



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 03 850 T2** 2006.01.26

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 271 928 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 03 850.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 003 566.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **15.02.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 1/60** (2006.01)

H04N 9/04 (2006.01)

H04N 1/64 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

885389 19.06.2001 US

(73) Patentinhaber:

**Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US**

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Kakarala, Ramakrishna, Sunnyvale, US; Baharav,
Izhak, San Jose, US**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zum Verarbeiten von Bildern mit aufgelöster Mosaikstruktur, um durch Farb-Aliasing hervorgerufenen Artefakte zu verringern.**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen das Verarbeiten von digitalen Bildern und insbesondere die Verringerung von durch Farb-Aliasing hervorgerufenen Artefakten in dekomprimierten digitalen Bildern.

Beschreibung verwandten Stands der Technik

[0002] Das Auflösen der Mosaikstruktur (demosaiicing) betrifft den Prozeß des Interpolierens von Farben eines digitalen Bildes, das mittels eines Bildsensors erstellt wurde, der mit einer Farbfiltergruppierung (color filter array, CFA) ausgestattet ist. Eine solche CFA ist in der US Patentschrift Nr. 3,971,065 von Bayer beschrieben, die im weiteren als "Bayer" bezeichnet wird. Bei der Bayer-CFA erkennt jedes Pixel nur eine Farbe: Rot, Grün oder Blau. Um alle drei Primärfarben für ein einzelnes Pixel zu erhalten, ist es notwendig, die Farben von benachbarten Pixeln zu interpolieren. Dieser Prozeß der Interpolation wird als Auflösen der Mosaikstruktur (demosaiicing) bezeichnet. Bilder mit aufgelöster Mosaikstruktur zeigen wegen der inhärenten Unterabtastung der Farben eines Bildersensors, der mit einem CFA ausgestattet ist, häufig durch Farb-Aliasing hervorgerufene Artefakte (Störung).

[0003] Wegen der großen Menge an Speicherplatz, der zum Speichern von Bildern mit aufgelöster Mosaikstruktur notwendig ist, verwenden viele Anwendungen Bildkompressionstechniken, die das Bild mit aufgelöster Mosaikstruktur mit weniger Daten wiedergeben, um Speicheraufwand einzusparen oder um Übertragungszeit zu verringern. Je größer der Kompressionsgrad ist, desto ungenauer wird das dekomprimierte Bild. Eine Kompression kann mittels verlustloser oder mittels einer verlustbehafteter Technik, beispielsweise JPEG (Joint Photographic Expert Group), durchgeführt werden. Eine Abhandlung über die JPEG-Technik ist der Veröffentlichung "JPEG: Still Image Data Compression Standard", von W. Pennebaker und J. Mitchell, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993, zu entnehmen.

[0004] Frühere Verfahren zum Reduzieren des Farb-Aliasings wurden für JPEG-Bildkompressionsverfahren ausgelegt, die auf diskreter Kosinustransformation basieren (vgl. Pennebaker und Mitchell). Wenn jedoch das Bild mit aufgelöster Mosaikstruktur mittels Wellenabbildungen bzw. Wellenformen (wavelets) komprimiert wird, wie es beispielsweise in dem JPEG 2000-Standard vorgesehen ist, der in der Norm ISO/IEC 15444-1:2000, Coding of Still Pictures: JPEG 2000, Teil 1, behandelt wird, sind die Verfahren zum Verringern des Farb-Aliasings mittels diskreter Kosinustransformation nicht zur Verwendung mit einer wellenformbasierten (wavelet-based) Kompression geeignet.

ABRISS DER ERFINDUNG

[0005] Es wird ein System und ein Verfahren vorgesehen, um ein Bild mit aufgelöster Mosaikstruktur mittels Algorithmen zur Verringerung der durch Farb-Aliasing hervorgerufenen Artefakte (color aliasing artifact reduction, CAAR) zu verarbeiten, um die durch Farb-Aliasing hervorgerufene Artefakte zu verringern. Der CAAR-Algorithmus berechnet die L-gradige wellentransformierte (L-level wavelet transform) für die Farbebenen R, G und B mit aufgelöster Mosaikstruktur. Daraufhin schätzt der CAAR-Algorithmus für jede Pixelstelle den korrekten Farbwert für diejenigen Farben, welche nicht mit dieser Pixelstelle zugeordnet sind. Um beispielsweise den jeweiligen Grün-Wert an Orten roter Pixel zu ermitteln, führt der CAAR-Algorithmus eine inverse Wellen-Transformation (inverse wavelet transform) durch, indem das grüne Näherungs-Signal und die roten Detail-Signale verwendet werden. Dieser Prozeß wird für jede Farbe wiederholt (beispielsweise Grün-Werte an Orten blauer Pixel, Rot-Werte an Orten grüner Pixel usw.). Ferner führt der CAAR-Algorithmus eine inverse Wellentransformation für jede Farbebene selbst durch, so daß die Pixelwerte der Farbe, die mit jeder Pixelstelle zugeordnet sind, nicht verschlechtert werden. Daraufhin wird die inverse Wellentransformierte jeder Farbebene für jeden geschätzten Farbwert für diese Farbebene mit der inversen Wellentransformierten kombiniert, um korrelierte R-, G- und B-Farbebenen zu erzeugen. Diese R-, G- und B-Farbebenen können später mittels eines wellenformbasierten (wavelet-based) Bildkompressionsverfahrens, beispielsweise mittels des JPEG 2000-Standards, komprimiert werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0006] Die offenbarte Erfindung wird mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, die wichtige beispielhafte Ausführungen der Erfindung darstellen und die Teil der Beschreibung bilden, wobei die Figuren im einzelnen darstellen:

[0007] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das ein System darstellt, welches den Algorithmus zum Verringern der durch Farb-Aliasing hervorgerufenen Artefakte (CAAR-Algorithmus) gemäß der Erfindung verwendet;

[0008] [Fig. 2](#) ist ein Flußdiagramm, das die Schritte zum Implementieren des CAAR-Algorithmus innerhalb des in [Fig. 1](#) dargestellten Systems zeigt;

[0009] [Fig. 3A](#) ist ein Blockdiagramm, das den erfindungsgemäßen CAAR-Algorithmus darstellt;

[0010] [Fig. 3B](#) ist ein Flußdiagramm, das beispielhafte Schritte des erfindungsgemäßen CAAR-Algorithmus darstellt;

[0011] [Fig. 4](#) ist ein Flußdiagramm, das den Kombinationsschritt des CAAR-Algorithmus darstellt, der in [Fig. 3](#) der Zeichnungen gezeigt ist;

[0012] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm, das den JPEG 2000-Standard für wellenformbasierte Bildkompression darstellt;

[0013] [Fig. 6](#) ist ein Flußdiagramm, das die Schritte darstellt, die mit dem JPEG 2000-Standard von [Fig. 5](#) verknüpft sind; und

[0014] [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen den Prozeß des Interpolierens von Werten, um die Ursache von Aliasing bei komprimierten Signalen zu demonstrieren.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE DER ERFINDUNG

[0015] Es werden zahlreiche erfinderische Lehren der vorliegenden Anmeldung unter jeweiliger Bezugnahme auf Ausführungsbeispiele beschrieben. Es ist jedoch ersichtlich, daß diese Ausführungen nur wenige Beispiele der zahlreichen vorteilhaften Verwendungen der hier dargestellten erfinderischen Lehren vorsehen. Im allgemeinen beschränken die in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung vorgesehenen Darstellungen die zahlreichen beanspruchten Erfindungen nicht notwendigerweise. Ferner können sich einige Darstellungen auf einige erfinderische Merkmale beziehen, auf andere wiederum nicht.

[0016] Die [Fig. 1](#) zeigt ein digitales Bildsystem **10**, welches den Algorithmus zur Verringerung der durch Farb-Aliasing hervorgerufenen Artefakte (color aliasing artifact reduction, CAAR) **40** gemäß der vorliegenden Erfindung implementiert. Das digitale Bildsystem kann jede digitale Bildvorrichtung sein, beispielsweise eine digitale Kamera, eine Videokamera, eine medizinische bildgebende Einrichtung, usw. Das digitale Bildsystem **10** kann ferner ein Computersystem sein, beispielsweise ein Personal-Computer oder ein Server, in dem ein Speicher vorgesehen ist, um komprimierte Bilddaten zu speichern. Der CAAR-Algorithmus **40** kann Teil einer Bildverarbeitungssoftware sein, die auf einem solchem Personal-Computer oder Server läuft.

[0017] Das digitale Bildsystem **10** umfaßt einen digitalen Bildsensor **20**, beispielsweise einen CMOS-Sensorchip oder einen CCD-Sensorchip, um Rohdaten **25**, welche die ursprünglichen roten, blauen und grünen Pixelwerte enthalten, für die Logik zum Auflösen der Mosaikstruktur (demosaiicing logic) **30** vorzusehen, die die Pixelwerte interpoliert, um an jeder Pixelstelle einen Rot-, einen Grün- und einen Blau-Wert zu erhalten. Das Ergebnis des Auflöserns der Mosaikstruktur sind drei Farbebenen (R, G und B), die jeweils Originalwerte und interpolierte Werte enthalten. Für eine vollständigere Betrachtung des Auflöserns der Mosaikstruktur (demosaiicing) wird auf das Patent US 5,838,818 von Herley verwiesen. Es ist ersichtlich, daß anstatt Rot, Grün und Blau andere Farbräume, beispielsweise Gelb, Zyan und Magenta, verwendet werden können.

