(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 029 128 A1** 2009.04.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 029 128.5**
(22) Anmeldetag: **19.06.2008**
(43) Offenlegungstag: **30.04.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***G06T 3/40*** (2006.01)
H04N 1/60 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/781,766 23.07.2007 US

(71) Anmelder:
Nividia Corp., Santa Clara, Calif., US

(74) Vertreter:
Dilg Haeusler Schindelmann Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80636 München

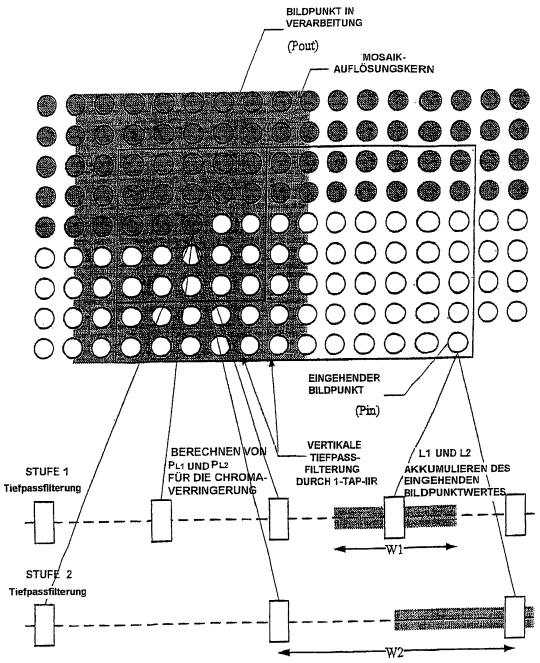
(72) Erfinder:
Lin, Shang-Hung, San Jose, Calif., US;
Tjandrasuwita, Ignatius, Atherton, Calif., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Techniken zur Verringerung von Farbartefakten in Digitalbildern**

(57) Zusammenfassung: Eine Technik zur Verringerung von Artefakten in einem Digitalbild weist gemäß einer Ausführungsform das Empfangen eines Streams von Rohfilter-Bildpunktdaten auf, welche das Bild darstellen. Die Rohfilter-Bildpunktdaten werden interpoliert, um für jeden Bildpunkt rote, Grün-auf-Rot-Zeilen-, Grün-auf-Blau-Zeilen- und blaue Bildpunktdaten zu erzeugen. Ein Artefakt in einem oder mehreren gegebenen Bildpunkten wird als Funktion einer Differenz zwischen den Grün-auf-Rot-Zeilen- und den Grün-auf-Blau-Zeilen-Bildpunktdaten jedes der gegebenen Bildpunkte verringert, um angepasste interpolierte Bildpunktdaten zu erzeugen.



Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0001] Computervorrichtungen haben bedeutende Beiträge zum Fortschritt der modernen Gesellschaft geleistet und werden in einer Anzahl von Anwendungen genutzt, um vorteilhafte Ergebnisse zu erreichen. Zahlreiche Vorrichtungen, z. B. Digitalkameras, Computer, Spielkonsolen, Videogeräte, Handcomputervorrichtungen, Audiovorrichtungen und Telefone, haben eine erhöhte Produktivität und verringerte Kosten der Kommunikation und des Analysierens von Daten auf den meisten Gebieten der Unterhaltung, der Bildung, des Geschäftslebens und der Wissenschaft erleichtert. Die Digitalkamera ist zum Beispiel für den persönlichen Gebrauch und für den Gebrauch im Geschäftsleben populär geworden.

[0002] Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Digitalkamera. Die Digitalkamera **100** weist typischerweise eine oder mehrere Linsen **110**, einen oder mehrere Filter **120**, eine oder mehrere Bildsensorarrays **130**, einen Analog/Digital-Wandler (ADC) **140**, einen digitalen Signalprozessor (DSP) **150** und ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien **160** auf. Der Bildsensor **130** weist ein zweidimensionales Array aus Hunderten, Tausenden, Millionen oder mehr Abbildungs-Bildpunkten auf, welche jeweils Licht (z. B. Photonen) in Elektronen umwandeln. Bei dem Bildsensor **130** kann es sich um eine ladungsgekoppelte Vorrichtung (Charge Coupled Device, CCD), eine Komplementär-Metalloxid-Halbleiter(CMOS)-Vorrichtung oder Ähnliches handeln. Bei dem Filter **120** kann es sich um einen Bayer-Filter handeln, welcher ein Mosaik von monochromen Bildpunkten erzeugt. Das Mosaik aus monochromen Bildpunkten ist typischerweise in einem Muster aus roten, grünen und blauen Bildpunkten angeordnet.

[0003] In einer beispielhaften Ausführung mag die Kamera **100** eine Linse **110** aufweisen, um Licht zu fokussieren, damit es durch den Bayer-Filter **120** und auf den Bildsensor **130** gelangt. Die Photonen, welche jeweils durch einen monochromen Bildpunkt des Bayer-Filters **120** gelangen, werden von einem entsprechenden Bildpunktsensor in dem Bildsensor **130** erfasst. Der Analog/Digital-Wandler (ADC) **140** wandelt die Intensität der von der Bildpunkt-Sensormatrix erfassten Photonen in entsprechende digitale Bildpunktdaten um. Die Roh-Bildpunktdaten werden von dem DSP **150** unter Anwendung eines Mosaikauflösungsalgorithmus verarbeitet, um endgültige interpolierte Bildpunktdaten (final interpolated pixel data) zu erzeugen. Die endgültigen interpolierten Bildpunktdaten werden typischerweise auf einem oder mehreren der für eine Computervorrichtung lesbaren Medien **160** gespeichert. Auf einem oder mehreren der für eine Computervorrichtung lesbaren Medien **160** mögen auch die Roh-Bildpunktdaten gespeichert werden.

[0004] Im Folgenden wird auf Fig. 2 Bezug genommen, wo ein Bayer-Filter dargestellt ist. In dem Muster des Bayer-Filters wechseln sich Reihen aus roten und grünen Filtern **210**, **220** mit Reihen aus blauen und grünen Filtern **230**, **240** ab. Der Bayer-Filter verschachtelt die roten, grünen und blauen Farbfilter derart, dass (1) jeder Bildpunkt nur eine Farbe erfasst und (2) es in jeder 2×2-Bildpunktgruppe der Erfassungsebene immer zwei Bildpunkte, die grüne Informationen erfassen, einen Bildpunkt für Rot und einen für Blau gibt. Ein Mosaikauflösungsalgorithmus (demosaic algorithm) interpoliert die anderen beiden Farbkomponenten für jeden Bildpunkt aus den umgebenden Roh-Bildpunktdaten. Wenn zum Beispiel ein gegebener Bildpunkt ein rotes Signal erzeugt, interpoliert der Mosaikauflösungsalgorithmus ein grünes und ein blaues Farbsignal aus den umgebenden Roh-Bildpunktdaten.

