

# Signalnachverarbeitung zur Qualitätsverbesserung von mobil empfangenen analogen Videodaten

Dipl.-Ing. (FH) Markus Friebe, Prof. Dr.-Ing. André Kaup

Lehrstuhl für Multimediakommunikation und Signalverarbeitung, Universität Erlangen-Nürnberg, 91058 Erlangen  
{friebe,kaup}@LNT.de

## Kurzfassung

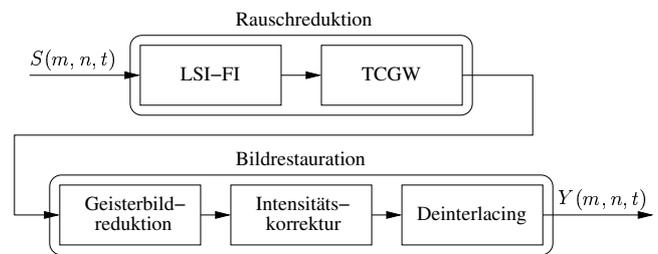
Der Beitrag stellt eine Kombination von verschiedenen Verfahren zur Qualitätsverbesserung von mobil empfangenen analogen Videodaten vor. Bei der Kombination werden zuerst störende Rauscheinflüsse reduziert, damit anschließende Restaurationsverfahren bessere Ergebnisse erzielen. Auftretendes Zeilenimpulsrauschen und Gauß-verteilt Bildrauschen werden durch zeilenselektive Interpolation von Halbbildinformationen und ein zwei Klassen Gauß-gewichtetes Filter reduziert. Im Video enthaltene Intensitätsschwankungen und Geisterbilder werden in der Restauration durch ein Verfahren Korrektur von Intensitätsschwankungen und blinde Echoentzerrung reduziert. Ein abschließendes Deinterlacing-Filter reduziert Zeilensprungartefakte, für eine Darstellung der Videosignale auf Displays mit progressivem Anzeigemodus.

## 1 Einleitung

Bei mobil empfangenen analogen Videodaten sind bedingt durch das mobile Szenario unterschiedliche Artefakte in den empfangenen Bildern erkennbar. Neueste mobile analoge TV-Empfänger erzielen durch Maximum Ratio Combining von verschiedenen Antennensignalen ein besseres SNR, aber dennoch sind Artefakte deutlich zu sehen. Mobile analoge TV-Empfänger finden in Zukunft ihren Einsatz in sogenannten mobilen hybrid TV-Empfängern, welche sowohl digitale als auch analoge TV-Signale empfangen können. Verbundenes und korreliertes Zeilenimpulsrauschen entsteht z.B. durch elektromagnetische Störungen oder kurzzeitige Feldstärkeeinbrüche. Schwache Empfangsfeldstärke über längere Zeit führt im Empfänger zu additivem Gauß-verteilt Bildrauschen. Bedingt durch die Mehrwegeausbreitung überlagern sich im Empfänger die Videosignale mit unterschiedlichen Laufzeiten. Dabei kommt es zu Echostörungen welche auch Geisterbilder genannt werden. Je nach Phasenlage überlagern Echostörungen das Originalbild konstruktiv oder destruktiv, was zusätzlich zu Intensitätsschwankungen im Video führt. Zeilensprungartefakte entstehen bei der Wiedergabe von im Zeilensprungverfahren aufgenommenen Videosignalen auf Displays mit progressivem Wiedergabemodus.

Verfahren, wie das Median [1] oder das signalabhängige Rangordnungs-Filter (SD-ROM) [2] reduzieren Zeilenimpulsrauschen nur unbefriedigend. Das Verfahren zeilenselektive Interpolation von Halbbildinformationen [3] erzielt subjektiv bessere Ergebnisse als diese beiden Referenzverfahren. Das Bilateral-Filter [4] und das adaptive K-nächster-Nachbar-Filter [5] reduzieren Gauß-verteilt Bildrauschen. In [6] zeigen Simulationsergebnisse, dass ein zwei Klassen Gauß-gewichtetes Filter bessere PSNR Ergebnisse erzielt als die beiden Referenzverfahren.

Dieser Beitrag zeigt Möglichkeiten, verschiedene Verfahren zur Qualitätsverbesserung von mobil empfangenen



**Abbildung 1** Signalnachverarbeitung in der Reihenfolge: LSI-FI, TCGW, blinde Geisterbildreduktion, Korrektur von Intensitätsschwankungen und Deinterlacing-Filter.

analogen Videosignalen zu kombinieren. Es werden Methoden zur Rauschreduktion, Korrektur von Intensitätsschwankungen, Reduktion von Echostörungen und Zeilensprungartefakte verwendet. Mit dieser zusätzlichen Signalnachverarbeitung bekommt der Betrachter einen viel besseren Eindruck von mobil empfangenen analogen TV-Signalen.

