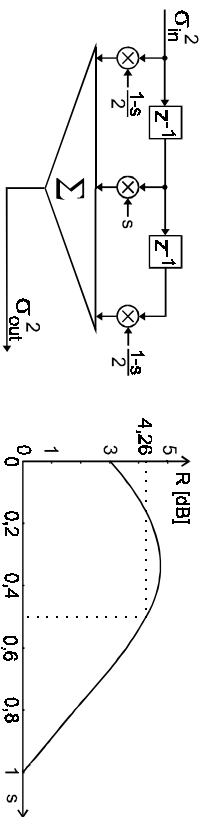


Bild 2: Symmetrisches Filter zur örtlichen Rauschreduktion sowie die zugehörigen Rauschreduktionswerte in Abhängigkeit des zentralen Koeffizienten

Deutlich erkennbar ist, daß sich bei einem aufwandsamen \cos^2 -förmigen Filter eine Rauschreduktion von 4,26 dB einstellt. Dieser Wert stellt somit gleichzeitig auch die Grenze der maximal erreichbaren Rauschreduktion bei diesem Filter dar. Leicht höhere Werte können noch mit einem Mittelwertfilter erreicht werden, die aber einen deutlich höheren Implementierungsaufwand für die Koeffizienten aufweisen.

Bei einer statischen Implementierung als horizontales oder vertikales Filter ergibt sich allerdings der Nachteil, daß Objektkanten oder feine Details an Bildschärfe verlieren. Um das zu vermeiden, muß eine Adaptivität des Filters auf den Bildinhalt gegeben sein. Dies kann beispielsweise über eine Anpassung der Koeffizienten derartig geschehen, daß im Falle einer Kante der Wert von s in **Bild 2** auf 1 gesetzt wird, so daß eine Filterung verhindert wird. Dieses hat jedoch den Nachteil, daß in vielen Bildbereichen keine Filterung mehr stattfindet, obwohl eine Filterung orthogonal zu der gewählten Richtung möglich sein könnte. Abhilfe schafft hier eine adaptive Wahl der Eingangswerte derartig, daß eine Filterung jeweils in Richtung einer Struktur stattfindet. Dieses wird durch eine Logik erreicht, die in Abhängigkeit der Bildstruktur die Koeffizienten für die einzelnen Bildpunkte der Umgebung steuert (**Bild 3**)

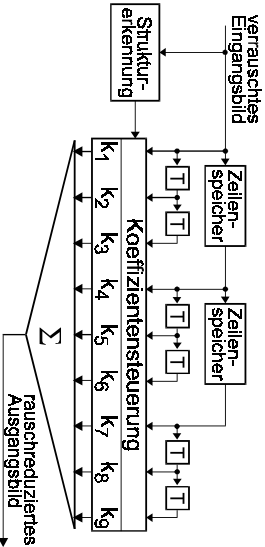


Bild 3: Anpassung des Filters an das Eingangssignal durch Steuerung der Koeffizienten

Die verschiedenen Konfigurationen des Filters sind in **Tabelle 1** dargestellt. Insgesamt sind auf diese Weise acht verschiedene Einstellungen des Filters möglich. Erkennbar ist, daß jede Einstellung zu einem Filter mit insgesamt drei Koeffizienten ungleich Null führt, die die Werte $\{0,25; 0,5; 0,25\}$ besitzen und somit sehr effizient zu implementieren sind.

Tabelle 1: Einstellungsmöglichkeiten der Koeffizienten

Einstellung	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9
1	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0	0	0
2	0	0,25	0	0	0,5	0	0	0,25	0
3	0	0	0,25	0	0,5	0	0,25	0	0
4	0,25	0	0	0	0,5	0	0	0	0,25
5	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0	0	0
6	0	0,25	0	0	0,5	0,25	0	0	0
7	0	0	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0
8	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0	0,25	0

Die Detektion der Struktur des Bildinhalts geschieht über einen Satz von Hochpaßfiltermasken, die gleiche Strukturen abdecken, wie die möglichen Tiefpaßfilter. Auch die Anwendung spezieller Operatoren zur Kantenerkennung wäre hier möglich [6], jedoch weisen diese häufig einen sehr hohen Aufwand auf. Die Vorgehensweise bei dieser Strukturerkennung ist die, daß alle Hochpaßmasken auf das Bildelement angewendet werden und anschließend die Strukturorientierung über das Betragsummen der Filterausgänge bestimmt wird. Die einzelnen Hochpaßfiltermasken sind in **Bild 4** dargestellt. Die Zahlen über den Masken weisen dabei auf den korrespondierenden Koeffizientensatz der Tiefpaßfilterung.