[0005] Der Bayer-Filter/Bildsensor ist anfällig für Farbartefakte. Ein Farbartefakt entsteht, wenn eine Szene ein Hochfrequenzmuster enthält, welches jenseits der Nyquist-Abtastrate der Bayer-Matrix liegt. Dementsprechend besteht weiter ein Bedarf für bessere Bildverarbeitungstechniken zur Verringerung von Farbartefakten.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0006] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind auf Techniken zur Verringerung von Artefakten in Digitalbildern gerichtet. In einer Ausführungsform weist ein Verfahren zur Mosaikauflösung (demosaicing) bei digitalen Bilddaten das Empfangen von Roh-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild auf. Die Roh-Bildpunktdaten werden unter Anwendung einer ersten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten einer ersten Stufe zu ermitteln. Die Roh-Bildpunktdaten werden außerdem unter Anwendung einer zweiten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten einer zweiten Stufe zu ermitteln. Die Gegenwart oder Abwesenheit eines Artefaktes in jedem Bildpunkt wird aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe ermittelt. Wenn bei einem gegebenen Bildpunkt kein Artefakt vorliegt, sind die angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt die gleichen wie die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe für den gegebenen Bildpunkt. Wenn ermittelt wird, dass bei dem gegebenen Bildpunkt ein Artefakt vorliegt, sind die angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt die gleichen wie eine Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für den gegebenen Bildpunkt. Die angepassten interpolierten Bildpunktdaten für das Bild mögen

dann ausgegeben und/oder im Speicher gespeichert werden.

[0007] In einer anderen Ausführungsform weist ein Verfahren das Empfangen eines Datenstroms von Bayer-Filter-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild auf. Es werden für jeden Bildpunkt horizontale Tiefpass-Filterwerte einer ersten Stufe und einer zweiten Stufe ermittelt, wobei eine erste bzw. zweite Kernelgröße angewendet werden. Es werden auch für jeden Bildpunkt vertikale Tiefpass-Filterwerte einer ersten Stufe und einer zweiten Stufe ermittelt, wobei die erste bzw. zweite Kernelgröße angewendet werden. Aus den horizontalen und vertikalen Tiefpass-Filterwerten der ersten Stufe werden für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der ersten Stufe ermittelt. In gleicher Weise werden aus den horizontalen und vertikalen Tiefpass-Filterwerten der zweiten Stufe für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der zweiten Stufe ermittelt. Der Farbraum der interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe wird konvertiert, um für jede Stufe die Chroms- und Luma-Komponenten zu trennen. Die Chroms-Komponente der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe wird als Funktion der Differenz zwischen der Chroms-Komponente der Grün-auf-Rot-Zeile und der Grün-auf-Blau-Zeile der Bildpunktdaten jedes der gegebenen Bildpunkte verringert, um angepasste interpolierte Bildpunktdaten zu erzeugen.

[0008] In noch einer anderen Ausführungsform weist das Verfahren das Empfangen von Bayer-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild auf. Die Bayer-Bildpunktdaten werden unter Anwendung einer ersten Kernelgröße tiefpassgefiltert, um interpolierte Bildpunktdaten einer ersten Stufe zu ermitteln. Die Bayer-Bildpunktdaten werden außerdem unter Anwendung einer zweiten Kernelgröße tiefpassgefiltert, um interpolierte Bildpunktdaten einer zweiten Stufe zu ermitteln. Die angepassten interpolierten Daten für einen gegebenen Bildpunkt sind die gleichen wie die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe für den gegebenen Bildpunkt, wenn eine Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe unter einer spezifizierten Schwelle liegt. Die angepassten interpolierten Daten für den gegebenen Bildpunkt sind die gleichen wie eine Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für den gegebenen Bildpunkt, wenn die Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt und eine Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt. Das Verfahren mag ferner das Erzeugen weiterer Stufen von Chroms-Komponenten durch Tiefpassfiltern der Bayer-Bildpunktdaten aufweisen, wobei zunehmend größere Kernelgrößen angewendet werden, bis die Differenz zwischen Chroms-Komponenten einer nächsten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt. In solch einem Fall mögen die angepassten interpolierten Bildpunktdaten Mischwerten aus den interpolierten Bildpunktdaten für die Stufe, bei welcher die Differenz zwischen Chroms-Komponenten unter der spezifizierten Schwelle liegt, und einer oder mehreren vorigen Stufen gleichgesetzt werden.

KURZE BECHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden in den Figuren der begleitenden Zeichnungen beispielhaft und nicht beschränkend dargestellt, in welchen sich gleiche Bezugsziffern auf ähnliche Elemente beziehen und in welchen:

[0010] Fig. 1 ein Blockdiagramm einer beispielhaften Digitalkamera zeigt;

[0011] Fig. 2 ein Blockdiagramm eines beispielhaften Bayer-Filters zeigt;

[0012] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Mosaikauflösung digitaler Bilddaten gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0013] Fig. 4 und Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Mosaikauflösung digitaler Bilddaten gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0014] Fig. 6 ein Blockdiagramm der Verarbeitung eines beispielhaften Arrays von Bildpunkten gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0015] Fig. 7 und Fig. 8 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Mosaikauflösung digitaler Bilddaten gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0016] Es wird nun detailliert auf die Ausführungsformen der Erfindung Bezug genommen, für welche Beispiele in den begleitenden Zeichnungen dargestellt sind. Obwohl die Erfindung in Verbindung mit diesen Ausführungsformen beschrieben werden wird, wird verstanden werden, dass diese nicht dazu gedacht sind, die Erfindung auf diese Ausführungsformen zu beschränken. Im Gegenteil soll die Erfindung Alternativen, Modifikationen und Äquivalente abdecken, welche vom Umfang der Erfindung umfasst sein mögen, wie er durch die angefügten Patentansprüche definiert ist. Ferner sind in der folgenden detaillieren Beschreibung der vorliegenden Erfindung zahlreiche spezielle Einzelheiten ausgeführt, um ein

gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung bereitzustellen. Es versteht sich jedoch, dass die vorliegende Erfindung auch ohne diese speziellen Einzelheiten ausgeführt werden mag. In anderen Fällen sind wohlbekannte Verfahren, Prozesse, Komponenten und Schaltkreise nicht detailliert beschrieben worden, um die Aspekte der vorliegenden Erfindung nicht unnötig zu verschleiern.

[0017] Bezug nehmend nun auf Fig. 3 wird ein Verfahren zur Mosaikauflösung bei digitalen Bilddaten gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das Verfahren beginnt bei **310** mit dem Empfang von Roh-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild. Die Roh-Bildpunktdaten mögen rote, grüne und blaue Bildpunktdaten aufweisen, welche als ein Stream empfangen werden, wonach die folgende Verarbeitung im Wesentlichen durchgeführt wird, wenn die Bildpunkte empfangen werden. Bei **320** werden die empfangenen Bildpunktdaten unter Anwendung einer ersten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der ersten Stufe P_{L1} zu ermitteln. Die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe P_{L1} beinhalten einen roten Farbwert (R), einen Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), einen Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und einen blauen Farbwert (B). Bei **330** werden die empfangenen Bildpunktdaten auch unter Anwendung einer zweiten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der zweiten Stufe P_{L2} zu ermitteln. Die interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe beinhalten einen roten Farbwert (R), einen Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), einen Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und einen blauen Farbwert (B). Die Kernelgröße der zweiten Stufe ist größer als die Kernelgröße der ersten Stufe. Die Tiefpassfilterung bei der ersten und zweiten Stufe mg durchgeführt werden, indem die Bildpunktdaten in der horizontalen Richtung gemittelt werden und die Bildpunktdaten in der vertikalen Richtung rekursiv gefiltert werden.

[0018] Bei **340** wird für jeden Bildpunkt ermittelt, ob ein Artefakt vorliegt. Ein Artefakt mag basierend auf der absoluten Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe P_{L1} detektiert werden. Wenn sich in einem lokalen Bereich das Gr-Signal wesentlich von der Gb-Signalstärke unterscheidet, ist es wahrscheinlich, dass die Szenenfrequenz jenseits der Nyquist-Abtastrate von Blau und Rot hegt. Deswegen wird ein Farbartefakt detektiert, wenn sich die Gr-Signalstärke wesentlich von der Gb-Signalstärke unterscheidet.