## 2 Blockschaltbild des Verfahrens

Abbildung 1 zeigt eine Kombinationsreihenfolge, welche in einen Rauschreduktions- und einen Bildrestaurationsblock unterteilt ist. Im Block Rauschreduktion werden durch die Verfahren zeilenselektive Interpolation von Halbbildinformationen (LSI-FI) [3] und zwei Klassen Gauß-gewichtetes Filter (TCGW) [6] Zeilenimpulsrauschen und Gauß-verteilt Rauschen reduziert. Im Block Bildrestaurationsblock werden Echostörungen durch blinde Echoentzerrung [8] und Intensitätsschwankungen durch ein Verfahren zur Korrektur von Intensitätsschwankungen [9] reduziert. Um Zeilensprungartefakte an bewegten Objekten zu verhindern, wird zusätzlich ein Deinterlacing-Filter [10] verwendet. In der richtigen Reihenfolge kombiniert, führen diese Verfahren zu einem visuell wesentlich besseren Videosignal.



**Abbildung 2** Links: Erstes Halbbild. Rechts: Zweites Halbbild.

## 2.1 Zeilenselektive Interpolation von Halbbildinformationen (LSI-FI)

Bei analogen TV-Signalen besteht jedes Vollbild aus zwei Halbbildern. Das erste Halbbild enthält die ungeraden und das zweite Halbbild die geraden Zeilen. Bei der Übertragung eines Vollbildes wird zuerst Halbbild eins und anschließend Halbbild zwei übertragen. Aufeinanderfolgende Halbbilder korrelieren zueinander, d.h. Bildmittelwerte benachbarter Halbbilder ähneln sich. Der Zeitabstand zwischen benachbarten Zeilen eines Vollbildes ( $T_{Vollbild}^{PAL} = 20ms$ ) ist wesentlich größer als der eines Halbbildes ( $T_{Halbbild}^{PAL} = 64\mu s$ ). Während dieses Zeitabstands  $T_{Vollbild}^{PAL}$  kann sich der mobile Kanal stark ändern (siehe Abbildung 2). Hier wurde das erste Halbbild mit Störungen und das zweite Halbbild störungsfrei empfangen. Mit der Annahme, dass dieselben Halbbildinformationen an zwei verschiedenen Zeitpunkten mit ( $\Delta T = T_{Vollbild}^{PAL}$ ) empfangen werden, werden bei Vollbildern gestört empfangene Zeilen verworfen und durch benachbarte gut empfangene Zeilen interpoliert. Die Entscheidung ob eine Zeile gestört empfangen wurde, wird durch einen Vergleich statistischer Momente benachbarter Zeilen erreicht.

### 2.1.1 Detektion von Zeilenimpulsrauschen

Korreliertes Zeilenimpulsrauschen wird erkannt, indem Zeilenmittelwerte  $\mu$  benachbarter Zeilen eines Vollbildes miteinander verglichen werden. Überschreitet die absolute Differenz der Zeilenmittelwerte zwischen benachbarter ungerader  $m$  und gerader Zeile  $k$  einen Schwellwert  $T_1$ , so wird angenommen das eine der beiden Zeilen die impulsgestörte Zeile ist. Wird dieser Schwellwert nicht überschritten, so werden beide Zeilen unverändert in den Ausgangsspeicher geschrieben.

$$|\mu(m, t) - \mu(k, t)| > T_1 \quad (1)$$

$t$  entspricht dem Zeitpunkt eines Vollbildes. Die Nachbarschaftsbedingung wird wie folgt definiert:

$$m = 1, 3, 5, \dots, M-1 \quad \wedge \quad k = m+1. \quad (2)$$

$M$  entspricht der Anzahl der Zeilen eines Vollbildes. Anschließend wird eine der beiden verglichenen Zeilen als die gestörte ausgewählt.