[0018] Die sich ergebenden Farbebenen **35** werden an den CAAR-Algorithmus **40** weitergeleitet, der korrelierte Farbebenen (R', G' und B') **45** erzeugt (die korrelierten Farbebenen sind im weiteren detaillierter in Verbindung mit den [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 4](#) beschrieben). Wenn danach die korrelierten Farbebenen **45** mittels eines wellenformbasierten (wavelet-based) Kompressionsverfahrens komprimiert werden sollen, werden die korrelierten Farbebenen **45** an einen wellenformbasierten Komprimierer **50** weitergeleitet, beispielsweise

an einen, der den JPEG 2000-Standard anwendet, um die korrelierten Farbebenen **45** zu einem komprimierten Bild zu komprimieren. Dieses komprimierte Bild **55** kann in einem Speicher **60** gespeichert werden, bis es angezeigt oder verarbeitet wird. Um das komprimierte Bild **55** auf einer Ausgabevorrichtung **80** (beispielsweise ein Computerbildschirm oder Drucker) anzuzeigen oder zu verarbeiten, wird das komprimierte Bild zunächst mittels eines wellenformbasierten Bild-Dekomprimierers **70** dekomprimiert, welcher die verlustbehafteten korrelierten Farbebenen (R", G" und B") mittels inverser Wellentransformation rekonstruiert. Die verlustbehafteten korrelierten Farbebenen **75** werden an die Ausgabevorrichtung **80** ausgegeben.

[0019] Wie oben bemerkt, liegt die Ursache für das in einem dekomprimierten Bild vorliegende Aliasing an der Unterabtastung des ursprünglichen Signals. Der CAAR-Algorithmus **40** verringert die Erkennbarkeit von Aliasing in einem Bild, indem geeignete Annahmen hinsichtlich des ursprünglichen unterabgetasteten Signals getroffen werden und indem das unterabgetastete Signal modifiziert wird, um diesen Annahmen gerecht zu werden. Eine dieser Annahmen ist die bekannte Annahme der Detailkorrelation (beispielsweise sind feine Details in den Rot-, Grün- und Blau-Farbebenen bis zu einem gewissen Grad an Auflösung hochgradig korreliert). Diese Annahme bedeutet, daß, falls sich eine Änderung in einer Farbebene ergibt, beispielsweise in der Grün-Ebene, diese Änderung dann auch an der gleichen Stelle in der Rot- und in der Blau-Ebene auftritt.

[0020] Wie beispielsweise in [Fig. 7A](#) dargestellt, soll von einem Signal "X" ausgegangen werden, das die folgenden Abtastwerte hat: 2, 1, -4, 3, 4, 1, 6, 3 -2, 1, 0 und 3. Es soll ferner davon ausgegangen werden, daß "X" Abtastwerte von zwei Farben umfaßt, die A und B genannt werden, wobei nur eine Farbe bei einem Durchgang abgetastet wird, und daß die Abtastung der Farben wie folgt ausgeführt wird: A B A B A B A B A B A B. Daher sind die Farbabtastwerte für A gleich 2, -4, 4, 6, -2 und 0, und die Farbabtastwerte für B sind 1, 3, 1, 3, 1, 3. Um die A- und B-Farbwerte für alle Abtaststellen zu vervollständigen, kann das Signal X interpoliert werden, um die zwischen jedem Paar fehlenden Werte zu ermitteln, indem der Durchschnitt des linken und des rechten Nachbars verwendet wird. Die sich ergebenden fehlenden A-Werte sind: -1, 0, 5, 2, -1 und -1. Daher wurde der erste interpolierte Wert (-1) am Ende des fehlenden A-Werts verwendet, um die gesamten A-Werte auszufüllen, da das Interpolieren der Werte keinen vollständigen Satz an A-Werten erzeugt (d.h. statt der benötigten 12 würden nur 11 A-Werte erzeugt werden). Die sich ergebenden fehlenden B-Werte sind: 2, 2, 2, 2, 2 und 2. Hier wurde der letzte interpolierte Wert am Anfang der fehlenden B-Werte verwendet, um alle B-Werte auszufüllen. Wie in der [Fig. 7B](#) dargestellt, ergeben sich nach Zusammenfügen aller A-Werte die folgenden A-Farbwerte: 2, -1, -4, 0, 4, 5, 6, 2 -2, -1, 0 und -1. Nach Zusammenfügen aller B-Werte ergeben sich die B-Farbwerte zu: 2, 1, 2, 3, 2, 1, 2, 3, 2, 1, 2 und 3.

[0021] Aus dem Obenstehenden ergibt sich, daß die resultierenden B-Farbwerte regelmäßig und periodisch sind, während die A-Werte diese Merkmale nicht aufweisen. Für die Gültigkeit der Annahme der Detailkorrelation sollten sowohl A als auch B periodisch sein oder sowohl A als auch B nicht periodisch sein. Da A nicht periodisch ist und B periodisch ist, hat das Signal "X" die Annahme der Detailkorrelation verletzt, wodurch Aliasing auftritt.

[0022] Um die Sichtbarkeit von Aliasing in "X" zu verringern, nimmt der CAAR-Algorithmus **40** an, daß die Abtastwerte A und B verschiedenen Orten des ursprünglichen Signals entnommen sind und versucht, die zwei Farben zu korrelieren (beispielsweise, indem die Daten zweier Farben gemischt werden). Daher wird an jeder Abtaststelle der Originalwert (entweder ein A- oder ein B-Wert) beibehalten, jedoch werden die interpolierten Werte modifiziert, um die zwei interpolierten Signale (A fehlt und B fehlt) hinsichtlich der Details ähnlicher zu machen (beide periodisch oder beide nicht periodisch).

[0023] Beispielsweise können die sich ergebenden korrelierten A-Werte nach Anwenden des CAAR-Algorithmus **40** wie folgt sein: 2, 0, -4, -1.5, 4, 4, 6, 4.5, -2, -2, 0 und 1.5, und die sich ergebenden korrelierten B-Werte können wie folgt sein: 3, 1, 0.5, 3, 1, 1, 4.5, 3, 1, 1, 3.5 und 3. Es ist leicht ersichtlich, daß die Regelmäßigkeit der B-Werte durch den CAAR-Algorithmus **40** aufgebrochen wurde, um B so zu gestalten, daß es A mehr ähnelt. Allerdings wurden die ursprünglichen A-Werte und die ursprünglichen B-Werte beibehalten.

[0024] Daher hat der CAAR-Algorithmus **40** zur Folge, daß die Korrelation von Details erhöht wird, wodurch die Sichtbarkeit von Aliasing verringert wird. Um dies an einem Bild anzuwenden, verursacht der CAAR-Algorithmus **40** eine "Vergrauung" (graying) der Details in den interpolierten Werten (beispielsweise indem die Farbebenen stärker korreliert werden), ohne die ursprünglichen Abtastwerte zu zerstören.

[0025] Um die Annahme der Detailkorrelation für ein Bild anzunehmen, dessen Mosaikstruktur aufgelöst wurde bzw. das vormals als Mosaik vorgesehen war (demosaiiced image), muß eine Darstellung in Mehrfachauflösung für jede Farbebene (R, G und B) erzeugt werden. Da die Farbebenen an jedem Pixel interpolierte Far-

ben enthalten, kann jede Farbebene als ein Bild betrachtet werden. Eine Darstellung in Mehrfachauflösung eines Bildes ergibt sich, indem seine Wellentransformierte berechnet wird.

[0026] Eine Wellentransformierte erzeugt eine Darstellung eines Signals als Näherungs- und Detail-Koeffizienten. Als Beispiel soll angenommen werden, daß ein Signal "Z" die folgende Zahlenfolge umfaßt: 10, 1, 23, -2, 0, 1, 0 und 4. Um die Näherungs-Koeffizienten "A" zu berechnen, wird eine erste Zahlenfolge "A" erzeugt, welche die Summe jedes Paares von "Z" enthält. Um die Detail-Koeffizienten "D" zu berechnen, wird eine zweite Zahlenfolge "D" erzeugt, welche die paarweisen Differenzen jedes einzelnen Paares von "Z" enthält. Daher umfaßt "A" die folgenden Zahlen: 11, 21, 1 und 4, und "D" umfaßt die folgenden Zahlen: 9, 25, -1 und -4. Es ist ersichtlich, daß "Z" äquivalent durch "A" und "D" dargestellt ist, da "A" und "D" aus "Z" berechnet sind, und "Z" aus "A" und "D" berechnet werden kann.