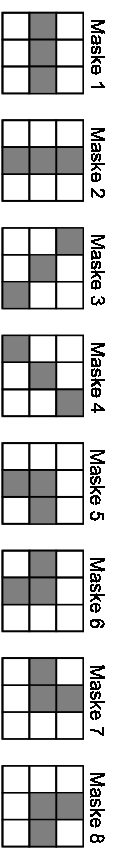


Bild 4: Verwendete Hochpaßfiltermasken

Ergebnisse der örtlichen Filterung

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der örtlichen Rauschreduktion wurden Simulationen bezüglich des Signal-Rauschleistungs-Abstands bezogen auf maximale Bildleistung (PSNR) durchgeführt, der definiert ist durch

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log \left[\frac{255^2}{\frac{1}{NM} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (s_p(x, y, t) - s_{rd}(x, y, t))^2} \right] \quad (3)$$

Hierbei bezeichnen N und M die Bildgröße, s_{ref} ist ein unverrauschtes Referenzbild und s_p das zu untersuchende Bild. Der Gewinn eines Verfahrens läßt sich experimentell aus der Differenz der PSNR-Werte in dB vor und nach der Verarbeitung ermitteln. Bei diesen Simulationen ergaben sich Gewinne, die in der Regel im Bereich 1 dB bis 2 dB angesetzt waren. Hierbei ist die Rauschreduktion allerdings nicht über das gesamte Bild konstant. In strukturierten Bereichen zeigt sich, daß die Ausrichtung des Filters durch die Bildstrukturen bestimmt ist, und so die Ausrichtung keine Korrelation zum Rauschsignal aufweist, wodurch sich eine hohe Rauschreduktion ergibt. Die Verhältnisse ändern sich aber in Flächen. Dort weist das Bildsignal keine Strukturen auf, so daß die Ausrichtung des Filters durch das Rauschen bestimmt ist und auf diese Weise die erreichbare Rauschreduktion reduziert. Die theoretisch bestimmbare Rauschreduktion liegt in diesem Fall bei etwa 1,5 dB. Hier wird deutlich, daß dieses Filter an Objektgrenzen und Kanten die beste Leistungsfähigkeit hat. Dieses führt dazu, daß eine nachfolgende bewegungsadaptive Rauschreduktion eine positionsgenauere Unterscheidung zwischen bewegten und unbewegten Bereichen durchführen kann.

4. Bewegungsadaptive zeitliche Rauschreduktion

Eine zeitliche Rauschreduktion in Fernsehsignalen wird gewöhnlich durch Anwendung eines zeitlich rekursiven Tiefpassfilters durchgeführt [3, 7]. Hierbei zeichnen sich die rekursiven Filter durch eine steile Filterflanke und eine dadurch bedingte hohe Effizienz aus. Wie bereits erwähnt werden diese Filter durch eine Steuerung auf die gegenwärtige Bewegungssituation angepaßt. Das bedeutet, daß beim Auftreten von Bewegung die Rauschreduktion lokal verringert oder abgeschaltet wird, wohingegen in unbewegten Bereichen eine Rauschreduktion durchgeführt wird. Auf diese Weise läßt sich das typische Artefakt einer zeitlichen Rauschreduktion, die Bewegungsverschleifung, vermeiden. Die typische Struktur eines solchen Filters ist in **Bild 5a** dargestellt. Das Ausgangssignal eines solchen Filters ergibt sich zu

$$g(x, y, t) = k \cdot s(x, y, t) + (1 - k) \cdot g(x, y, t - T_p) \quad (4)$$

Der Faktor k , der die Charakteristik des Filters bestimmt, wird für jeden Bildpunkt durch eine Bewegungsdetektor bestimmt, wie sie in **Bild 5b** dargestellt ist. Mit Hilfe linearer und nichtlinearer Operatoren wird dabei aus den Pixeldifferenzen die Einstellung für k ermittelt.