### 2.1.2 Auswahl und löschen gestörter Zeilen

Im Falle einer Impulsrauschdetektion wird jetzt entschieden, welche der beiden verglichenen benachbarten

Zeilen die impulsgestörte ist. Dazu nehmen wir an, der Bildmittelwert eines störungsfreien Vollbildes  $I$  korreliert zum Bildmittelwert des vorigen Ausgangsvollbildes  $Y$ . Die Entscheidung ist abhängig vom Bildmittelwert des vorigen Ausgangsvollbildes.

$$\mu_{vor} = E\{Y(m, n, t-1)\} \quad (3)$$

$$E\{I(m, n, t)\} \approx E\{Y(m, n, t-1)\}$$

$$\mu_{org} \approx \mu_{vor} \quad (4)$$

Angenommen dieser Bildmittelwert  $\mu_{org}$  ist relativ klein, so würde Impulsrauschen mit hoher Amplitude die subjektive Videoqualität stärker negativ beeinträchtigen als Impulsrauschen mit kleiner Amplitude. Dazu wird  $\mu_{org}$  mit einem Schwellwert  $T_2$  verglichen. Ist  $\mu_{org}$  kleiner oder gleich dem Schwellwert

$$\mu_{org} \leq T_2, \quad (5)$$

so wird die Zeile mit den höheren Zeilenmittelwert als die impulsgestörte Zeile  $j$  ausgewählt.

$$j = \begin{cases} m, & |\mu(m, t)| > |\mu(k, t)| \\ k, & |\mu(m, t)| < |\mu(k, t)| \end{cases} \quad (6)$$

Umgekehrt, ist  $\mu_{org}$  größer als  $T_2$

$$\mu_{org} > T_2, \quad (7)$$

so würde Impulsrauschen mit niedriger Amplitude die subjektive Videoqualität stärker negativ beeinträchtigen als Impulsrauschen mit großer Amplitude. Die Zeile mit den niedrigeren Zeilenmittelwert wird als die impulsgestörte Zeile  $j$  ausgewählt.

$$j = \begin{cases} m, & |\mu(m, t)| < |\mu(k, t)| \\ k, & |\mu(m, t)| > |\mu(k, t)| \end{cases} \quad (8)$$

Falls zwei benachbarte Zeilen impulsgestört sind, so verbleibt eine nach (6) oder (8) gestört geschätzte Zeile zur anschließenden Interpolation.

Zeilen, welche als gestört markiert wurden, werden gelöscht (zu Null gesetzt) und anschließend von benachbarten korrekt empfangenen Zeilen linear interpoliert.

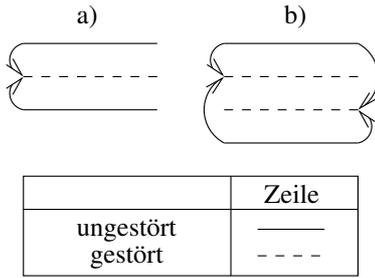
### 2.1.3 Interpolation

Dadurch, dass nur eine von zwei benachbarten Zeilen als impulsgestörte ausgewählt werden kann ergeben sich zwei Interpolationsmöglichkeiten. Diese sind in Abbildung 3a) und 3b) zu sehen. Entweder eine oder zwei gestörte Zeilen liegen zwischen zwei störungsfreien Zeilen. Im Fall a) wird die gestörte Zeile  $j$  durch die Zeilen  $j-1$  und  $j+1$

$$Y(j, n, t) = \frac{1}{2}(S(j-1, n, t) + S(j+1, n, t)) \quad (9)$$

linear interpoliert. Hier entsprechen  $S$  dem Eingangs-,  $Y$  dem Ausgangsbild,  $n$  dem Spaltenindex und  $t$  dem Vollbildzeitpunkt. Im Fall b) wird die obere gestörte Zeile  $j$  durch die Zeilen  $j-1$  und  $j+2$

$$Y(j, n, t) = \frac{2}{3}S(j-1, n, t) + \frac{1}{3}S(j+2, n, t) \quad (10)$$



**Abbildung 3** Interpolationsmöglichkeiten.

und die untere gestörte Zeile  $j$  durch die Zeilen  $j - 2$  und  $j + 1$

$$Y(j, n, t) = \frac{1}{3}S(j - 2, n, t) + \frac{2}{3}S(j + 1, n, t) \quad (11)$$

linear interpoliert. Gestörte Zeilen werden durch die lineare Interpolation von benachbarten störungsfreien Zeilen geschätzt. Dabei sind die Gewichtungen abhängig von der Distanz zwischen gestörter und störungsfreier Zeile. Um Bewegungsartefakte weitgehend zu vermeiden, werden nur Zeilen vom derzeitigen Vollbild  $t$  für die Interpolation verwendet. Durch den Tiefpass-Effekt der Interpolation erscheinen Details in vertikaler Richtung unscharf. Jedoch ist dieser Effekt weniger störend als das Zeilenimpulsrauschen und im Ablauf eines Videos kaum sichtbar.