[0027] Tatsächlich werden die Näherungs-Koeffizienten "A" als gewichtete Summe erzeugt und die Detail-Koeffizienten "D" werden als eine weitere gewichtete Summe erzeugt, die jeweils verschiedene Gewichtungen aufweisen. Wenn beispielsweise $X(k)$ das k-te Element von X ist, dann gelten für jedes m, wobei m geradzahlig ist, die Näherungs-Koeffizienten:

$$A(m) = h(0)x(m) + h(-1)x(m-1) + h(-2)x(m-2) + \dots h(-N)x(m-N);$$

$$h(1)x(m+1) + h(2)x(m+2) + \dots h(N)x(m+N)$$

Gleichung 1

[0028] In gleicher Weise ergeben sich für jedes n, wobei n geradzahlig ist, die Detail-Koeffizienten:

$$D(n) = g(0)x(n) + g(-1)x(n-1) + g(-2)x(n-2) + \dots g(-N)x(n-N);$$

$$g(1)x(n+1) + g(2)x(n+2) + \dots g(N)x(n+N)$$

Gleichung 2

[0029] Die Gewichtungen $h(-N), \dots h(-2), h(-1), h(1), h(2), \dots h(N)$ für die Näherungs-Koeffizienten und die Gewichtungen $g(-N), \dots, g(-2), g(-1), g(0), g(1), g(2), \dots g(N)$ für die Detail-Koeffizienten werden als Wellenform-Tiefpaßfilterkoeffizienten (wavelet lowpass filter coefficients) bezeichnet.

[0030] Eine zweidimensionale Wellen-Transformierte eines Bildes (Signals) wird errechnet, indem die Näherungs- und Detail-Zerlegung für jede Pixelzeile des Bildes und daraufhin für jede Spalte des Ergebnisses durchgeführt werden. Nach der Zerlegung erzeugt die Transformation vier Signale, die jeweils ein Viertel der Größe des Originalsignals haben und die jeweils aus einer Anzahl von Koeffizienten bestehen. Das erste Signal ist ein Näherungs-Signal des ursprünglichen Signals (das als Näherungs-Signal bezeichnet wird), das zweite Signal ist ein Horizontal-Näherungs- und Vertikal-Detail-Signal (das als vertikales Kantensignal bezeichnet wird), das dritte Signal ist ein Vertikal-Näherungs- und Horizontal-Detail-Signal (das als horizontales Kantensignal bezeichnet wird) und das vierte Signal ist ein Vertikal- und Horizontal-Detail-Signal (das als Diagonal-Kantensignal bezeichnet wird). Beispielsweise sei eine einstufige Wellen-Transformierte eines Signals gegeben durch:

$$X \xleftrightarrow{\quad} \{X_a^0, X_h^0, X_v^0, X_d^0\}.$$

Gleichung 3

[0031] In diesem Fall bezeichnet X_a^0 das Näherungssignal für X, X_h^0 bezeichnet das Horizontal-Kantensignal, X_v^0 bezeichnet das Vertikal-Kantensignal und X_d^0 bezeichnet das Diagonal-Kantensignal. Die Kantensignale werden zusammengefaßt als "Detail"-Signale von X bezeichnet.

[0032] Um eine Mehrfachauflösungs-Darstellung des ursprünglichen Signals "X" zu erhalten, wird die Wellen-Transformation "L"-mal iteriert. Bei jeder Iteration bezieht sich die Wellentransformation nur auf das Näherungssignal "A", das in der vorhergehenden Iteration berechnet wurde. Daher wird jedesmal, wenn der Prozeß wiederholt wird, die Näherung " A_{new} " basierend auf der vorangegangenen Näherung " A_{previous} " berechnet, und die Detailsignale "D" werden basierend auf der vorangegangenen Näherung " A_{previous} " berechnet. Daher ergibt sich eine L-gradige Wellentransformation zu:

$$X \xleftrightarrow{\quad} \{X_a^L, X_h^L, X_v^L, X_d^L, \dots, X_h^0, X_v^0, X_d^0\}.$$

Gleichung 4

[0033] Bei der Anwendung des obenstehenden Farbenen (R, G, und B) ergibt sich die L-gradige Wellen-Transformierte der Rot-, Grün- und Blau-Ebenen des Bildes mit aufgelöster Mosaikstruktur wie folgt:

$$R \xleftrightarrow{w} \{R_a^L, R_h^L, R_v^L, R_d^L, \dots, R_h^0, R_v^0, R_d^0\} \quad \text{Gleichung 5}$$

$$G \xleftrightarrow{w} \{G_a^L, G_h^L, G_v^L, G_d^L, \dots, G_h^0, G_v^0, G_d^0\} \quad \text{Gleichung 6}$$

$$B \xleftrightarrow{w} \{B_a^L, B_h^L, B_v^L, B_d^L, \dots, B_h^0, B_v^0, B_d^0\} \quad \text{Gleichung 7}$$

[0034] Durch Anwenden der Annahme der Detailkorrelation auf die oben genannten Wellen-Transformierten der Rot-, Grün- und Blau-Ebenen ergibt sich schließlich, daß für eine bestimmte Wahl von L die entsprechenden Detailsignale R_x^1, G_x^1, B_x^1 , für alle $1 \leq L$ und $x = h, v, d$ sehr ähnlich, wenn auch nicht identisch sind.

[0035] Die [Fig. 2](#) zeigt die Schritte zum Implementieren des CAAR-Algorithmus innerhalb des digitalen Systems (welches in [Fig. 1](#) dargestellt ist). Es werden Rohbilddaten mit ursprünglichen Rot-, Blau- und Grün-Pixelwerten bei dem digitalen Bildsystem empfangen (Schritt 200), wo die Rot-, Blau- und Grün-Werte interpoliert werden, um für jede Pixelstelle alle drei Farben vorzusehen (Schritt 210). Der CAAR-Algorithmus wird auf diese drei Farbebenen angewandt (Schritt 220), um die korrelierten Farbebenen (R', G' und B') zu erzeugen.

[0036] Wie oben dargestellt, halten die korrelierten Farbebenen (R', G' und B') an der Annahme der Detailkorrelation fest, um Aliasing-Artefakte in dem endgültigen dekomprimierten Bild zu verringern. Diese korrelierten Farbebenen (R', G' und B') können einer wellenformbasierten Bildkompression unterzogen werden, um das komprimierte Bild zu erzeugen (Schritt 230). Der Prozeß der wellenformbasierten Bildkompression ist im weiteren mit Bezug auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) detailliert beschrieben. Wie oben ferner mit Bezug auf die [Fig. 1](#) dargestellt ist, wird dieses komprimierte Bild typischerweise in einem Speicher gespeichert (Schritt 240), bis das komprimierte Bild dekomprimiert wird (Schritt 250), um das Bild darzustellen oder zu verarbeiten (Schritt 260). Da die Detail-Koeffizienten vor der Kompression korreliert wurden, ist der sich durch Kompression und Dekompression ergebende Verlust (Aliasing-Artefakte) des Bildes weniger sichtbar, als ohne CAAR-Algorithmus.

[0037] Im folgenden wird auf die [Fig. 3A](#) der Zeichnung Bezug genommen, in der der CAAR-Algorithmus 40 detaillierter dargelegt ist. Wie oben in Verbindung mit den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) behandelt wird, werden die sich ergebenden Farbebenen (R, G und B) 35, die jeweils die ursprünglichen und die interpolierten Werte enthalten, an den CAAR-Algorithmus 40 übertragen, wenn die Rohbilddaten 25, welche die ursprünglichen Rot-, Blau- und Grün-Pixelwerte enthalten, an die Logik zum Auflösen der Mosaikstruktur (demosaiicing logic) übertragen werden. Anfänglich berechnet der CAAR-Algorithmus 40 die L-gradige Wellentransformierte (wie oben beschrieben) für die Farbebenen (R, G und B) 35 mit aufgelöster Mosaikstruktur, indem die jeweiligen Wellentransformations-Einrichtungen verwendet werden. Das Ergebnis der L-gradigen Wellentransformation für jede Farbebene ist das Näherungs-Signal und die Detail-Signale (Kantensignal), wie oben hinsichtlich der Gleichungen 5 bis 7 betrachtet und dargestellt ist. Die Näherungs-Signale sind als R_a, G_a und B_a dargestellt, wobei die Detail-Signale als R_d, G_d und B_d bezeichnet sind. Die Folge des Erhöehens von L in dem CAAR-Algorithmus 40 ist die Erhöhung des Grads an Korrelation für Farb-Aliasing. Der Grund dafür ist, daß mit steigendem L mehr Signalkomponenten von anderen Farbebenen abgeleitet werden, wodurch die Korrelation in den Farbebenen des Ausgangsbildes erhöht wird. Der Nachteil des Erhöehens von L ist der Verlust an Farbe (d.h. mit steigendem L verringert sich die Sättigung des Bildes).

[0038] Danach schätzt der CAAR-Algorithmus 40 den richtigen Farbwert für jede Pixelstelle hinsichtlich der Farben, die nicht dieser Pixelstelle zugeordnet sind, indem inverse Wellentransformations-Einrichtungen 44 verwendet werden. Um beispielsweise den Grün-Wert an Stellen von roten Pixeln zu ermitteln, führt der CAAR-Algorithmus eine inverse Wellentransformation unter Verwendung der grünen Näherungs-Signale und der roten Detail-Signale durch. Dieser Prozeß wird für jede Farbe wiederholt (beispielsweise Grün-Werte an Stellen von blauen Pixeln, Rot-Werte an Stellen von grünen Pixeln usw.). Ferner führt der CAAR-Algorithmus in jeder Farbebene selbst eine inverse Wellentransformation durch, so daß die Pixelwerte der Farbe, die jeder Pixelstelle zugeordnet sind, nicht beeinträchtigt werden. Daher werden für jede Farbebene drei getrennte Wellentransformationen von jeweiligen inversen Wellentransformations-Einrichtungen 44 durchgeführt. Dieser Prozeß ist im weiteren mit Bezug auf die [Fig. 3B](#) genauer erklärt.