[0019] Bei **350** werden, wenn kein Farbartefakt detektiert wird, die angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe gleichgesetzt. Insbesondere wird die Chroms-Komponente der interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt die Chroms-Komponente der ersten Stufe sein. Bei **360** werden, wenn ein Farbartefakt detektiert wird, die angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt einer Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für den gegebenen Bildpunkt gleichgesetzt. Insbesondere werden die Chroms-Komponente der interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt erzeugt, indem die Chroma-Komponente der ersten Stufe und die Chroms-Komponente der zweiten Stufe gemischt werden. Das Mischverhältnis zwischen den Chroms-Komponenten der ersten und zweiten Stufe mag auf der Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen basieren. Die angepassten interpolieren Bildpunktdaten mögen gemäß einer oder mehreren anderen Digitalbild-Verarbeitungstechniken weiter verarbeitet werden, oder es mag sich bei ihnen um die finalen interpolierten Bildpunktdaten handeln. Bei **370** wird der angepasste interpoliere Bildpunkt auf einem für eine Computervorrichtung lesbaren Medium gespeichert.

[0020] Unter Bezugnahme nun auf Fig. 4 und Fig. 5 wird ein Verfahren zur Mosaikauflösung bei digitalen Bilddaten gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das Verfahren zur Mosaikauflösung bei digitalen Bilddaten wird ferner unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben, in welcher die Verarbeitung eines beispielhaften Arrays von Bildpunkten veranschaulicht wird. Das Verfahren beginnt bei **410** mit dem Empfang eines Streams von Bayer-Filter-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild. Bei **415** wird für jeden Bildpunkt ein horizontaler Tiefpassfilterwert einer ersten und zweiten Stufe ermittelt, wobei eine erste Kernelgröße (W1) bzw. eine zweite Kernelgröße (W2) angewendet werden. Wenn die Breite des eingehenden Bildes W beträgt, beträgt die Anzahl der Elemente in dem Tiefpassfilter der ersten Stufe W/W1, und die Anzahl der Elemente in dem Tiefpassfilter der zweiten Stufe beträgt W/W2. Die Kernelgröße W2 der zweiten Stufe ist größer als die Kernelgröße W1 der ersten Stufe. In einer Ausführung mögen W1 und W2 Potenzen von 2 sein. Wenn der eingehende Bildpunkt empfangen wird, mag der Bildpunktwert für die Stufe Eins (L1) bzw. Stufe Zwei (L2) akkumuliert werden, wie in den Gleichungen 1 und 2 veranschaulicht.

$$\text{Akkum}_{L1}+ = \text{Pin} \quad (1)$$

$$\text{Akkum}_{L2}+ = \text{Pin} \quad (2)$$

[0021] Wenn W1 Bildpunkte akkumuliert sind, wird die Summe gemittelt und zur vertikalen Passfilterung an die L1-Zeile gesendet, wie in Gleichung 3 dargestellt. In ähnlicher Weise wird, wenn W2 Bildpunkte akkumuliert sind, die Summe gemittelt und zur Tief-

passfilterung an die L2-Zeile gesendet, wie in Gleichung 4 dargestellt.

Wenn ($Akkum_{L1}$ = voll)
$Akkum_{L1}$/ = W1 (3)

Wenn ($Akkum_{L2}$ = voll)
$Akkum_{L2}$/ = W2 (4)

[0022] Wenn W1 und W2 Potenzen von 2 sind, kann die Mittelung durch Shiften nach rechts realisiert werden.

[0023] Bei **420** wird für jeden Bildpunkt ein vertikaler Tiefpassfilterwert der ersten und zweiten Stufe ermittelt. In einer Ausführung kann die Tiefpassfilterung in vertikaler Richtung durch rekursive Filterung vorgenommen werden, z. B. mit einem One-Tap-Filter mit infiniten Impulsantwortverhalten (1-Tap-IIR-Filter). Wenn die horizontale Mittelung für eine lokale W1- und W2-Bildpunktgruppe durchgeführt ist, wird der Mittelwert auf das entsprechende Element in der L1- und L2-Zeile aktualisiert, wie in den Gleichungen 5 und 6 dargestellt.

$$L1[i]+ = (Akkum_{L1} – L1[1])/K_{L1} \quad (5)$$

$$L2[j]+ = (Akkum_{L2} – L2[j])/K_{L2} \quad (6)$$

[0024] K_{L1} und K_{L2} stehen in den Gleichungen 5 und 6 für IIR-Filterkoeffizienten. Wenn K_{L1} und K_{L2} Potenzen von 2 sind, kann die Division durch Shiften nach rechts realisiert werden.

[0025] Bei **425** werden für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe erzeugt. Die tiefpassgefilterten Bildpunktwerte der ersten und zweiten Stufe (P_{L1}, P_{L2}) der Mosaikauflösungsausgabe Pout mögen durch lineare Interpolation erzeugt werden. Wenn man zum Beispiel annimmt, dass X die horizontale Koordinate von Pout sei und m = Boden (X/W1) und n = Boden (X/W2), dann können P_{L1} und P_{L2} erzeugt werden, wie in den Gleichungen 7 und 8 dargestellt.

$$P_{L1} = f1·L1[m] + (1 – f1)·L1[m + 1] \quad (7)$$

$$P_{L2} = f2·L2[n] + (1 – f2)·L2[n + 1] \quad (8)$$

wobei f1 = 1 – (X – m·W1)/W1 und f2 = 1 – (X – n·W2)/W2 ist.

[0026] Bei **430** wird der Farbraum der interpolierten Bildpunktdaten umgewandelt, um ihn in Luma- und Chroms-Komponenten zu trennen. Das Ziel der Farbartefaktverringerung ist es, die Chroms-Komponenten von Pout durch P_{L1} oder P_{L2} oder die Kombination von P_{L1} und P_{L2} zu ersetzen. Hierfür wird eine Farbkonvertierung durchgeführt, um die Luma- und Chroma-Komponenten der RGB-Farbe (Pout, P_{L1} und P_{L2}) zu trennen, wie in den Gleichungen 9, 10, 11, 12, 13 und 14 dargestellt.

$$Y = (R + (G·2) + B)/4 \quad (9)$$

$$U = B – Y \quad (10)$$

$$V = R – Y \quad (11)$$

[0027] Die inverse Transformation ist:

$$R = Y + V \quad (12)$$

$$G = Y – (U + V)/2 \quad (13)$$

$$B = Y + U \quad (14)$$

wobei Y die Luma-Komponente und U und V die Chroms-Komponenten sind.

[0028] Bei **435** werden die Farbartefakte basierend darauf verringert, wie groß die Differenz zwischen den Grün-auf-Rot(Gr)- und Grün-auf-Blau-Komponenten ist, wie in den Gleichungen 15, 16, 17 und 18 dargestellt.

$$fL1 = |Pout(Gr) – Pout(Gb)|/2\text{^}p \quad (15)$$

$$fL2 = |PL1(Gr) – PL1(Gb)|/2\text{^}p \quad (16)$$

$$U_{angepasst} = (1 – fL1)·Pout(U) + fL1·((1 – fL2)·PL1(U) + fL2·PL2(U)) \quad (17)$$

$$V_{angepasst} = (1 – fL1)·Pout(V) + fL1·((1 – fL2)·PL1(V) + fL2·PL2(V)) \quad (18)$$

[0029] Wenn Gr- und Gb- groß ist, werden die angepassten U und V nah bei der Mischung aus den L1- und L2-Chroma-Komponenten liegen. Die Mischung wird auch mittels der Differenz Gr – Gb gewichtet. Insbesondere ist dann, wenn die Gr- und Gb-Komponenten bei L1 nah beieinander liegen, der Einfluss von 12 gering. Es können auch einige Steuerungsparameter angewendet werden, um die Gewichtungen der Chroma-Mischung anzupassen, wie in den Gleichungen 19 und 20 dargestellt.

$$f' = f – Coring \quad (19)$$

Wenn f' < 0
f' = 0

$$f'' = f'·Gewichtung \quad (20)$$

fL1 und fL2 können unterschiedliche Sätze von {Coring-, Gewichtungs-}-Parametern aufweisen.