## 2.2 Zwei Klassen Gauß-gewichtetes Filter (TCGW)

Ein zwei Klassen Gauß-gewichtetes Filter [6] reduziert additives Gauß-verteiltetes Bildrauschen. Durch eine zwei Klassen Gewichtsfunktion werden bildeigene Kanten und bewegte Objekte vor der rauschreduzierenden Tiefpass-Filterung geschützt. Benachbarte Bildpunkte in örtlicher und zeitlicher Richtung werden als Kanten oder nicht Kantenbildpunkte klassifiziert. Kanten erscheinen in örtlicher Richtung als Bildstrukturen und in zeitlicher Richtung als bewegte Objekte. Falls benachbarte Bildpunkte als Kantenbildpunkte klassifiziert wurden, werden diese von der Filterung ausgeschlossen. Nicht Kantenbildpunkte werden zur Filterung benutzt. Für diese werden Gewichtskoeffizienten nach einer Gauß-Funktion berechnet und der Ausgangswert durch einen gewichteten Mittelwert gebildet.

### 2.2.1 Schätzung der Standardabweichung des Rauschens

Die Standardabweichung  $\sigma_n$  von additivem Gauß-verteilteten Bildrauschen kann mit Hilfe eines separierbaren 2D Laplace-Operators

$$H = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

geschätzt werden [7]. Das derzeitige Eingangsbild  $S(m, n, t)$  wird mit dem Laplace-Operator gefaltet

$$S_H(m, n, t) = H * S(m, n, t) \quad (13)$$

und anschließend wird  $\sigma_n$  wie folgt geschätzt:

$$\sigma_n(t) \approx \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{6MN} \sum_m \sum_n |S_H(m, n, t)|. \quad (14)$$

Die Standardabweichung wird zur anschließenden Berechnung der Gewichtskoeffizienten verwendet.

### 2.2.2 Struktur- und Bewegungsanalyse

Zur Struktur- und Bewegungsanalyse werden Bildpunkte vom derzeitigen Eingangsbild  $S(m, n, t)$  und vom vorigen Ausgangsbild  $Y(m, n, t - 1)$  betrachtet. Bildpunkte eines Fensters der Größe  $3 \times 3 \times 2$  werden in einen Eingangsvektor kopiert

$$\mathbf{s} = (S(m - 1, n - 1, t), \dots, Y(m + 1, n + 1, t - 1)). \quad (15)$$

Eine rekursive Eigenschaft wird erreicht, indem Bildpunkte des vorigen Ausgangsbildes  $Y(m, n, t - 1)$  im Vektor  $\mathbf{s}$  verwendet werden. Für die Struktur- und Bewegungsanalyse werden absolute Differenzen zwischen Werten des Eingangsvektors  $\mathbf{s}$  und dem zu filterndem Bildpunkt  $S(m, n, t)$

$$\Delta_l = |S(m, n, t) - s_l| \quad (16)$$

mit

$$l = 1, \dots, 18 \quad (17)$$

berechnet. Um bildeigene Kanten und Bewegung zu detektieren, werden die absoluten Differenzen  $\Delta_l$  mit einem Schwellwert  $T_3$  verglichen.

$$C_l = \begin{cases} 0, & \Delta_l > T_3 \\ 1, & \Delta_l \leq T_3 \end{cases} \quad (18)$$

$C_l$  repräsentiert die Klasse für einen benachbarten Bildpunkt mit dem Index  $l$ . Ist eine absolute Differenz größer als  $T_3$ , dann wird dieser Bildpunkt als Kantenbildpunkt klassifiziert ( $C_l = 0$ ) und nicht für die Filterung verwendet. Ist eine absolute Differenz kleiner oder gleich  $T_3$ , dann wird dieser Bildpunkt als nicht Kantenbildpunkt klassifiziert ( $C_l = 1$ ) und für die Filterung verwendet. Die Gewichtskoeffizienten werden wie folgt berechnet.