[0039] Danach kombiniert ein jeweiliger Kombinierer 46 für jede Farbebene die inverse Wellentransformierte für diese Farbebene mit der inversen Wellen-Transformierten für jeden geschätzten Farbwert für diese Farbebene, um korrelierte R'-, G'- und B'-Farbebenen 45 zu erzeugen. Der Kombinationsprozeß ist unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) im weiteren genauer beschrieben.

[0040] Im weiteren wird auf die [Fig. 3B](#) der Zeichnungen Bezug genommen, in der beispielhafte Schritte zum Implementieren des CAAR-Algorithmus beschrieben sind. Wenn der CAAR-Algorithmus die Farbebenen mit aufgelöster Mosaikstruktur empfängt, berechnet der CAAR-Algorithmus die L-gradige Wellentransformation (wie oben beschrieben) für jede vormals in Mosaik vorgesehene Farbebene (Schritt **300**). Danach schätzt der CAAR-Algorithmus an jeder Pixelstelle den richtigen Farbwert für die Farben, die mit dieser Pixelstelle nicht zugeordnet sind, sowie für die Farbe, die mit der Pixelstelle zugeordnet ist, indem inverse Wellentransformationen ausgeführt werden (Schritt **310**).

[0041] Beispielsweise wird der korrekte Grün-Wert an Stellen für rote Pixel durch die folgende Formel geschätzt:

$$G_r \leftarrow \leftarrow^{w^{-1}} \{G_a^L, R_h^L, R_v^L; R_d^L; \dots, R_h^0, R_v^0, R_d^0\} \quad \text{Gleichung 8}$$

[0042] Hier steht G_r für den Grün-Wert an roten Pixelstellen und $\leftarrow^{w^{-1}}$ steht für die inverse Wellentransformation. Es ist zu beachten, daß die Grün-Näherung des L-ten Grades G_a^L mit von der Rot-Ebene stammenden Detail-Signalen verwendet wird, um die Grün-Werte an den roten Pixelstellen zu schätzen. In gleicher Weise wird der Grün-Wert an blauen Pixelstellen mit der folgenden Formel geschätzt:

$$G_b \leftarrow \leftarrow^{w^{-1}} \{G_a^L, B_h^L, B_v^L; B_d^L; \dots, B_h^0, B_v^0, B_d^0\} \quad \text{Gleichung 9}$$

[0043] Die Grün-Werte an den grünen Pixelstellen werden nicht beeinträchtigt (d.h. die inverse Wellen-Transformation wird auf das grüne Näherungs-Signal und auf die grünen Detail-Signale angewandt). Die sich ergebenden Farbebenen sind Grün, Grün/Blau und Grün/Rot. Damit ist das Verarbeiten der Grün-Ebene abgeschlossen. Das Verarbeiten der Rot- und der Blau-Farbebene gleicht dieser Verarbeitung. In jedem Fall wird das Näherungs-Signal von der zu schätzenden Farbe genommen, und die Detail-(Kanten)-Signale werden von der Farbe der Pixelstelle verwendet.

[0044] Sobald die geschätzten Farbebenen ermittelt wurden (Schritt **320**), wird die inverse Wellen-Transformierte jeder Farbebene mit der inversen Wellen-Transformierten jedes geschätzten Farbwerts für diese Farbebene kombiniert, um korrelierte R'-, G'- und B'-Farbebenen zu erzeugen (Schritt **330**). Bezugnehmend auf die [Fig. 4](#) ist im weiteren ein Beispiel für einen Kombinationsprozeß beschrieben. Diese korrelierten R', G'- und B'-Farbebenen **45** werden mittels eines wellenformbasierten Bildkompressionsverfahrens, beispielsweise der JPEG 2000-Standard, komprimiert.

[0045] Im folgenden wird auf die [Fig. 4](#) der Zeichnungen Bezug genommen, um den CAAR-Algorithmus, der in der [Fig. 3A](#) gezeigt ist, ausführlicher zu beschreiben. Zum Zwecke der Vereinfachung wird jede der sich ergebenden Matrizen, die von den inversen Wellentransformations-Einrichtungen einer bestimmten Farbebene erzeugt wurde, getrennt als x-, y- und z-Matrize dargestellt. Es ist ersichtlich, daß eine dieser Matrizen die inverse Wellentransformierte der Farbebene selbst ist, und die anderen zwei Matrizen die inversen Wellentransformierten der geschätzten Farbebene an den anderen Pixelstellen darstellen. Es ist ebenfalls ersichtlich, daß das Flußdiagramm von [Fig. 4](#) sich auf jede einzelne Farbebene (R, G und B) bezieht. Beispielsweise bezugnehmend auf die [Fig. 3A](#) nimmt der Kombinerer **46**, der die rote korrelierte Farbebene R' erzeugt, als Eingabe drei Matrizen, die von den drei inversen Wellentransformations-Einrichtungen **44** stammen, welche der roten Farbebene zugeordnet sind. Die x-, y- und z-Matrizen der [Fig. 4](#) sind diese drei Eingangsmatrizen.

[0046] Wie aus der [Fig. 4](#) ersichtlich ist, nimmt der Kombinerer **46** drei Eingangsmatrizen (x, y und z) und wählt aus jeder Matrix Werte, um eine Ausgangsmatrix **45** zu bilden (die entweder R', B' oder G' ist) (Schritt **330**). In [Fig. 4](#) ist ein solches Auswahlverfahren dargestellt. Es sollte jedoch beachtet werden, daß anstatt des speziellen dargestellten Auswahlverfahrens andere Auswahlverfahren (d.h. Auswählen von Werten aus jeder Matrix) eingesetzt werden können. Beispielsweise kann die oberste Zeile der Ausgangsmatrix **45** anstatt der Form y, x, y, x die Form x, z, y, z oder die Form y, x, y, z haben.

[0047] Ungeachtet des verwendeten Auswahlverfahrens ist ersichtlich, daß der Kombinerer **46** die Originalwerte beibehält und nur die interpolierten Werte auswählt, um die Ausgangsmatrix zu bilden.

[0048] Wie beispielsweise in der [Fig. 3A](#) dargestellt, ist in den ursprünglichen Daten **25** der Pixelwert der oberen linken Ecke ein Grün-Wert. Daher ist der Pixelwert der oberen linken Ecke der Ausgangsmatrix (G') **45** der Grün-Wert der oberen linken Ecke der inversen Wellentransformierten des grünen Näherungs-Signals und des grünen Detail-Signals. In gleicher Weise ist die untere linke Ecke der ursprünglichen Daten **25** ein blauer Pi-

xelwert. Daher ist die untere linke Ecke der Ausgangsmatrix (G') der Wert der unteren linken Ecke entweder der inversen Wellentransformierten des grünen Näherungs-Signals mit den blauen Detail-Signalen oder der inversen Wellentransformierten des grünen Näherungs-Signals mit den roten Detail-Signalen entnommen.

[0049] Der CAAR-Algorithmus **40** ist so gestaltet, daß er aus der Verwendung von Wellenformen (wavelets), die für die Kompression in dem JPEG 2000-Standard verwendet werden, Nutzen zieht. Wenn insbesondere die JPEG-2000-Kompression im verlustbehafteten Modus für ein mit CAAR verarbeitetes Bild verwendet wird, werden die Aliasing-Artefakte in größerem Maß reduziert als bei der Verwendung von CAAR alleine. Dies kann wie folgt nachvollzogen werden. Beim JPEG-2000-Standard werden Bilder komprimiert, indem die RGB-Komponenten in die C1C2C3-Farbebene umgewandelt werden. In den meisten Fällen, in denen die JPEG-2000-Komprimierung im verlustbehafteten Modus betrieben wird, werden die Näherungs-Koeffizienten in den C2- und C3-Ebenen mit noch geringerer Genauigkeit beibehalten als die der C1-Ebene. Stark komprimierte Bilder (mit Komprimierungsgraden von 25:1 oder stärker) sind typischerweise verschwommen, da die Detail-Koeffizienten in C1, C2 und C3 grob quantisiert sind, wohingegen die Näherungs-Koeffizienten mit größerer Genauigkeit wiedergegeben werden.