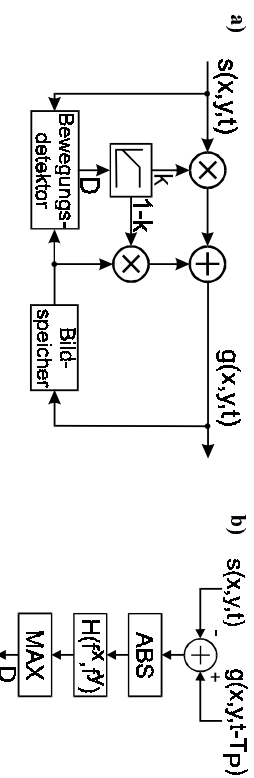


Bild 5: Prinzipschaltbild eines bewegungsadaptiven zeitlichen Filters (links) und Bewegungsdetektors (rechts)

Mit einem solchen Filter läßt sich durch den Faktor k eine Rauschreduktion von

$$R[\text{dB}] = 10 \cdot \log\left(\frac{2}{k} - 1\right) \quad (5)$$

erzielen [7].

Zeitliche Rauschreduktion mit Bandaufspaltung

Der Einsatz des vorher vorgestellten zeitlichen Filters weist bei Videosignalen, die im Zeilensprung vorliegen, entscheidende Nachteile auf. Wird die Rauschreduktion mit Hilfe zweier aufeinanderfolgender Halbbilder durchgeführt, so kommt es zu einer vertikalen Filterung, da beide Bilder nicht die gleiche Rasterlage aufweisen. Dieses führt bei hochfrequenterem Bildinhalt dazu, daß entweder keine Filterung durchgeführt wird, oder daß hochfrequente Signalannteile verloren gehen. Wird dagegen die Filterung mit Bildern gleicher Rasterlage durchgeführt, so liegen diese 40 ms auseinander, mit der Folge, daß auch langsam bewegte Objekte eine große Strecke zurückgelegt haben. Dieses führt auf große, nicht rauschreduzierte Flächen, oder für den Fall nicht komplett abgeschalteter Rauschreduktion zu örtlich ausgedehnter Bewegungsverschleifung.

Diese Problematik kann gelöst werden, wenn u.a. spezielle Eigenschaften der visuellen Wahrnehmung [8,9] für die Entwicklung des Filters mitberücksichtigt werden. Nach [10] kann die visuelle Wahrnehmung durch ein Zweikanalmodell beschrieben werden. Dieses besteht zum einen aus einem Tiefenkanal, der eine hohe zeitliche, aber geringe örtliche Auflösung besitzt, und einem entsprechend komplementären Höhenkanal, der einer geringen zeitlichen, aber eine hohen örtlichen Auflösungsvermögen aufweist. Aus diesem Grund bietet sich eine Aufspaltung des Bildsignals in zwei Teilbänder an, in denen jeweils eine visuell angepaßte Signalverarbeitung durchgeführt wird.

Die Anwendung einer Bandaufspaltung wurde auch bereits in anderen Bereichen der Bildverarbeitung erfolgreich angewendet [11,12]. Dieses führt bei der Rauschreduktion auf ein Schema, bei dem im örtlichen Tiefenkanal die Verarbeitung möglichst auf zeitlich benachbarten Halbbildern durchgeführt wird, da ein Verlust an Auflösung in diesem Kanal kaum wahrgenommen wird, jedoch Bewegungsverschleifung und das Zurückbleiben größerer, nicht rauschreduzierter Flächen möglichst verhindert werden sollte. Im Höhenkanal dagegen muß die Verarbeitung auf Basis von Halbbildern gleicher Rasterlage stattfinden, da die Beibehaltung der vollen Ortsauflösung entscheidend ist. An dieser Stelle erweist sich eine weitere Wahrnehmungseigenschaft als äußerst günstig. Die im Höhenkanal aufgrund der rastergleichen Verarbeitung verbleibenden großen nicht rauschreduzierten Flächen werden vom Betrachter durch die stark ausgeprägte spektrale Rauschempfindlichkeit des Auges (**Bild 6**) nur sehr schwach wahrgenommen, da das Rauschen im Höhenkanal aus örtlich hochfrequenten Rauschantellen besteht.