### 2.2.3 Berechnung der Gewichtskoeffizienten

Für jeden benachbarten Bildpunkt aus  $\mathbf{s}$  wird ein Gewichtskoeffizient berechnet. Die Koeffizienten folgen einer stückweisen Gauß-Funktion. In Abbildung 4 ist eine zwei Klassen Gauß-Gewichtsfunktion für zwei verschiedene Standardabweichungen ( $\sigma_n \approx 5$  und  $\sigma_n = 20$ ) zu sehen. Ist ein benachbarter Bildpunkt mit der absoluten Differenz  $\Delta_l$  als Kantenbildpunkt klassifiziert worden ( $C_l = 0$ ), so wird dieser nicht zur Filterung verwendet und dessen Gewichtskoeffizient  $w_l$  zu Null gesetzt. Ist ein benachbarter Bildpunkt mit der absoluten Differenz  $\Delta_l$  als nicht Kantenbildpunkt klassifiziert worden ( $C_l = 1$ ), so

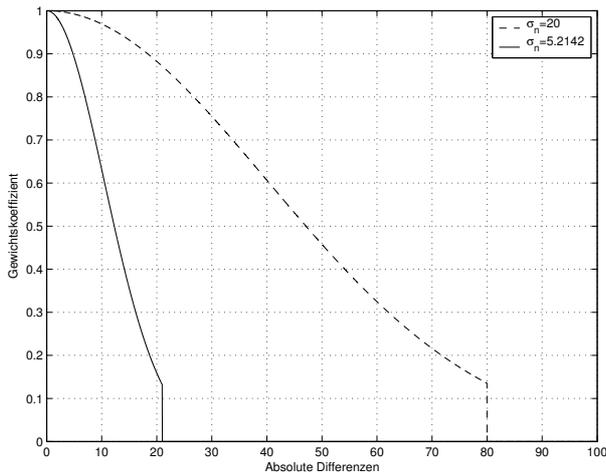


Abbildung 4 Zwei Klassen Gauß-Gewichtsfunktion.

wird dieser zur Filterung verwendet und dessen Gewichtungskoeffizient  $w_l$  mit Hilfe der Gauß-Funktion berechnet. Der Parameter  $\beta$  entspricht einem konstanten Spreizfaktor der Gauß-Funktion.

$$w_l = \begin{cases} 0, & C_l = 0 \\ e^{-\beta(\frac{\Delta l}{\sigma_n})^2}, & C_l = 1 \end{cases} \quad (19)$$

Nachdem die Gewichtungskoeffizienten berechnet wurden, wird der Ausgangswert  $Y(m, n, t)$  wie folgt bestimmt.

$$Y(m, n, t) = \frac{\mathbf{w}^T \mathbf{s}}{\sum_l w_l} \quad (20)$$

Durch eine Klassifizierung benachbarter Bildpunkte wird die Rauschreduktionswirkung an Kanten und bewegten Objekten reduziert. Dadurch bleiben Kanten und bewegte Objekte von der rauschreduzierenden Tiefpass-Filterung verschont. Das verbleibende Rauschen ist an diesen Stellen für die subjektive Videoqualität jedoch weniger störend als verschmierte Kanten oder Bewegungsartefakte.

### 2.3 Reduktion von Echostörungen

Ein Verfahren zur blinden Echoentzerrung von Videosignalen [8] reduziert Geisterbilder, indem durch spezielle Bildeigenschaften Kanalparameter geschätzt und damit Entzerrerparameter adaptiv eingestellt werden. Mit Hilfe von bildeigenen Kanten mit genügend großer Varianz werden die Kanalparameter des mobilen Übertragungskanals geschätzt und zur Entzerrung des Bildsignals verwendet. In Abbildung 5 ist das Blockschaltbild zur blinden Echoentzerrung zu sehen. Durch eine Autokorrelationsfunktion des kantendetektierten Signals werden die Echolaufzeiten geschätzt. Die Bestimmung der Echoamplituden geschieht durch eine Regressionsanalyse für jede Referenzkante mit genügend großer Varianz. Anschließend werden die Entzerrerkoeffizienten mit den Ergebnissen der Regressionsanalyse durch ein iteratives Verfahren adaptiert. Die Berechnung der Autokorrelationsfunktion und die Regressi-

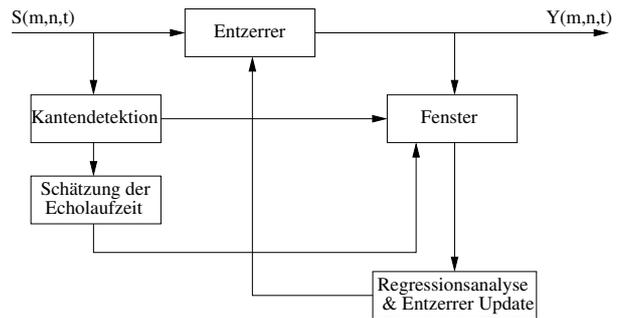


Abbildung 5 Blockschaltbild zur blinden Echoentzerrung.

onsanalyse nehmen jedoch relativ viel Rechenzeit in Anspruch. Mit diesem Verfahren können konstante Echostörungen (bzgl. Echolaufzeiten und -amplituden) sehr gut reduziert werden. Bei Bildern mit vielen vertikalen Kanten konvergieren die Filterkoeffizienten relativ schnell gegen die Kanalparameter.