[0050] Nun soll der Fall eines Bildes A mit aufgelöster Mosaikstruktur betrachtet werden, das mit dem CAAR-Algorithmus verarbeitet wurde, wodurch sich ein neues Bild B ergab. Wenn JPEG-2000 verwendet wird, um sowohl A als auch B mit dem gleichen Kompressionsgrad zu komprimieren, geht der Verlust beim Komprimieren des Bildes A typischerweise zu Lasten der Detail-Koeffizienten in den C1-, C2- und C3-Ebenen, wohingegen der Verlust beim Komprimieren des Bildes B deutlich anderer Art ist. Da der CAAR-Algorithmus Detail-Koeffizienten von verschiedenen Ebenen zusammenmischt, haben die Detail-Koeffizienten in den drei Farbebenen in B eine höhere Korrelation als die des Bildes A. Dadurch ergibt sich eine geringere Farbsättigung, wodurch sich Werte für die C2- und C3-Detail-Koeffizienten des Bildes B ergeben, die weniger signifikant sind als im Vergleich zu den C2- und C3-Detail-Koeffizienten des Bildes A. Daher ergibt sich in den C2-, C3-Detail-Koeffizienten von B weniger Verlust als in denen von A, und ein vergleichsweise stärkerer Verlust in den C2-, C3-Näherungs-Koeffizienten von B als in denen von A. Daher ergibt sich nach der Dekompression ein "Glättungs"-Effekt in den wiederhergestellten C2-, C3-Ebenen, wodurch das Farb-Aliasing verringert wird. Jedoch ist die "Glättung" nicht das gleiche wie ein einfaches lineares versatzinvariantes Filtern. Statt dessen ähnelt diese der Schrumpfung von Wellen-Koeffizienten, die dazu neigt, das Bild in gleichförmigen Bereichen zu glätten, während die Kanten zwischen den Bereichen unberührt bleiben.

[0051] Die [Fig. 5](#) zeigt eine beispielhafte wellenformbasierte Bildkompressions-Einrichtung **50**. Die korrelierten Farbebenen (R', B' und G') **45** werden zunächst von einer Farbraum-Transformationseinrichtung **65** in verschiedene Farbräume (C1, C2 und C3) **45a** transformiert. Es ist ersichtlich, daß die C1-, C2-, C3-Farbräume dem YCrCb-Farbraum ähneln, obwohl sie zu diesem nicht äquivalent sind. Es ist ferner ersichtlich, daß andere Farbraumtransformationen anwendbar sind, abhängig von dem einzelnen Typ der verwendeten wellenformbasierten Bildkompression. Ferner kann die Transformation vom RGB-Farbraum in den C1-, C2-, C3-Farbraum entweder umkehrbar oder nicht umkehrbar sein, abhängig von der verwendeten Wellenform (wavelet). Es existieren zwei Wellenformen: die "5-3" (oder geradzahlige Wellenform) oder die "9-7" (oder Daubechies-Wellenform). Wenn die 5-3-Wellendarstellung verwendet wird, muß eine umkehrbare Farbtransformation verwendet werden, wohingegen eine nicht umkehrbare Farbtransformation verwendet werden muß, wenn die 9-7-Wellendarstellung verwendet wird.

[0052] Für das Komprimieren jeder einzelnen Farbebene (C1, C2 und C3) **45a** wird jeweils ein getrennter JPEG-2000-Codierer verwendet. Jeder JPEG-2000-Codierer **50** umfaßt eine Wellentransformations-Einrichtung **52**, einen Quantisierer **54** und einen Entropie-Codierer **56**. Die Wellentransformations-Einrichtung **52** berechnet für die Farbebenen C1, C2 und C3 **45a** die L-gradige Wellentransformation (wie oben beschrieben), entweder umkehrbar oder nicht umkehrbar. Die Transformations-Koeffizienten werden von der Quantisierungslogik **54** quantisiert und von dem Entropie-Codierer **56** entropiecodiert. Der Quantisierer **54** verringert die Präzision der Koeffizienten, während der Entropie-Codierer **56** die Koeffizienten in Codeblöcke unterteilt, die mittels arithmetischen Codierens unabhängig codiert werden.

[0053] Die [Fig. 6](#) zeigt beispielhafte Schritte zum Komprimieren von codierten Farbebenen. Wenn die korrelierten Farbebenen (R', B' und G') von dem CAAR-Algorithmus erzeugt sind (Schritt **600**), können diese korrelierten Farbebenen durch ein wellenformbasiertes Bildkompressionsverfahren, beispielsweise JPEG-2000, komprimiert werden, um das komprimierte Bild in dem Speicher von [Fig. 1](#) zu speichern. Vor dem Komprimieren jeder korrelierten Farbebene werden die korrelierten Farbebenen (R', B' und G') in verschiedene Farbräume (C1, C2 und C3), transformiert (Schritt **610**), wie oben beschrieben ist.

[0054] Um die C1-, C2- und C3-Farbgebenden zu komprimieren, wird die L-gradige Wellentransformierte, entweder umkehrbar oder nicht umkehrbar, für jede Farbebene C1, C2 und C3 berechnet (Schritt **620**). Danach werden die Transformations-Koeffizienten quantisiert (Schritt **630**), um die Koeffizienten in ihrer Präzision zu reduzieren, sowie entropiecodiert (Schritt **640**), wodurch die Koeffizienten in Codeblöcke unterteilt werden, die mittels arithmetischen Codierens unabhängig codiert werden.

[0055] Für den Fachmann ist ersichtlich, daß die in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen erfinderischen Konzepte über eine breite Spanne von Anwendungen modifiziert oder verändert werden können. Dem entsprechend soll der Umfang des beanspruchten Gegenstands auf keine der hier betrachteten spezifischen beispielhaften Lehren beschränkt sein, sondern ist durch die folgenden Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Digitales Bildsystem (**10**) zum Verarbeiten eines (demosaiced) digitalen Bildes mit aufgelöster Mosaikstruktur, um durch Farb-Aliasing hervorgerufene Artefakte zu verringern, wobei das digitale Bild Farbebenen (**35**) mit aufgelöster Mosaikstruktur aufweist, und das System (**10**) umfaßt:
eine Wellentransformations-Einrichtung (**42**), um eine entsprechende Wellentransformierte jeder Farbebene (**35**) des digitalen Bildes mit aufgelöster Mosaikstruktur zu berechnen, wobei jede Wellentransformierte ein Näherungssignal und Detailsignale umfaßt;
eine Gruppe inverser Wellentransformations-Einrichtungen (**44**) für jede Farbebene (**35**), um erste inverse Detail-Wellentransformierte zu berechnen, indem das Näherungssignal einer zugeordneten Farbebene (**35**) der entsprechenden Gruppe inverser Wellentransformations-Einrichtungen und Detailsignale einer ersten anderen Farbebene (**35**) verwendet werden; um zweite inverse Detail-Wellentransformierte zu berechnen, indem das Näherungssignal der zugehörigen Farbebene (**35**) und die Detailsignale einer zweiten anderen Farbebene verwendet werden; und um inverse Näherungs-Wellentransformierte zu berechnen, indem das Näherungssignal und die Detailsignale der zugeordneten Farbebene (**35**) verwendet werden; und
einen Kombinerer (**46**) für jede Farbebene (**35**), der mit der entsprechenden Gruppe inverser Wellentransformations-Einrichtungen (**44**) verbunden ist, um jede inverse Näherungs-Wellentransformation mit den entsprechenden ersten und zweiten inversen Detail-Wellentransformationen zu kombinieren, um korrelierte Farbebenen (**45**) der Farbebenen (**35**) zu erzeugen.
2. System nach Anspruch 1, wobei jede inverse Näherungs-Wellentransformierte und jede erste und zweite inverse Detail-Wellentransformierte als Eingangsmatrizen dargestellt sind, wobei jeder Kombinerer (**46**) Werte aus den entsprechenden Matrizen auswählt, um eine Ausgangsmatrix zu erzeugen, die der zugeordneten korrelierten Farbebene (**45**) entspricht, wobei die Ausgangsmatrix Originalwerte der zugehörigen Farbebene (**35**) beibehält und modifizierte interpolierte Werte der zugeordneten Farbebene (**35**) umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das ferner umfaßt:
ein wellenformbasierter Bildkomprimierer (**50**), um die korrelierten Farbebenen (**45**) von dem Kombinerer (**46**) zu empfangen und die korrelierten Farbebenen (**45**) mittels eines wellenformbasierten Bildkompressionsverfahrens zu komprimieren, um ein komprimiertes Bild (**55**) zu erzeugen.
4. System nach Anspruch 3, wobei der wellenformbasierte Bildkomprimierer (**50**) ein JPEG-2000-Bildkomprimierer ist.
5. System nach Anspruch 3 oder 4, das ferner umfaßt:
ein wellenformbasierter Bilddekomprimierer (**70**), um das komprimierte Bild (**55**) zu empfangen und verlustbehaftete korrelierte Farbebenen (**45**) durch Dekomprimieren der komprimierten Bilder (**55**) zu erzeugen.
6. System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Wellentransformations-Einrichtung (**42**) einen Transformierer für rote Wellen zum Erzeugen eines roten Näherungssignals und roter Detailsignale, einen Transformierer für grüne Wellen zum Erzeugen eines grünen Näherungssignals und grüner Detailsignale, und einen Transformierer für blaue Wellen zum Erzeugen eines blauen Näherungssignals und blauer Detailsignale umfaßt.
7. System nach Anspruch 6, wobei eine erste Untergruppe der Gruppe inverser Wellentransformations-Einrichtungen (**44**) einen inversen Rot/Blau-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Rot-Wellentransformierer das rote Näherungssignal und die blauen Detailsignale von dem Blau-Wellentransformierer empfängt, und eine Rot/Blau-Farbebene erzeugt; einen inversen Grün/Blau-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Grün-Wellentransformierer das grüne Näherungssignal und von dem Blau-Wellentransformierer die blau-

en Detailsignale empfängt und eine Grün/Blau-Farbebene erzeugt; und einen inversen Blau/Rot-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Blau-Wellentransformierer die blauen Näherungssignale und von dem Rot-Wellentransformierer die roten Detailsignale empfängt und eine Blau/Rot-Farbebene erzeugt.