Aus diesen Überlegungen heraus ist ein Algorithmus für die zeitliche Rauschreduktion in Zeilensprungsignalen entstanden, dessen Blockschaltbild in **Bild 7** dargestellt ist [5]. Er besteht aus zwei Zweigen, bei denen die Signalaufspaltung mittels komplementärer Hoch- und Tiefpassfilter durchgeführt wird. Hierfür haben sich aufwandsgünstige 3-Tap Vertikalfilter als ausreichend erwiesen. Ein beiden Kanälen findet eine separate Bewegungsdetektor statt, so daß unabhängig voneinander eine optimale Koeffizientensteuerung gewährleistet ist.

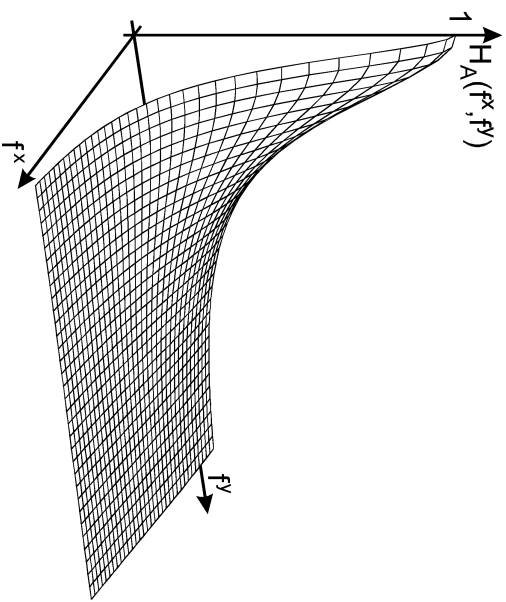


Bild 6: Spektrale Wahrnehmbarkeit für Rauschstörungen [14, 15]

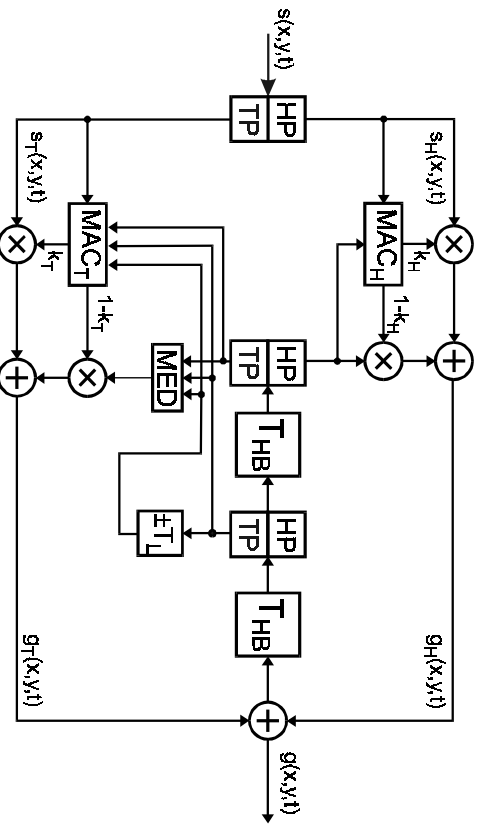


Bild 7: Schema für die visuell angepaßte zeitliche Rauschreduktion bei Videosignalen

Im Höhenkanal (Oberer Teil der Abbildung) findet eine einfache rekursive Filterung mit zwei Halbbildspeichern statt. Diese läßt sich formal beschreiben mit

$$g_H(x, y, t) = k_H \cdot s_H(x, y, t) + (1 - k_H) \cdot g_H(x, y, t - 2T_{\text{Halb}}) \quad (6)$$

Der Index H zeigt dabei an, daß es sich um Signale des Höhenkanals handelt.