### 2.4 Korrektur von Intensitätsschwankungen

Ein Verfahren zur Korrektur von Intensitätsschwankungen [9] reduziert Helligkeitsschwankungen, indem lokale Bildmittelwerte und -varianzen automatisch entzerrt werden. Dieses Verfahren wurde erweitert, indem globale Bildmittelwerte und -varianzen (komplettes Bild) anstatt lokale automatisch entzerrt werden. Das Ausgangsbild  $Y(m, n, t)$  wird mit Hilfe von globalen Korrekturfaktoren für die Varianz  $a(t)$  und den Mittelwert  $b(t)$ , sowie dem Eingangsbild  $S(m, n, t)$  und einem konstanten Überblendfaktor  $\kappa$  wie folgt berechnet:

$$Y(m, n, t) = \kappa[a(t)S(m, n, t) + b(t)] + (1 - \kappa)S(m, n, t) \quad (21)$$

mit

$$a(t) = \sqrt{\frac{\text{var}[Y(m, n, t - 1)]}{\text{var}[S(m, n, t)]}} \quad (22)$$

und

$$b(t) = E[Y(m, n, t - 1)] - a(t)E[S(m, n, t)]. \quad (23)$$

Der multiplikative Korrekturfaktor  $a(t)$  wird mit Hilfe der Varianzen vom Eingangsbild  $S$  und Ausgangsbild  $Y$  bestimmt. Der additive Korrekturfaktor  $b(t)$  wird mit Hilfe der Erwartungswerte von  $Y(m, n, t - 1)$  und  $S(m, n, t)$ , sowie  $a(t)$  berechnet. Durch dieses relativ einfache Verfahren können nicht nur Helligkeitsschwankungen von alten Filmsequenzen, sondern auch von mobil empfangenen analogen Videodaten restauriert werden.

### 2.5 Deinterlacing-Filter

Zeilensprungartefakte treten auf, falls Videos, welche im Zeilensprungverfahren aufgezeichnet wurden, auf Displays mit progressivem Wiedergabemodus angezeigt werden. Das Deinterlacing-Filter [10] zur Unterdrückung von

Zeilensprungartefakte besteht aus einer Einheit zur Bewegungsdetektion und zwei Operatoren zur Rekonstruktion. Ein Operator für die örtliche und einer für die zeitliche Richtung. Diese beiden Operatoren werden in Abhängigkeit von der geschätzten Bewegung zwischen zwei Halbbildern adaptiv an das Bildsignal angepasst. Die relativ einfache Berechnung läßt den Einsatz in Echtzeitsystemen zu.

## 2.6 Kombinationsmöglichkeiten

Die verschiedenen Einzelverfahren reduzieren jeweils nur bestimmte Artefakte. Durch die Kombination der Verfahren werden möglichst viele der auftretenden Artefakte reduziert. Eine falsche Kombination kann dazu führen, dass manche Verfahren komplett in ihrer Wirkung versagen und das Videosignal sogar verschlechtern. Durch die Kombination soll der Betrachter einen möglichst guten visuellen Eindruck von mobil empfangenen analogen Videosignalen bekommen. In einem Block zur Rauschreduktion wie in Abbildung 1 zu sehen, werden starke Rauschstörungen wie Zeilenimpulsrauschen und Gauß-verteilt Rauschen reduziert. Mit den aufbereiteten Videodaten kann jetzt eine bessere Bildrestauration durchgeführt werden. Im Block Bildrestauration werden Intensitätsschwankungen und Echostörungen, sowie Zeilensprungartefakte bei der Betrachtung auf Displays mit progressivem Wiedergabemodus reduziert.

Im Block Rauschreduktion wird erst das Zeilenimpulsrauschen im Eingangsbildsignal reduziert, um bei der Reduktion von Gauß-verteilt Rauschen richtige Werte für die Standardabweichung  $\sigma_n$  des Gauß-verteilt Rauschen zu schätzen. Zeilenimpulsrauschen verfälscht diese Schätzung und das zwei Klassen Gauß-gewichtete Filter würde in diesem Fall eine unnötig starke Tiefpass-Filterung durchführen.