8. System nach Anspruch 7, wobei eine zweite Untergruppe der Gruppe von inversen Wellentransformations-Einrichtungen (**44**) einen inversen Rot/Grün-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Rot-Wellentransformierer das rote Näherungssignal und von dem Grün-Wellentransformierer die grünen Detailsignale empfängt und eine Rot/Grün-Farbebene erzeugt; einen inversen Rot/Grün-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Grün-Wellentransformierer das grüne Näherungssignal und von dem Rot-Wellentransformierer die roten Detailsignale empfängt und eine Grün/Rot-Farbebene erzeugt; und einen inversen Blau/Grün-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Blau-Wellentransformierer das blaue Näherungssignal und von dem Grün-Wellentransformierer die grünen Detailsignale empfängt und eine Blau/Grün-Farbebene erzeugt.

9. System nach Anspruch 8, wobei eine dritte Untergruppe der Gruppe inverser Wellentransformations-Einrichtungen (**44**) einen inversen Rot-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Rot-Wellentransformierer das rote Näherungssignal und die roten Detailsignale empfängt, und die rote Farbebene wiedergibt; einen inversen Grün-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Grün-Wellentransformierer das grüne Näherungssignal und die grünen Detailsignale empfängt und die grüne Farbebene wiedergibt; und einen inversen Blau-Wellentransformierer umfaßt, der von dem Blau-Wellentransformierer das blaue Näherungssignal und die blauen Detailsignale empfängt und die blaue Farbebene wiedergibt.

10. System nach Anspruch 9, wobei der Kombiniierer (**46**) einen Rot-Kombiniierer umfaßt, der die Rot/Blau-Farbebene, die Rot/Grün-Farbebene und die Rot-Farbebene kombiniert, um die rote korrelierte Farbebene zu erzeugen; einen Grün-Kombiniierer umfaßt, der die Grün/Rot-Farbebene, die Grün/Blau-Farbebene und die Grün-Farbebene kombiniert, um die grüne korrelierte Farbebene zu erzeugen; und einen Blau-Kombiniierer umfaßt, der die Blau/Rot-Farbebene, die Blau/Grün-Farbebene und die Blau-Farbebene kombiniert, um die blaue korrelierte Farbebene zu erzeugen.

11. Verfahren zum Verarbeiten eines (demosaiced) digitalen Bildes mit aufgelöster Mosaikstruktur, um durch Farb-Aliasing hervorgerufene Artefakte zu verringern, wobei das digitale Bild Farbebenen mit aufgelöster Mosaikstruktur aufweist und das Verfahren umfaßt:

Berechnen einer Wellentransformierten für jede Farbebene des digitalen Bildes mit aufgelöster Mosaikstruktur, wobei jede Wellentransformierte ein Näherungssignal und Detailsignale umfaßt (Schritt **310**);

Berechnen von ersten inversen Detail-Wellentransformierten für jede Farbebene mittels des Näherungssignals einer zugehörigen Farbebene der Farbebenen und mittels der Detailsignale von einer ersten anderen Farbebene (Schritt **320**);

Berechnen von zweiten inversen Detail-Wellentransformierten für jede Farbebene mittels des Näherungssignals der zugehörigen Farbebene und mittels der Detailsignale einer dritten anderen Farbebene (Schritt **320**);

Berechnen von inversen Näherungs-Wellentransformierten für jede Farbebene mittels des Näherungssignals und der Detailsignale der zugehörigen Farbebene (Schritt **320**); und

Kombinieren jeder inversen Näherungs-Wellentransformierten mit den jeweiligen ersten und zweiten inversen Detail-Wellentransformierten für jede Farbebene, um aus den Farbebenen korrelierte Farbebenen zu erzeugen (Schritt **330**).

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei jede inverse Näherungs-Wellentransformierte und jede erste und zweite inverse Detail-Wellentransformierte als Eingangsmatrix dargestellt werden, wobei das Kombinieren (Schritt **330**) ferner umfaßt:

Auswählen von Werten aus den jeweiligen Eingangsmatrizen für jede Farbebene, um eine Ausgangsmatrix zu erzeugen, die der zugehörigen korrelierten Farbebene entspricht, wobei die Ausgangsmatrix Originalwerte der zugehörigen Farbebene beibehält und modifizierte interpolierte Werte der zugehörigen Farbebene umfaßt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, das ferner umfaßt:

Komprimieren der korrelierten Farbebenen mittels eines wellenformbasierten Bildkompressionsverfahrens (Schritt **230**).

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Komprimieren (Schritt **230**) ferner umfaßt:

Komprimieren der korrelierten Farbebenen mittels eines JPEG-2000-Bildkomprimierers.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Komprimieren (Schritt **230**) ferner umfaßt:

Transformieren der korrelierten Farbebenen in verschiedene Farbraum-Farbebenen (Schritt **610**);

Berechnen einer Wellentransformierten für jede der verschiedenen Farbraum-Farbebenen (Schritt **620**);
Quantisieren der Koeffizienten der Wellentransformierten für jede der verschiedenen Farbraum-Farbebenen (Schritt **630**); und
Entropiecodieren der Koeffizienten der Wellentransformierten für jede der verschiedenen Farbraum-Farbebenen (Schritt **640**).

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei das Berechnen der Wellentransformierten (Schritt **620**) ferner umfaßt:

Erzeugen eines Rot-Näherungssignals und von Rot-Detailsignalen;
Erzeugen eines Grün-Näherungssignals und von Grün-Detailsignalen; und
Erzeugen eines Blau-Näherungssignals und von Blau-Detailsignalen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Berechnen der ersten inversen Detail-Wellentransformierten (Schritt **320**) ferner umfaßt:

Erzeugen einer Rot/Blau-Farbebene mittels des Rot-Näherungssignals und der Blau-Detailsignale;
Erzeugen einer Grün/Blau-Farbebene mittels des Grün-Näherungssignals und der Blau-Detailsignale;
Erzeugen einer Blau/Rot-Farbebene mittels des Blau-Näherungssignals und der Rot-Detailsignale.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, wobei das Berechnen der zweiten inversen Detail-Wellentransformierten (Schritt **320**) ferner umfaßt:

Erzeugen einer Rot/Grün-Farbebene mittels des Rot-Näherungssignals und der Grün-Detailsignale;
Erzeugen einer Grün/Rot-Farbebene mittels des Grün-Näherungssignals und der Rot-Detailsignale; und
Erzeugen einer Blau/Grün-Farbebene mittels des Blau-Näherungssignals und der Grün-Detailsignale.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16, 17 oder 18, wobei das Berechnen der inversen Näherungs-Wellentransformierten (Schritt **320**) ferner umfaßt:

Wiedergeben der Rot-Farbebene mittels des Rot-Näherungssignals und der Rot-Detailsignale;
Wiedergeben der Grün-Farbebene mittels des Grün-Näherungssignals und der Grün-Detailsignale; und
Wiedergeben der Blau-Farbebene mittels des Blau-Näherungssignals und der Blau-Detailsignale.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16, 17, 18 oder 19, wobei das Kombinieren (Schritt **330**) ferner umfaßt:

Kombinieren der Rot/Blau-Farbebene, der Rot/Grün-Farbebene und der Rot-Farbebene, um die korrelierte Rot-Farbebene zu erzeugen;
Kombinieren der Grün/Rot-Farbebene, der Grün/Blau-Farbebene und der Grün-Farbebene, um die korrelierte Grün-Farbebene zu erzeugen; und
Kombinieren der Blau/Rot-Farbebene, der Blau/Grün-Farbebene und der Blau-Farbebene, um die korrelierte Blau-Farbebene zu erzeugen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