Der Tiefenkanal weist dagegen noch eine Besonderheit auf. Unter Anwendung eines Medianfilters findet eine nichtlineare Uminterpolation statt. Der gesamte Vorgang im Tiefenkanal kann formal beschrieben werden durch

$$g_T(x, y, t) = k_T \cdot s_T(x, y, t) + (1 - k_T) \cdot \text{med} \begin{pmatrix} g_T(x, y, t - 2T_{\text{Halb}}) \\ g_T(x, y - 1, t - T_{\text{Halb}}) \\ g_T(x, y + 1, t - T_{\text{Halb}}) \end{pmatrix} \quad (7)$$

In Gleichung (7) bezeichnet med(•) den Median-Operator. Die Funktionsweise der medianbasierten Uminterpolation verdeutlicht Bild 8. Die Majorität der Eingangswerte des Medianfilters liegt dabei im direkt vorhergehenden Bild. Dadurch ist sichergestellt, daß sich bewegende Objekte möglichst lange zeitlich gefiltert werden können. Im Falle nicht bewegter Bildbereiche ergibt sich durch den Zugriff auf ein rastergerichtetes Bild auch die Möglichkeit einer Filterung ohne Vertikalversatz.

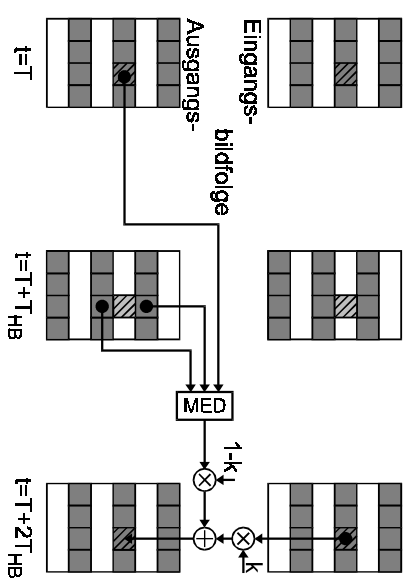


Bild 8: Verdeutlichung der Filterung im Tiefenkanal

Besondere Eigenschaften weist das Medianfilter bei nicht bewegten, homogenen Flächen auf. In diesem Fall wirkt das Filter als zusätzliches örtliches Filter zur Rauschreduktion. Nach [13] kann die Ausgangsvarianz von weißem gaußverteiletem Rauschen mit der Eingangsvarianz σ_{in}^2 nach der Medianfilterung mit n Eingangswerten bestimmt werden zu

$$\sigma_{\text{out}}^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{n \cdot 2} \cdot \sqrt{2\pi\sigma_{\text{in}}^2}} \right)^2 = 1,57 \frac{\sigma_{\text{in}}^2}{n} \quad (8)$$

Für den hier gegebenen Fall eines Medianfilters mit 3 Eingangswerten ergibt sich eine zusätzliche Rauschreduktion von

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{\sigma_m^2}{\sigma_{\text{red}}^2} \right) = 2,81 \text{ dB} \quad (9)$$

Diese zusätzliche Filterung hat subjektiv eine sehr starke Bedeutung, da sie im Tiefenkanal wirkt und folglich das subjektiv stark wahrnehmbare tieffrequente Rauschen reduziert.

Simulationsergebnisse des zeitlichen Filters

Um die Wirkungsweise des Filters zu überprüfen, wurde eine Vielzahl von Simulationen mit Sequenzen durchgeführt, die mit weißem gaußverteiltem Rauschen unterschiedlicher Stärke künstlich gestört wurden. In **Bild 9** sind exemplarisch einige Meßwerte von der Rauschreduktion mit dem vorgestellten Verfahren dargestellt. Zum Vergleich sind ebenfalls Werte der gebräuchlicher Realisierungen mit nur einem oder zwei Halbbildspeichern dargestellt.

Die Werte zeigen, daß das vorgestellte Verfahren mit Bandaufspaltung die aktuell gebräuchlichen Methoden ohne Bandaufspaltung recht deutlich übertrifft. Beispielsweise zeigt sich, daß sogar bei unbewegten Sequenzen das Verfahren deutliche Vorteile aufweist, die sich u. a. durch die zusätzliche Rauschreduktion des Medianfilters im Tiefenkanal ergeben. Aber auch bei bewegten Sequenzen zeigt sich der weitaus höher Gewinn dieses Verfahrens.