Im Block Bildrestauration werden erst Echostörungen im Eingangsbildsignal reduziert. Durch die Mehrwegeausbreitung zusätzlich entstandene vertikale Kanten werden somit unterdrückt. Echostörungen verfälschen die Varianz des ursprünglichen Bildes. Da das Verfahren zur Korrektur von Intensitätsschwankungen mit der fehlerhaften Varianz auch einen fehlerhaften multiplikativen Faktor  $a(t)$  berechnen würde, werden zuerst Echostörungen reduziert.

Ein anschließendes Deinterlacing-Filter wird für den Fall eingesetzt, falls im Zeilensprungverfahren aufgezeichnete Videosequenzen auf Displays mit progressivem Wiedergabemodus angezeigt werden.

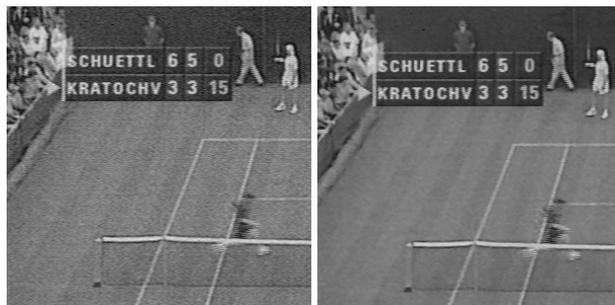
## 3 Simulationsergebnisse

Bei den Simulationsergebnissen konnte keine objektive Qualitätsbewertung durchgeführt werden, da nur mobil aufgenommene Videosequenzen und keine originalen Videosignale zur Verfügung standen. Weiter werden aus Platzgründen hier nur Bildausschnitte gezeigt.

In Abbildung 6 ist links ein mobil empfangenes Bild mit vorwiegend Zeilenimpulsrauschen und rechts das Bild nach der Signalnachverarbeitung zu sehen. Das Zeilenim-

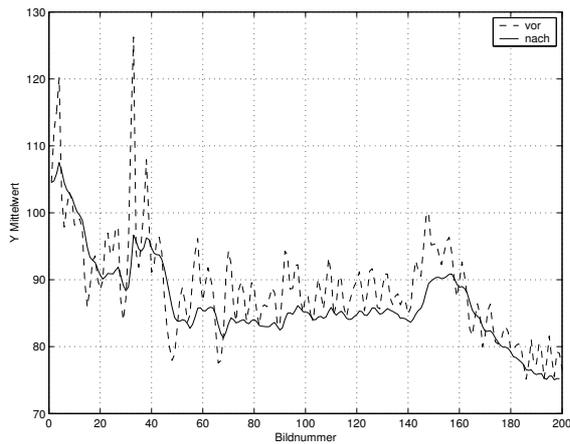


**Abbildung 6** Links: Mobil empfangenes Bild mit Zeilenimpulsrauschen. Rechts: Bild nach der Signalnachverarbeitung.

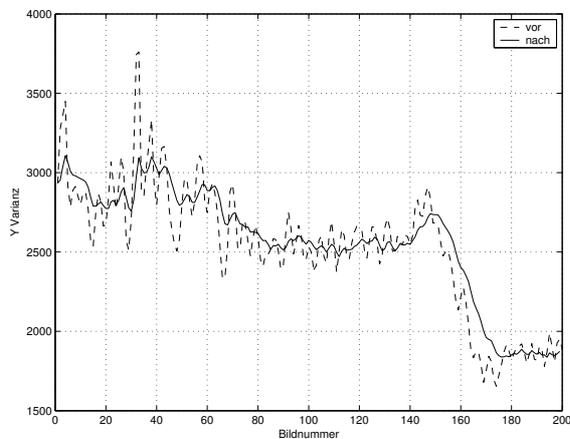


**Abbildung 7** Links: Mobil empfangenes Bild mit Gauß-verteilt Bildrauschen. Rechts: Bild nach der Signalnachverarbeitung.