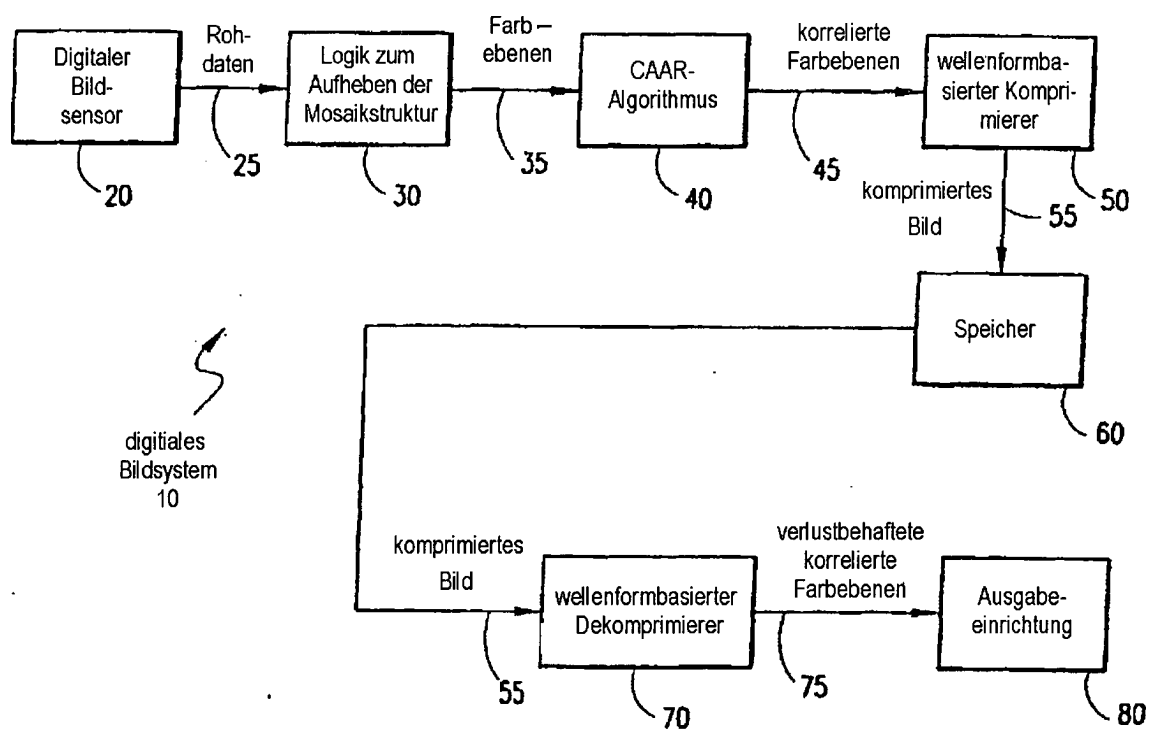


FIG. 1

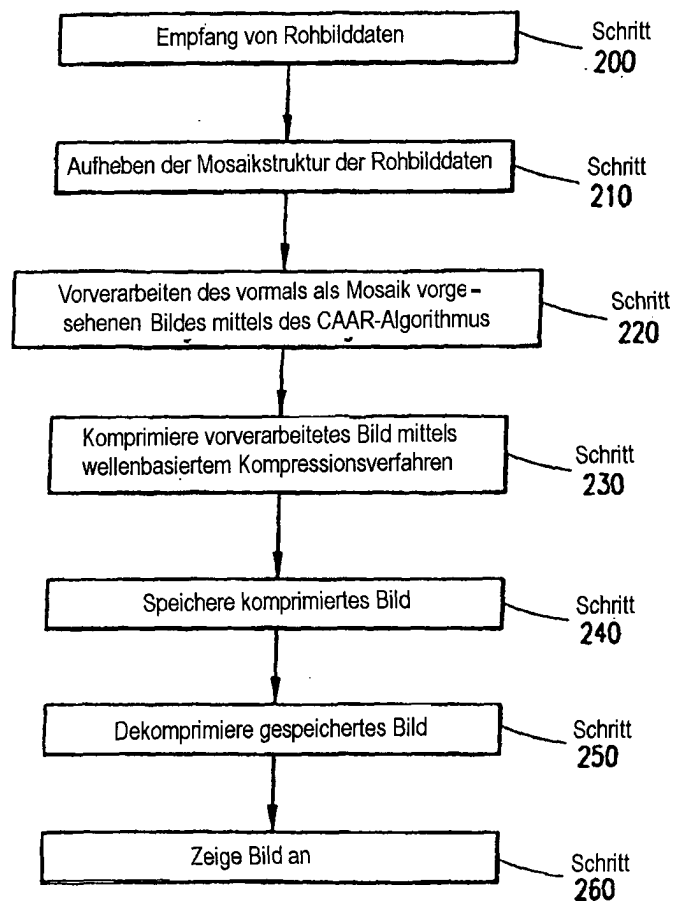


FIG. 2

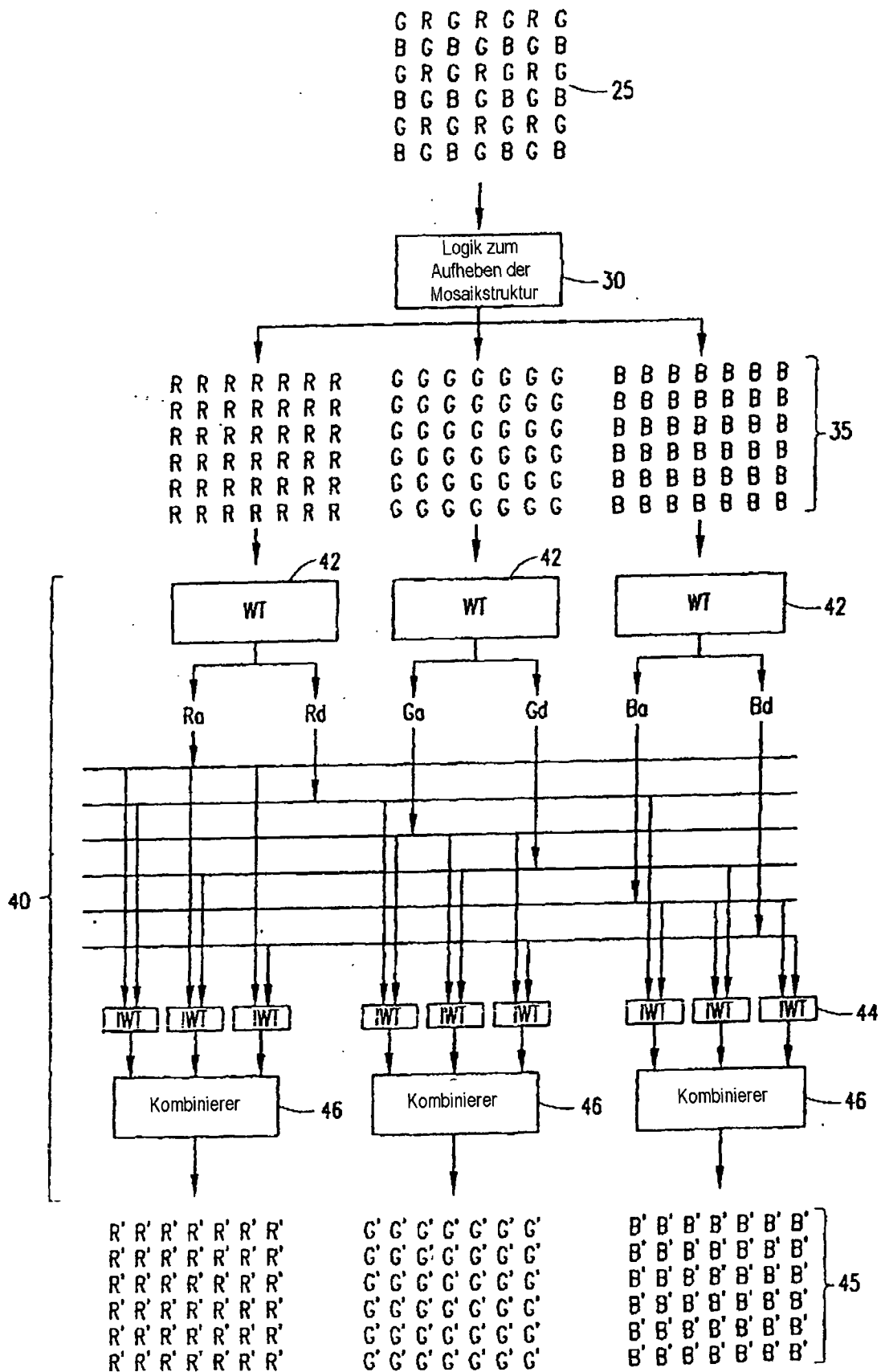


FIG. 3A

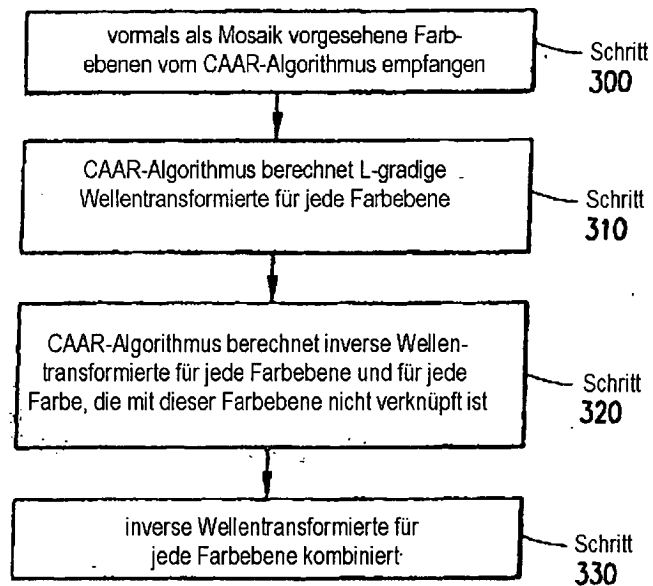


FIG. 3B

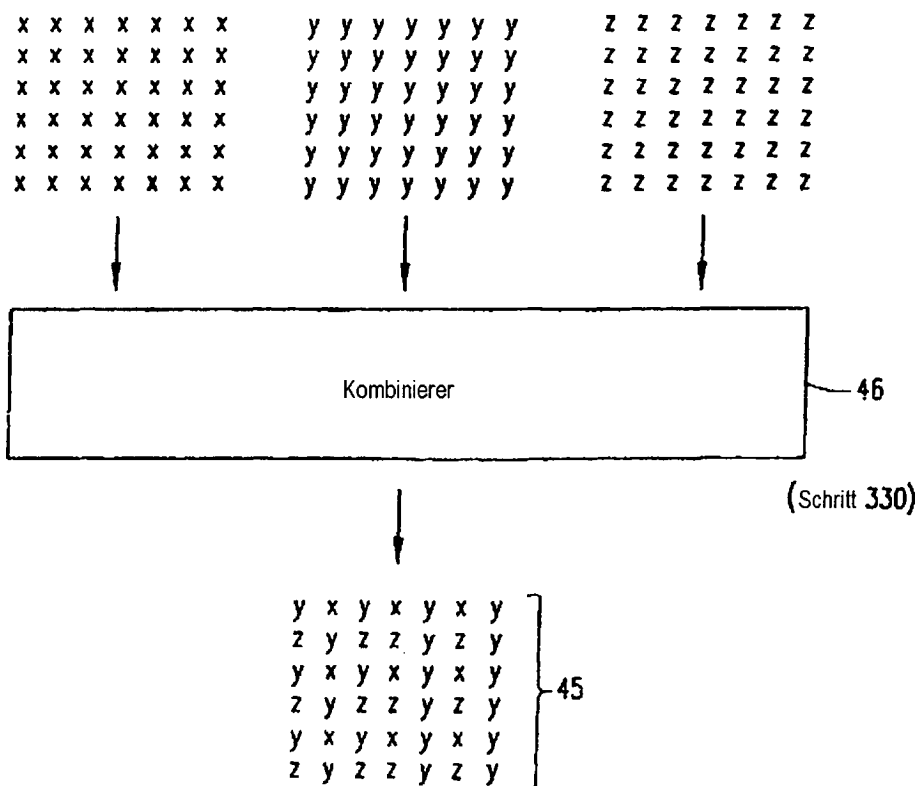