[0030] Bei **440** werden die angepassten interpolierten Bildpunktdaten auf einem oder mehreren für eine Computervorrichtung lesbaren Medien gespeichert.

Die angepassten interpolierten Bildpunktdaten, die auf den für eine Computervorrichtung lesbaren Medien gespeichert sind, mögen ausgegeben werden, um sie einen Benutzer zu präsentieren oder mögen gemäß einer oder mehreren digitalen Bilderzeugungstechniken weiter verarbeitet werden.

[0031] Unter Bezugnahme auf Fig. 7 und Fig. 8 wird ein Verfahren zur Mosaikauflösung bei digitalen Bilddaten gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das Verfahren beginnt bei **710** mit dem Empfang von Bayer-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild. Die Bayer-Bildpunktdaten mögen als Stream von roten, grünen und blauen Bildpunktdaten empfangen werden, wonach die folgende Verarbeitung im Wesentlichen on-fly vorgenommen wird, wenn die Bildpunkte empfangen werden. Bei **720** werden die Bayer-Bildpunktdaten unter Anwendung einer ersten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der ersten Stufe P_{L1} zu ermitteln. Die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe P_{L1} beinhalten ein rotes Farbsignal (R), ein Farbsignal der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), ein Farbsignal der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und ein blaues Farbsignal (B). Bei **730** werden die empfangenen Bildpunktdaten auch unter Anwendung einer zweiten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten der zweiten Stufe P_{L2} zu ermitteln. Die interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe beinhalten ein rotes Farbsignal (R), ein Farbsignal der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), ein Farbsignal der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und ein blaues Farbsignal (B). Die Kernelgröße der zweiten Stufe ist größer als die Kernelgröße der ersten Stufe.

[0032] Bei **740** wird, wenn die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe unter einer spezifizierten Schwelle liegt, die Chroms-Komponente der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt auf die Chroms-Komponente der ersten Stufe eingestellt. Bei **750** wird, wenn die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt und die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der zweiten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt, die Chroma-Komponente der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt erzeugt, indem die Chroms-Komponente der ersten Stufe und die Chroms-Komponente der zweiten Stufe gemischt werden. Das Mischverhältnis zwischen den Chroms-Komponenten der ersten und zweiten Stufe mag auf der Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der ersten Stufe basieren.

[0033] Bei **760** werden, wenn die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe über der spezifizierten Schwelle hegt, die empfangenen Bildpunktdaten unter Anwendung einer dritten Mosaikauflösungs-Kernelgröße tiefpassgefiltert, um für den gegebenen Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten einer dritten Stufe P_{L2} zu erzeugen. Die Kernelgröße der dritten Stufe ist größer als die Kernelgröße der zweiten Stufe. Bei **770** wird, wenn die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der Tiefpassfilterwerten der ersten und zweiten Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt, die Chroms-Komponente der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt erzeugt, indem die Chroms-Komponente der zweiten Stufe und die Chroma-Komponente der dritten Stufe gemischt werden. Das Mischverhältnis zwischen den Chroms-Komponenten der zweiten und dritten Stufe mag auf der Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der zweiten Stufe basieren. In einer anderen Ausführung wird die Chroms-Komponente der finalen interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt erzeugt, indem die Chroms-Komponenten der ersten, zweiten und dritten Stufe gemischt werden, wenn die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen der interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt. In noch einer anderen Ausführung können weitere Stufen von Chroma-Komponenten durch Tiefpassfilterung erzeugt werden, wobei zunehmend größere Kernelgrößen angewendet werden, bis die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen einer gegebenen Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt und die Differenz zwischen den Gr- und Gb-Signalen einer nächsten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt. In solch einer Ausführung mag die Chroms-Komponente der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für einen speziellen Bildpunkt erzeugt werden, indem die Chroms-Komponenten der nächsten Stufe und einer oder mehrerer der vorigen Stufen gemischt werden. Bei **780** werden die angepassten interpolierten Bildpunktdaten auf einem von einer Computervorrichtung lesbaren Medium gespeichert.

[0034] Die oben beschriebenen Techniken zur Verringerung von Artefakten in Digitalbildern mögen von dem digitalen Signalprozessor einer Digitalkamera oder von einer getrennten Computervorrichtung verwirklicht werden. Die oben beschriebenen Techniken mögen in Befehlen, die von einer Computervorrichtung ausführbar sind (Software), Hardware und/oder Firmware verkörpert sein. Die Techniken reduzieren vorteilhafter Weise Falschfarben während sie Farbausbleichung reduzieren. Außerdem führen die oben beschriebenen Techniken nicht zu einer übermäßigen Zeilenpufferung.

[0035] Die vorstehenden Beschreibungen spezieller Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind zu Zwecken der Veranschaulichung und Beschreibung dargestellt worden. Sie sollen nicht erschöp-

fend sein oder die Erfindung auf die genauen offenbarten Formen beschränken, und offensichtlich sind im Lichte der obigen Lehre viele Modifikationen und Variationen möglich. Die Ausführungsformen wurden ausgewählt und beschrieben, um die Grundsätze der Erfindung und ihre praktische Anwendung bestmöglich zu erklären, um dadurch anderen Fachleuten zu ermöglichen, die Erfindung und verschiedene Ausführungsformen mit verschiedenen Modifikationen, wie sie für die beabsichtigte spezielle Verwendung am geeignet sind, bestmöglich anzuwenden. Der Umfang der Erfindung soll durch die folgenden Patentansprüche und deren Äquivalente definiert sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Mosaikauflösen digitaler Bilddaten, aufweisend:
Empfangen von Roh-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild;
Tiefpassfiltern der Roh-Bildpunktdaten unter Anwendung einer ersten Mosaikauflösungs-Kernelgröße, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten einer ersten Stufe zu bestimmen;
Tiefpassfiltern der Roh-Bildpunktdaten unter Anwendung einer zweiten Mosaikauflösungs-Kernelgröße, um für jeden Bildpunkt interpolierte Bildpunktdaten einer zweiten Stufe zu bestimmen;
Bestimmen aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe, ob ein Artefakt vorliegt, für jeden Bildpunkt;
wenn bei einem gegebenen Bildpunkt kein Artefakt vorliegt, Gleichsetzen der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt mit den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe für den gegebenen Bildpunkt;
wenn bei einem gegebenen Bildpunkt das Artefakt vorliegt, Gleichsetzen der angepassten interpolierten Bildpunktdaten für den gegebenen Bildpunkt mit einer Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für den gegebenen Bildpunkt; und
Speichern der angepassten interpolierten Bildpunktdaten auf einem für eine Computervorrichtung lesbaren Medium.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Roh-Bildpunktdaten Bayer-Bildpunktdaten aufweisen.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei:
die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe für jeden Bildpunkt einen roten Farbwert (R), einen Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), einen Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und einen blauen Farbwert (B) aufweisen; und
die interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für jeden Bildpunkt einen roten Farbwert (R), einen Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr), einen Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) und einen blauen Farbwert (B) aufweisen.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei die Mosaikauflösungs-Kernelgröße der zweiten Stufe größer als die Mosaikauflösungs-Kernelgröße der ersten Stufe ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei das Bestimmen, ob ein Farbartefakt vorliegt, das Bestimmen der Absolutdifferenz zwischen dem Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) und dem Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe aufweist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei ein Farbartefakt vorliegt, wenn sich der Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) wesentlich von dem Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) unterscheidet.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei das Mischverhältnis zwischen den interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe eine Funktion der Differenz zwischen dem Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) und dem Farbwert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) ist.

8. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung ein Verfahren realisiert, welches aufweist:
Empfangen eines Datenstroms von Bayer-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild;
Interpolieren roter, Grün-auf-Rot-Zeilen-, Grün-auf-Blau-Zeilen- und blauer Bildpunktdaten aus den Bayer-Bildpunktdaten für jeden Bildpunkt des gegebenen Bildes;
Verringern eines Artefakts in einem oder mehreren gegebenen Bildpunkten als Funktion einer Differenz zwischen den Bildpunktdaten der Grün-auf-Rot-Zeilen und der Grün-auf-Blau-Zeilen jedes der gegebenen Bildpunkte, um angepasste interpolierte Bildpunktdaten zu erzeugen; und
Speichern der angepassten interpolierten Bildpunktdaten.

9. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 8 realisiert, wobei das Interpolieren roter, Grün-auf-Rot-Zeilen-, Grün-auf-Blau-Zeilen- und blauer Bildpunktdaten ferner aufweist:
Bestimmen eines horizontalen Tiefpassfilterwertes einer ersten Stufe für jeden Bildpunkt unter Anwendung einer ersten Kernelgröße;
Bestimmen eines horizontalen Tiefpassfilterwertes einer zweiten Stufe für jeden Bildpunkt unter Anwen-

dung einer zweiten Kernelgröße;
Bestimmen eines vertikalen Tiefpassfilterwertes einer ersten Stufe für jeden Bildpunkt unter Anwendung der ersten Kernelgröße;
Bestimmen eines vertikalen Tiefpassfilterwertes einer zweiten Stufe für jeden Bildpunkt unter Anwendung der zweiten Kernelgröße;
Bestimmen interpolierter Bildpunktdaten einer ersten Stufe für jeden Bildpunkt aus dem horizontalen Tiefpassfilterwert der ersten Stufe und dem vertikalen Tiefpassfilterwert der ersten Stufe;
Bestimmen interpolierter Bildpunktdaten einer zweiten Stufe für jeden Bildpunkt aus dem horizontalen Tiefpassfilterwert der zweiten Stufe und dem vertikalen Tiefpassfilterwert der zweiten Stufe;
Umwandeln eines Farbraums der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe, um Chroms- und Luma-Komponenten zu trennen; und
Umwandeln des Farbraums der interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe, um die Chroms- und Luma-Komponenten zu trennen.

10. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 9 realisiert, wobei:
das Bestimmen des horizontalen Tiefpassfilterwertes der ersten Stufe für jeden gegebenen Bildpunkt das Mitteln der Bildpunkte für jede korrespondierende Gruppe benachbarter Bildpunkte der ersten Kernelgröße aufweist und
das Bestimmen des horizontalen Tiefpassfilterwertes der zweiten Stufe für jeden gegebenen Bildpunkt das Mitteln der Bildpunkte für jede korrespondierende Gruppe benachbarter Bildpunkte der zweiten Kernelgröße aufweist.

11. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 9 realisiert, wobei
das Bestimmen des vertikalen Tiefpassfilterwertes der ersten Stufe für jeden gegebenen Bildpunkt das regressive Filtern der Bildpunkte für jede entsprechende Gruppe benachbarter Bildpunkte der ersten Kernelgröße aufweist und
das Bestimmen des vertikalen Tiefpassfilterwertes der zweiten Stufe für jeden gegebenen Bildpunkt das regressive Filtern der Bildpunkte für jede entsprechende Gruppe benachbarter Bildpunkte der zweiten Kernelgröße aufweist.

12. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 9 realisiert, wobei das Verringern der Artefakte in ein oder mehreren gegebenen Bildpunkten ferner aufweist:
Verringern der Chroms-Komponente der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe als Funktion einer Differenz zwischen den Grün-auf-Rot-Zeilen- und Grün-auf-Blau-Zeilen-Chroms-Komponenten der Bildpunktdaten jedes der gegebenen Bildpunkte, um angepasste interpolierte Bildpunktdaten zu erzeugen.

13. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 12 realisiert, wobei, wenn die Differenz zwischen den Grün-auf-Rot-Zeilen- und Grün-auf-Blau-Zeilen-Chroms-Komponenten groß ist, die angepassten interpolierten Chroms-Komponenten nah bei den Mischung aus den Chroms-Komponenten der interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe liegen.

14. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 13 realisiert, welches ferner das Anpassen einer Gewichtung der Chroms-Mischung aufweist, um die angepassten interpolierten Bildpunktdaten unter Anwendung eines Coring-Parameters zu erzeugen.

15. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 13 realisiert, welches ferner das Anpassen der Gewichtungen der Chroms-Mischwerte aufweist, um die angepassten interpolierten Bildpunktdaten unter Anwendung eines Gewichtungsparameters zu erzeugen.

16. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 10 realisiert, wobei:
die Kernelgröße der ersten Stufe eine Potenz von Zwei ist und
die Kernelgröße der zweiten Stufe eine Potenz von Zwei und größer als die Kernelgröße der ersten Stufe ist.

17. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung ein Verfahren realisiert, welches aufweist:
Empfangen von Bayer-Bildpunktdaten für ein gegebenes Bild;
Tiefpassfiltern der Bayer-Bildpunktdaten unter An-

wendung einer ersten Kernelgröße, um die interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe zu bestimmen;
Tiefpassfiltern der Bayer-Bildpunktdaten unter Anwendung einer zweiten Kernelgröße, um die interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe zu bestimmen;
Gleichsetzen angepasster interpolierter Bildpunktdaten mit den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe für einen gegebenen Bildpunkt, wenn eine Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe unter einer spezifizierten Schwelle liegt;
Einstellen der angepassten interpolierten Bildpunktdaten auf eine Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe für einen gegebenen Bildpunkt, wenn die Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe über der spezifizierten Schwelle hegt und eine Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt; und
Ausgeben der angepassten interpolierten Bildpunktdaten.