pulsrauschen wurde nahezu vollständig durch das Verfahren LSI-FI der Signalnachverarbeitungskette reduziert. In [3] wird deutlich, dass Referenzverfahren wie das Median  $5 \times 1$  und SD-ROM  $5 \times 1$  das Zeilenimpulsrauschen weniger gut reduzieren. In Abbildung 7 ist links ein mobil empfangenes Bild mit vorwiegend Gauß-verteilt Rauschen und rechts das Bild nach der Signalnachverarbeitung zu sehen. Das Gauß-verteilt Bildrauschen wurde durch das TCGW-Filter reduziert ohne die Kanten des Schiefertafels zu stark Tiefpass zu filtern. Am über das Feld laufenden Balljungen ist erkennbar, dass keine Bewegungsartefakte durch das TCGW erzeugt wurden. Ein Vergleich des TCGW gegenüber einigen Referenzverfahren in [6] zeigt, dass das TCGW für verschiedene Videosequenzen und Standardabweichungen des Rauschens bessere Ergebnisse als die Referenzverfahren erzielt. Abbildung 8 und 9 zeigen jeweils Diagramme der Bildmittelwerte und -varianzen vor und nach der Signalnachverarbeitung. Sowohl für die Bildmittelwerte als auch für die Bildvarianzen kann nach der Signalnachverarbeitung eine gute Reduktion der Mittelwert- und Varianzschwankungen festgestellt werden. Selbst relativ starke Mittelwert- und Varianzschwankungen wie bei Bildnummer 32 zu sehen werden ausgeglichen. Eine Reduktion der Echostörungen kann in Abbildung 10 beobachtet werden. Hier ist links das mobil empfangene Bild mit Echostörungen und rechts nach der Signalnachverarbeitung zu sehen. Echostörungen sind besonders störend an vertikalen Kanten wie am Mikrofon oder am Kopf des Nachrichtensprechers. Im Bild nach der Signalnachverarbeitung ist zu erkennen, dass durch blinde



**Abbildung 8** Bildmittelwerte vor und nach der Signalnachverarbeitung.



**Abbildung 9** Bildvarianzen vor und nach der Signalnachverarbeitung.



**Abbildung 10** Links: Mobil empfangenes Bild mit Echostörungen. Rechts: Bild nach der Signalnachverarbeitung.



**Abbildung 11** Links: Mobil empfangenes Bild mit Zeilensprungartefakte. Rechts: Bild nach der Signalnachverarbeitung.

Echoentzerrung solche Störungen reduziert wurden. Das Deinterlacing-Filter reduziert Zeilensprungartefakte welche in Abbildung 11 links vor allem im Bildhintergrund zu sehen sind. Zeilensprungartefakte sind nach der Signalnachverarbeitung wie in Abbildung 11 rechts zu erkennen reduziert worden.

## 4 Zusammenfassung

Durch digitale Signalnachverarbeitung kann die subjektive Videoqualität von mobil empfangenen analogen Videodaten wesentlich verbessert werden. Auftretendes Zeilenimpulsrauschen, Gauß-verteilt Bildrauschen, Intensitätsschwankungen aufeinanderfolgender Bilder sowie Echostörungen können reduziert werden. Je nach Darstellung der Videosignale kann ein Deinterlacing-Filter verwendet werden. Bis auf das Verfahren zur blinden Echoentzerrung besitzen alle weiteren Verfahren relativ geringe Komplexität, was den Einsatz in Echtzeitsystemen erlaubt.

## 5 Literatur

- [1] J. - R. Ohm, "Multimedia Communication Technology," Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, pp. 171-173.
- [2] E. Abreu and S. K. Mitra, "A simple method for the restoration of images corrupted by streaks," *Proc. IEEE International Symposium on Circuits & Systems*, Atlanta, GA, May 1996, pp. 730-733.
- [3] M. Friebe and A. Kaup, "Low Complexity Noise Reduction for Mobile TV using Line Selective Interpolation of Field Informations," *To appear in Proc. of ICIP*, Genova 2005.
- [4] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 839-846, January 1998.
- [5] V. Zlokolica and W. Philips, "Motion and Detail Adaptive Denoising of Video," *Proceedings of SPIE*, Vol. 5298, pp. 403-412, May 2004.
- [6] M. Friebe and A. Kaup, "Low Complexity Two Classes Gauss Weighting filter for Noise Reduction in mobile received analog TV signals," *To appear in Proc. of EUSIPCO*, Antalya 2005.
- [7] J. Immerkaer, "Fast Noise Variance Estimation," *Proceedings of Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 64, pp. 300-302, September 1996.
- [8] Z. Lei, "Blinde Echoentzerrung zum Empfang von Videosignalen," Shaker Verlag, ISBN 3-8265-7943-7, Dissertation, Universität Dortmund, August 2000.
- [9] P. M. B. van Roosmalen, R. L. Lagendijk and J. Biemond, "Correction of Intensity Flicker in Old Film Sequences," *Proc. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, October 1999, Vol. 9, No.7, pp. 1013-1019.
- [10] L. Tenze, S. Marsi and S. Carrato, "Design and implementation of a high-quality, low-power deinterlacer circuit," *Proc. EUSIPCO*, Toulouse, September 2002, Vol. 3, pp. 565-568.