FIG. 4

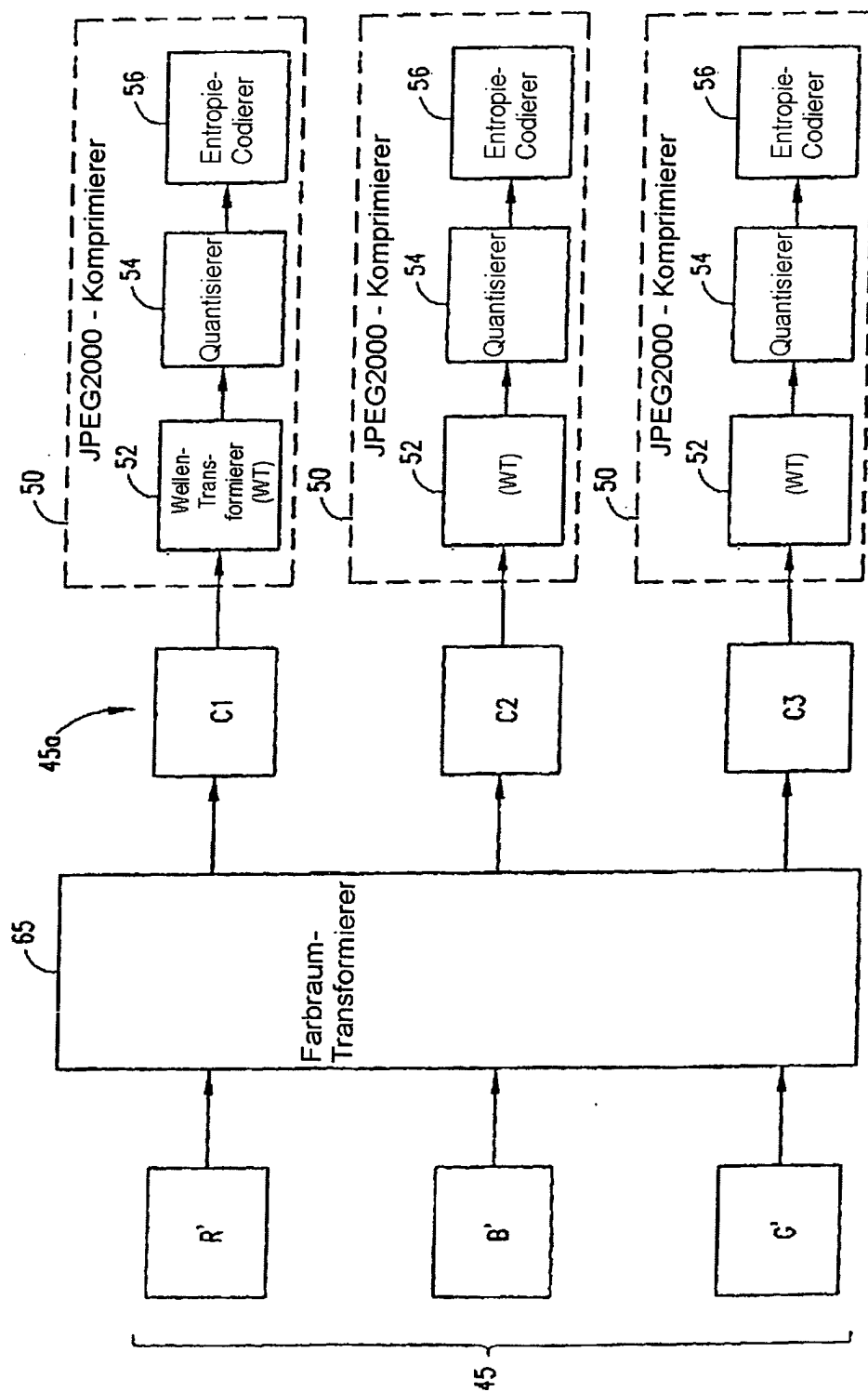


FIG. 5

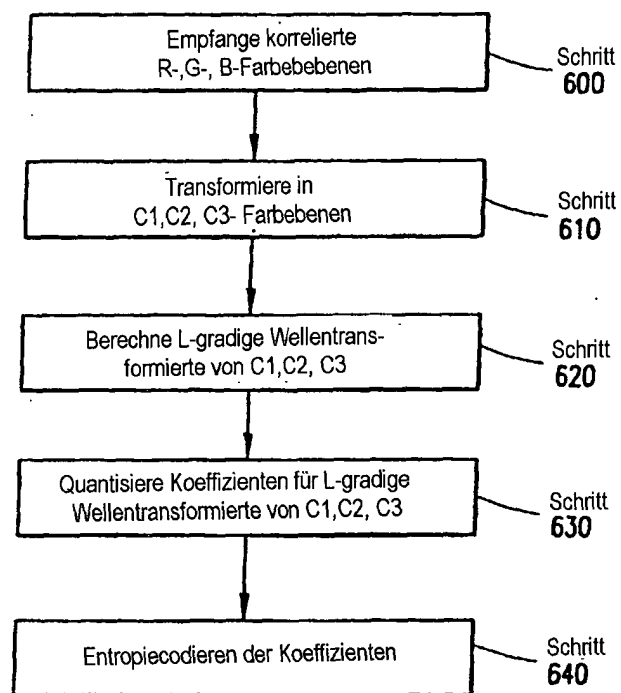


FIG. 6

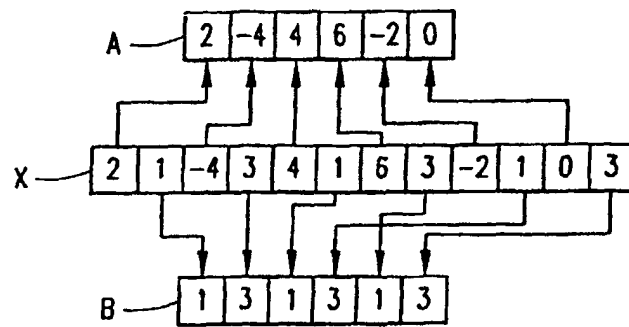


FIG. 7A

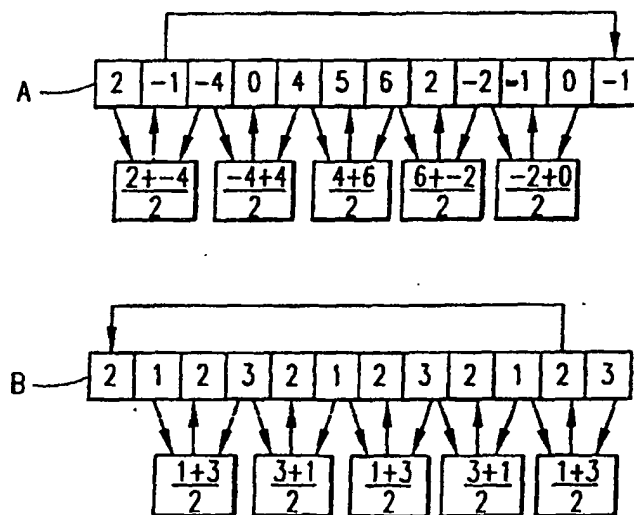


FIG. 7B