Die dargestellten Ergebnisse können allerdings nur den objektiven Gewinn zeigen. Hierbei ist aber noch zu berücksichtigen, daß an vielen Stellen die Wahrnehmungseigenschaften des Auges berücksichtigt wurden. Hieraus ergibt sich, daß der wahrgenommene Gewinn in vielen Fällen noch höher ist, als es die Werte für den PSNR wiedergeben können.

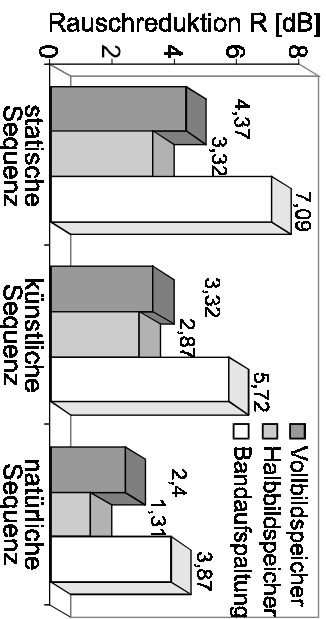


Bild 9: Rauschreduktion des zeitlichen Filters an Sequenzen mit einem PSNR von 30 dB

5. Kaskadierte örtlich/zeitliche Rauschreduktion

In **Bild 1** ist die generelle Struktur einer kaskadierten örtlich-zeitlichen Filterung zur Rauschreduktion dargestellt. Die weitere Analyse der einzelnen Filter ergab, daß die Reihenfolge örtlich vor zeitlich mit den eingesetzten Filtern Vorteile besitzt, wie z. B. die erhöhte Genauigkeit der Bewegungsdetektion durch die vorhergehende örtliche Filterung.

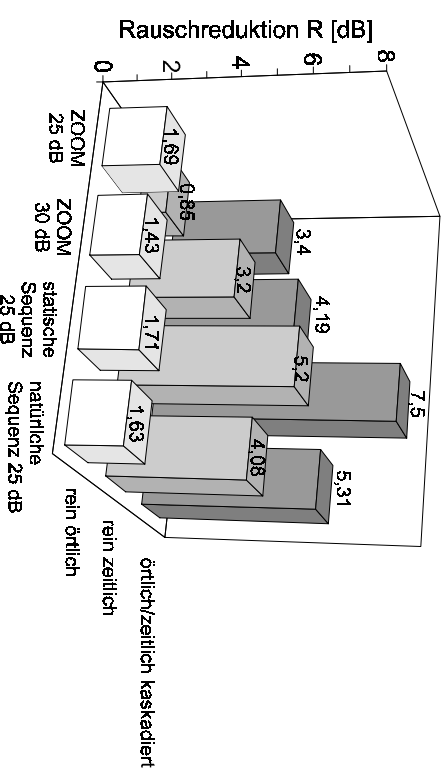


Bild 10: Vergleich der kaskadierten Rauschreduktion mit den Ergebnissen der Einzelkomponenten

In **Bild 10** sind die Simulationsergebnisse bei vier verschiedenen Testsequenzen von der kaskadierten Rauschreduktion gegenüber der Verarbeitung mit dem rein zeitlichen und rein örtlichen Filter dargestellt. Es fällt auf, daß die gemessenen Werte der Rauschreduktion für die kaskadierte Verarbeitung in allen Fällen einen höheren Wert ergibt. In einigen Fällen zeigt sich sogar, daß der Wert für die kaskadierte Verarbeitung höher ist, als die Summe aus getrennter zeitlicher und örtlicher Rauschreduktion. Hierdurch wird insbesondere der positive Einfluß der örtlichen Filterung auf die Bewegungsdetektion für die zeitliche Filterung deutlich. Außerdem läßt sich aus den Ergebnissen deuten, daß auch für kritische Testsequenzen, wie z. B. ein Zoom, bei dem bewegungsadaptive zeitliche Verfahren häufig Probleme aufweisen, bei der kaskadierten Verarbeitung eine gute Rauschreduktion erreicht wird.