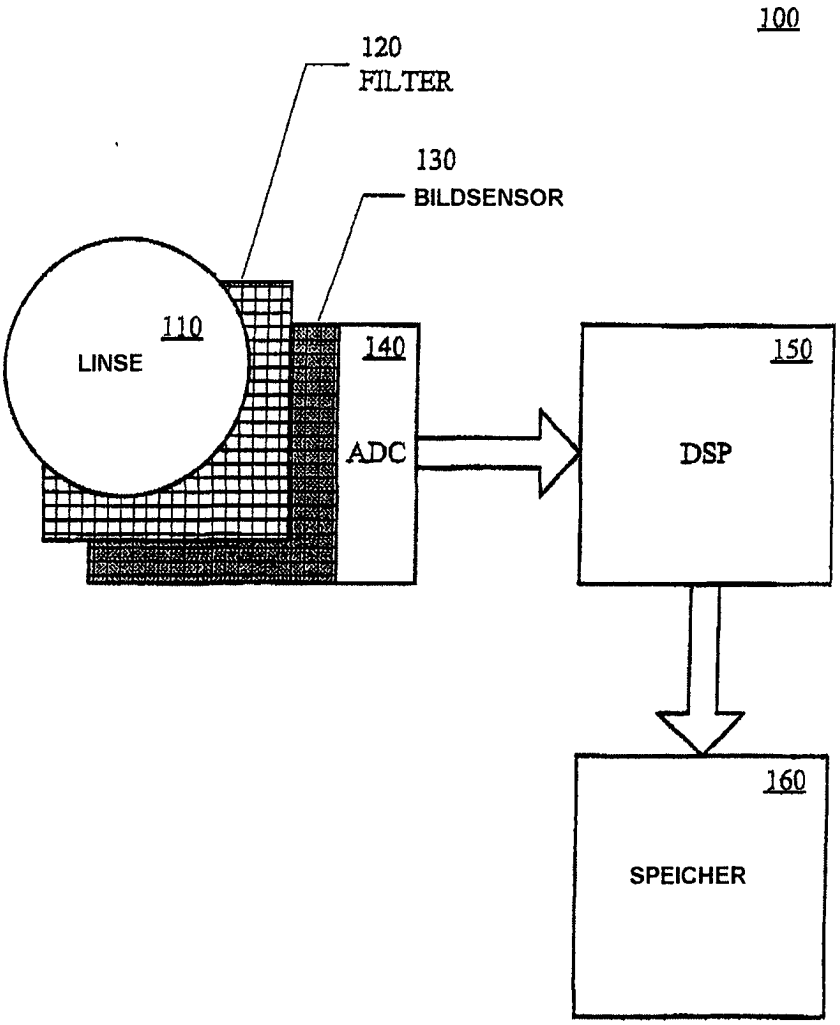
18. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 17 realisiert, welches ferner aufweist:
Tiefpassfiltern der Bayer-Bildpunktdaten unter Anwendung einer dritten Kernelgröße, um interpolierte Bildpunktdaten einer dritten Stufe zu bestimmen; und
Einstellen der angepassten interpolierten Bildpunktdaten auf eine Mischung aus den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe und den interpolierten Bildpunktdaten der dritten Stufe für einen gegebenen Bildpunkt, wenn die Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe über der spezifizierten Schwelle liegt und eine Differenz zwischen Chroms-Komponenten in den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt.

19. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 18 realisiert, wobei:
ein Mischverhältnis zwischen den interpolierten Bildpunktdaten der ersten und zweiten Stufe eine Funktion der Differenz zwischen einem Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) und einem Chroms-Wert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) der interpolierten Bildpunktdaten der ersten Stufe ist; und
ein Mischverhältnis zwischen den interpolierten Bildpunktdaten der zweiten und dritten Stufe eine Funktion einer Differenz zwischen dem Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) und dem Chroms-Wert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) der interpolierten Bildpunktdaten der zweiten Stufe ist.

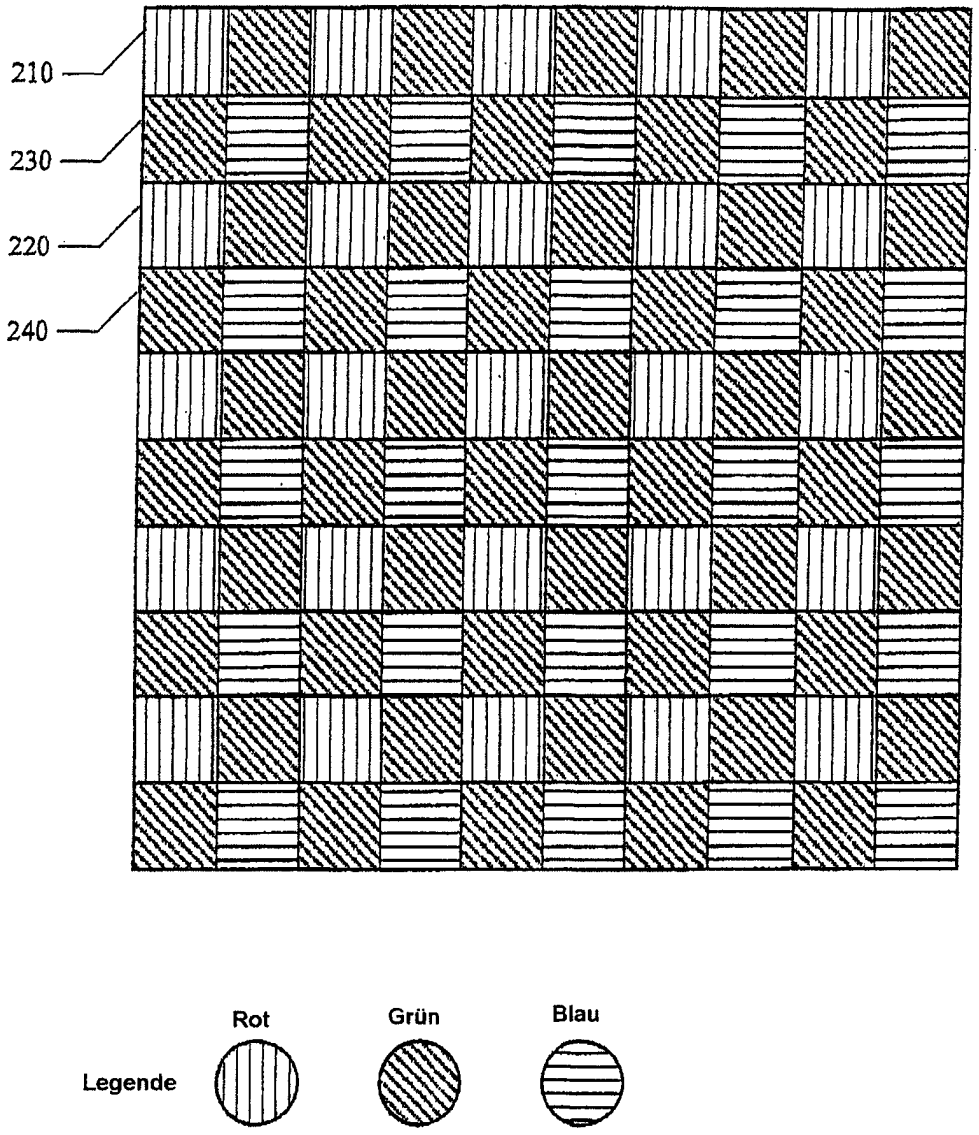
20. Ein oder mehrere für eine Computervorrichtung lesbare Medien, welche eine Mehrzahl von Befehlen enthalten, welche, wenn sie ausgeführt werden, bewirken, dass eine Computervorrichtung das Verfahren gemäß Anspruch 17 realisiert, welches ferner aufweist:
Erzeugen weiterer Stufen von Chroms-Komponenten mittels Tiefpassfilterns der Bayer-Bildpunktdaten unter Anwendung zunehmend größerer Kernelgrößen, bis eine Differenz zwischen dem Farbwert der Grün-auf-Rot-Zeilen (Gr) und dem Chroms-Wert der Grün-auf-Blau-Zeilen (Gb) einer gegebenen Stufe unter der spezifizierten Schwelle liegt; und
Erzeugen der Chroms-Komponente der angepassten interpolierten Bildpunktdaten durch Mischen der Chroms-Komponente aus der gegebenen Stufe und einer oder mehreren vorigen Stufen der interpolierten Bildpunktdaten.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