6. Zusammenfassung

Es wurde ein kaskadiertes örtlich-zeitliches Verfahren zur Reduktion von Rauschen in Videosignalen vorgestellt. Dieses besteht aus einem strukturellhaltenden örtlichen Filter, das aus verschiedenen orientierten Hochpaß- und Tiefpaßfiltern mit jeweils nur drei Koeffizienten besteht und folglich einen geringen Hardwareaufwand besitzt. Das zeitliche Verfahren besteht aus einem bewegungsadaptiven zeitlich-rekursiven Filter, bei dem spezielle Eigenschaften der subjektiven Wahrnehmung ausgenutzt wurden. Hierbei besitzt speziell das zeitliche Filter eine sehr hohe Effizienz für die Beseitigung der Rauschstörungen mit einer Performance, die deutlich über der aktuell eingesetzter Verfahren zur zeitlichen Rauschreduktion liegt.

Es konnte gezeigt werden, daß eine Kaskadierung beider Verfahren einen hohen Einfluß auf die Genauigkeit der Bewegungsdetektion besitzt und auf diese Weise Gesamtergebnisse erzielt werden konnten, die höher sind, als die Summe der Einzelverarbeitungsschritte. Auch bei kritischen Sequenzen weist die Kaskadierung beider Verfahren aufgrund der unterschiedlichen Vorteile in verschiedenen Bildbereichen deutliche Vorteile auf.

7. Literaturhinweise

- [1] de Haan, G.; Kwataiatal-Spassova, T. G.; Larragy, M.; Ojo, O. A.: "Memory Integrated Noise Reduction IC for Television", IEEE Tr. On Consumer Electronics, Vol. 42, No. 2, 1996
- [2] de Haan, G.; Kwataiatal-Spassova, T. G.; Ojo, O. A.: "Automatic 2-D and 3-D noise filtering for high-quality television receivers", International Workshop on HDTV'94-4-B-2, 1994-10
- [3] Schönfelder, H.: "Digitale Filter in der Videotechnik", Drei-R-Verlag, Berlin, 1988
- [4] Rossi, J.P. : "Digital technique for reducing television noise", SMPTE Journal, Vol. 87, 1978
- [5] Arner, A.; Schröder, H.: "A New Video Noise Reduction Algorithm Using Spatial Subbands", Int. Conf. On Electronics, Circuits and Systems, ICECS 96, Rhodos
- [6] Lyvers, E.P.; Mitchell, O.R.: "Precise Edge Contrast and Orientation Estimation", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, No. 6, Nov. 1988
- [7] Drewery, J.O.; Storey, R.; Tanton, N.E.: "Video Noise Reduction", BBC Research Department Report, 1984/7
- [8] Hiwatashi, K.; Yamaguchi, Y.: "Perception of Random Monochrome Video Interference", NHK Tech. Journal, Vol. 10, No. 5, 1959
- [9] Yasuda, M.: "A Retina Model and its Spatio-Temporal Information Processing", NHK Tech. Journal, Vol. 23, No. 5, 1971
- [10] Glenn, W.E.: "Reduced Bandwidth Requirements for Compatible HDTV Transmission", Proc. 38th Annual Broadcast Engineering Conference, NAB, Las Vegas, pp. 297-305, 1984
- [11] Schröder, H.; Botteck, M.: "Temporal Subsampling of spatial Highs Components in Video Applications", 4th International Workshop on HDTV and Beyond, Torino, 1991
- [12] Blume, H.: "Subband Based Upconversion Using Complementary Median Filters", Proc. of the 7th International Workshop on HDTV and Beyond, Torino, 26.-28.10.1994
- [13] Justusson, B.I.: "Median Filtering: Statistical Properties", in *Two dimensional digital signal processing II*, T. S. Huang (editor), Springer Verlag, 1981, pp. 161-196
- [14] Fujio, T.: "A Universal Weighted Power Function of Television noise and its Application to High-Definition TV System Design", IEEE Tr. On Broadcast, Vol. 26, No. 2, 1980
- [15] Planholt, M.: "Überttragung und Aufzeichnung von Bildsignalen mit kompatibel erhöhter Luminanzauflösung", VDI-Verlag, 1987