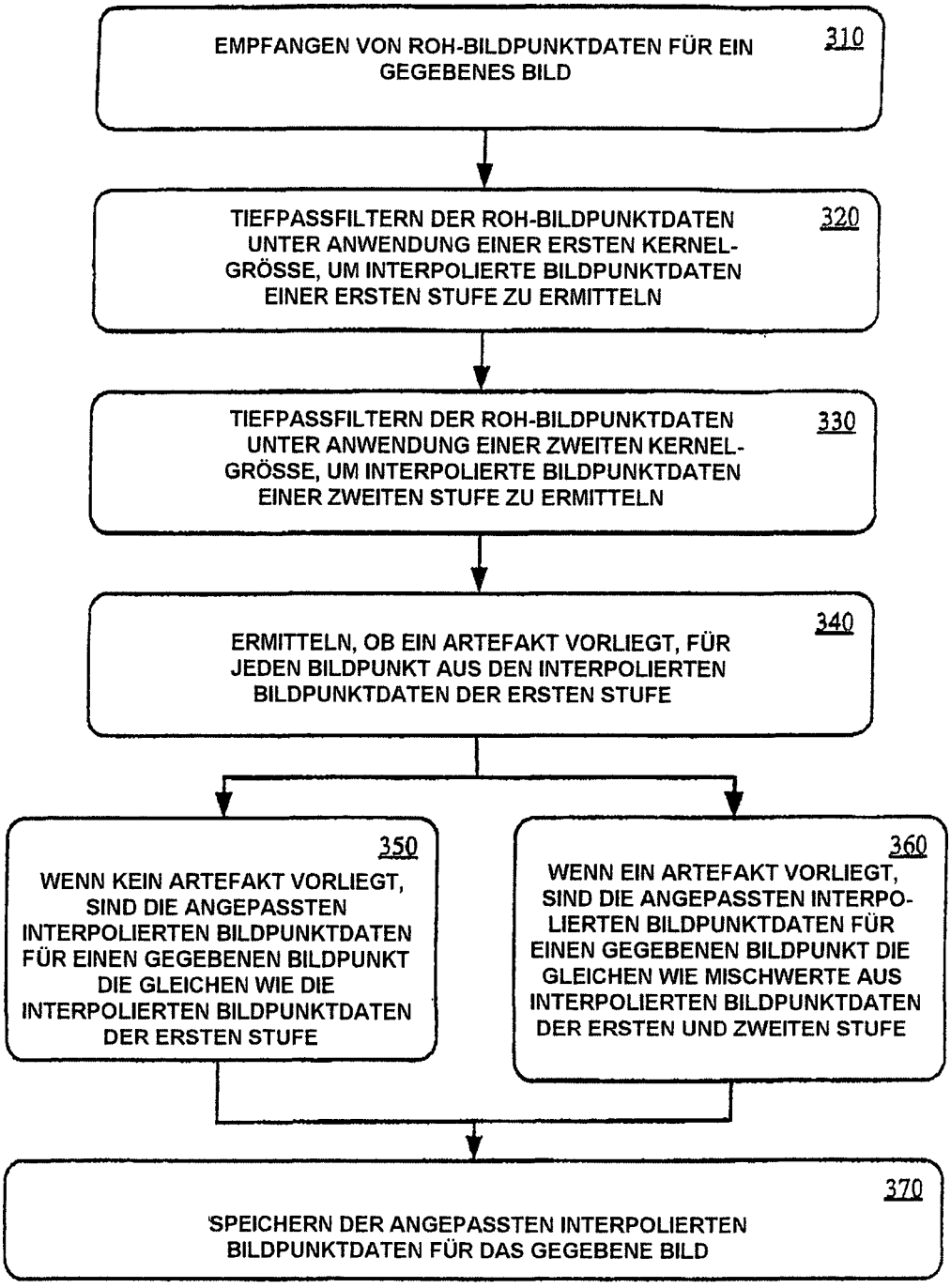
Anhängende Zeichnungen



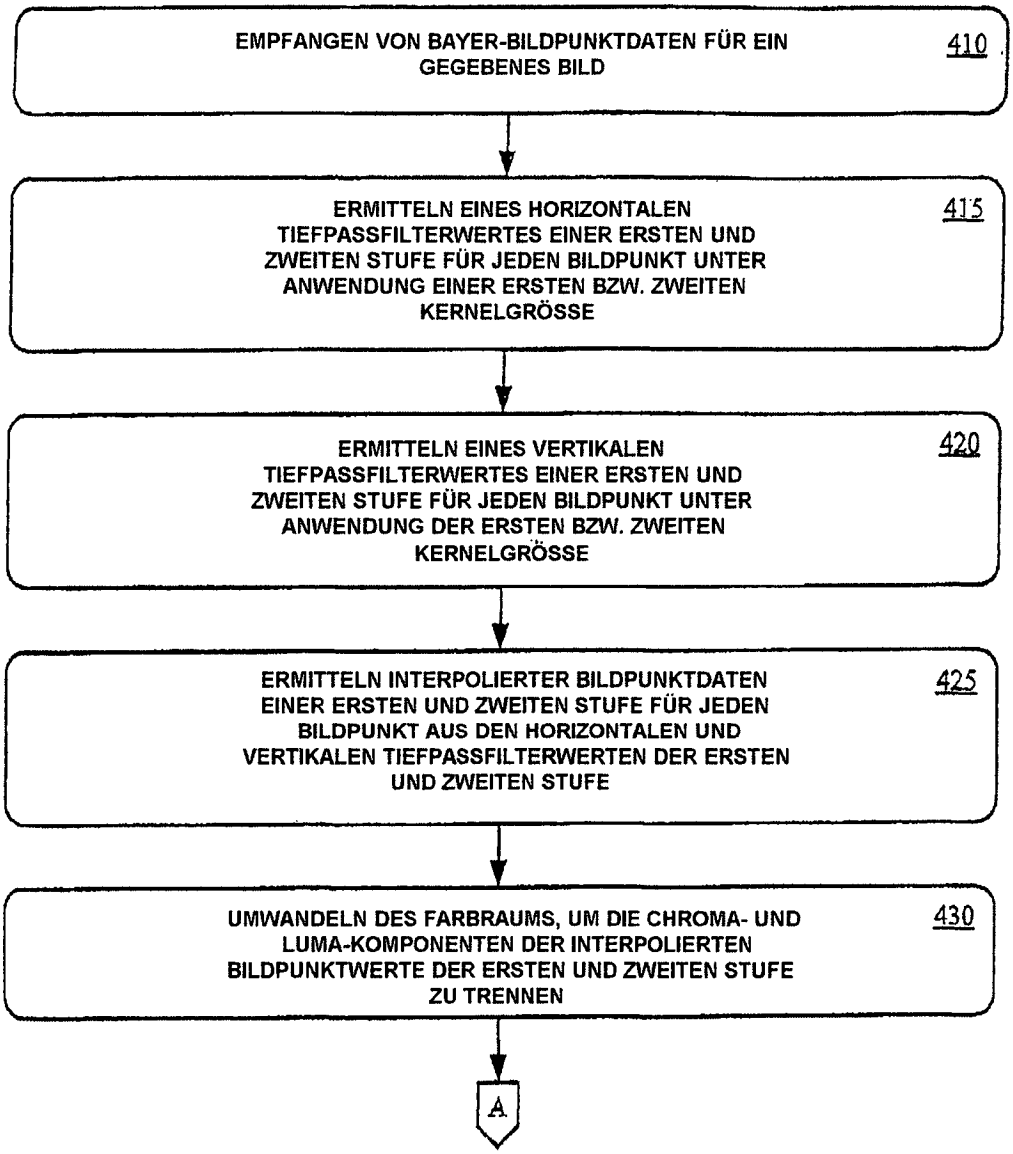
Figur 1



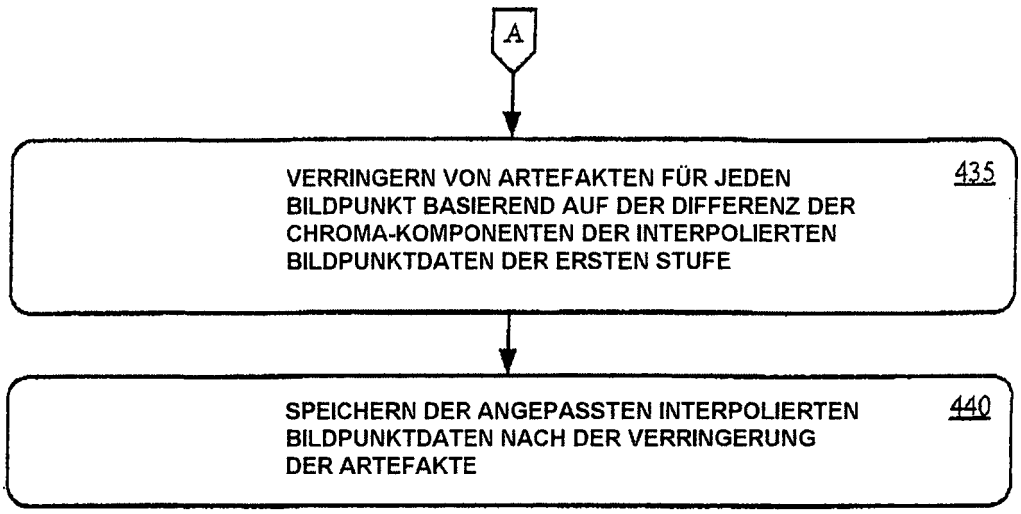
Figur 2


EMPFANGEN VON ROH-BILDPUNKTDATEN FÜR EIN GEGEBENES BILD
310
TIEFPASSFILTERN DER ROH-BILDPUNKTDATEN UNTER ANWENDUNG EINER ERSTEN KERNEL-GRÖSSE, UM INTERPOLIERTE BILDPUNKTDATEN EINER ERSTEN STUFE ZU ERMITTELN
320
TIEFPASSFILTERN DER ROH-BILDPUNKTDATEN UNTER ANWENDUNG EINER ZWEITEN KERNEL-GRÖSSE, UM INTERPOLIERTE BILDPUNKTDATEN EINER ZWEITEN STUFE ZU ERMITTELN
330
ERMITTELN, OB EIN ARTEFAKT VORLIEGT, FÜR JEDEN BILDPUNKT AUS DEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ERSTEN STUFE
340
WENN KEIN ARTEFAKT VORLIEGT, SIND DIE ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN FÜR EINEN GEGEBENEN BILDPUNKT DIE GLEICHEN WIE DIE INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ERSTEN STUFE
350
WENN EIN ARTEFAKT VORLIEGT, SIND DIE ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN FÜR EINEN GEGEBENEN BILDPUNKT DIE GLEICHEN WIE MISCHWERTE AUS INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE
360
SPEICHERN DER ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN FÜR DAS GEGEBENE BILD
370

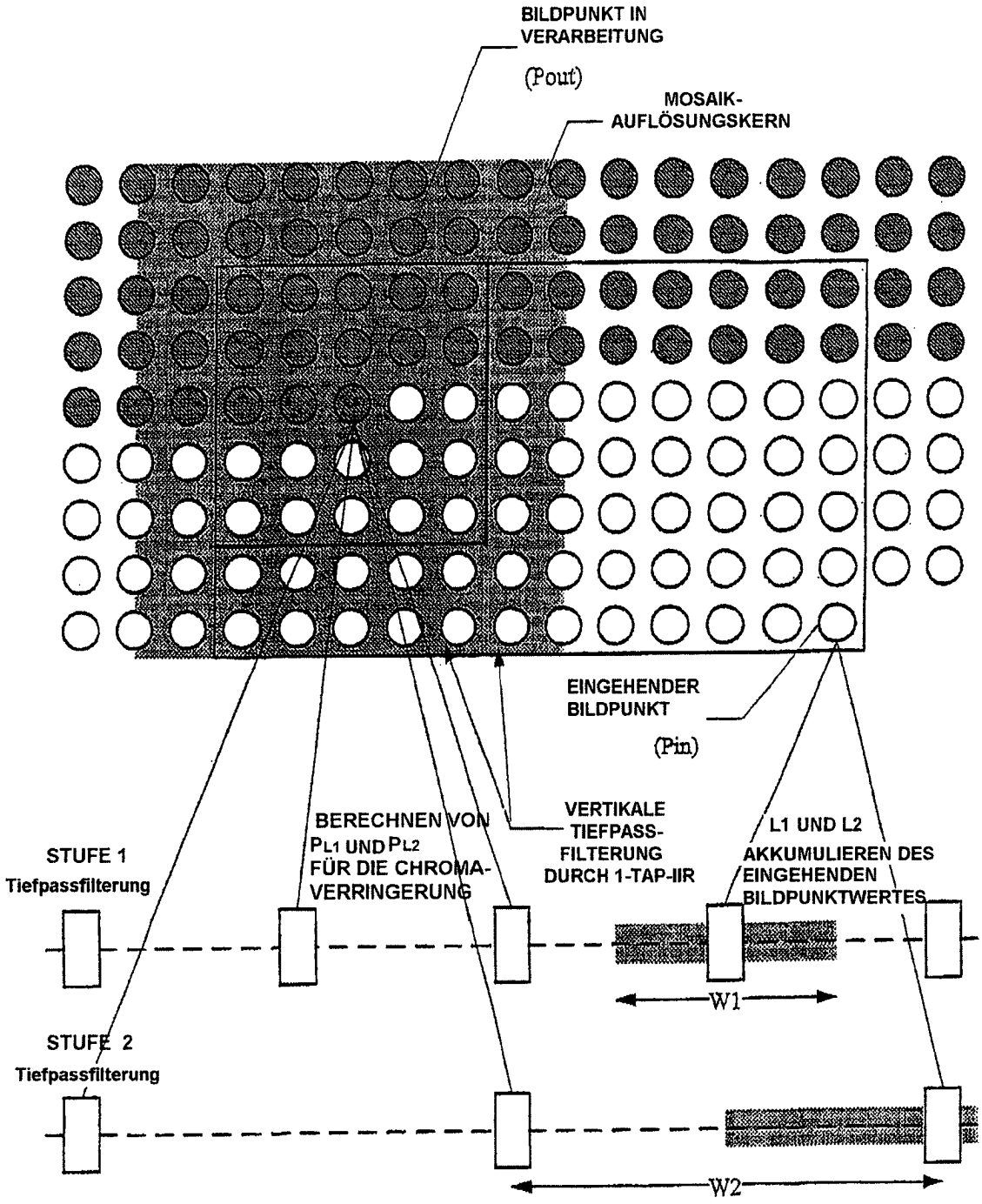
Figur 3


EMPFANGEN VON BAYER-BILDPUNKTDATEN FÜR EIN GEGEBENES BILD
410
ERMITTELN EINES HORIZONTALEN TIEFPASSFILTERWERTES EINER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE FÜR JEDEN BILDPUNKT UNTER ANWENDUNG EINER ERSTEN BZW. ZWEITEN KERNELGRÖSSE
415
ERMITTELN EINES VERTIKALEN TIEFPASSFILTERWERTES EINER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE FÜR JEDEN BILDPUNKT UNTER ANWENDUNG DER ERSTEN BZW. ZWEITEN KERNELGRÖSSE
420
ERMITTELN INTERPOLIERTER BILDPUNKTDATEN EINER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE FÜR JEDEN BILDPUNKT AUS DEN HORIZONTALEN UND VERTIKALEN TIEFPASSFILTERWERTEN DER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE
425
UMWANDELN DES FARBRAUMS, UM DIE CHROMA- UND LUMA-KOMPONENTEN DER INTERPOLIERTEN BILDPUNKTWERTE DER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE ZU TRENNEN
430
A

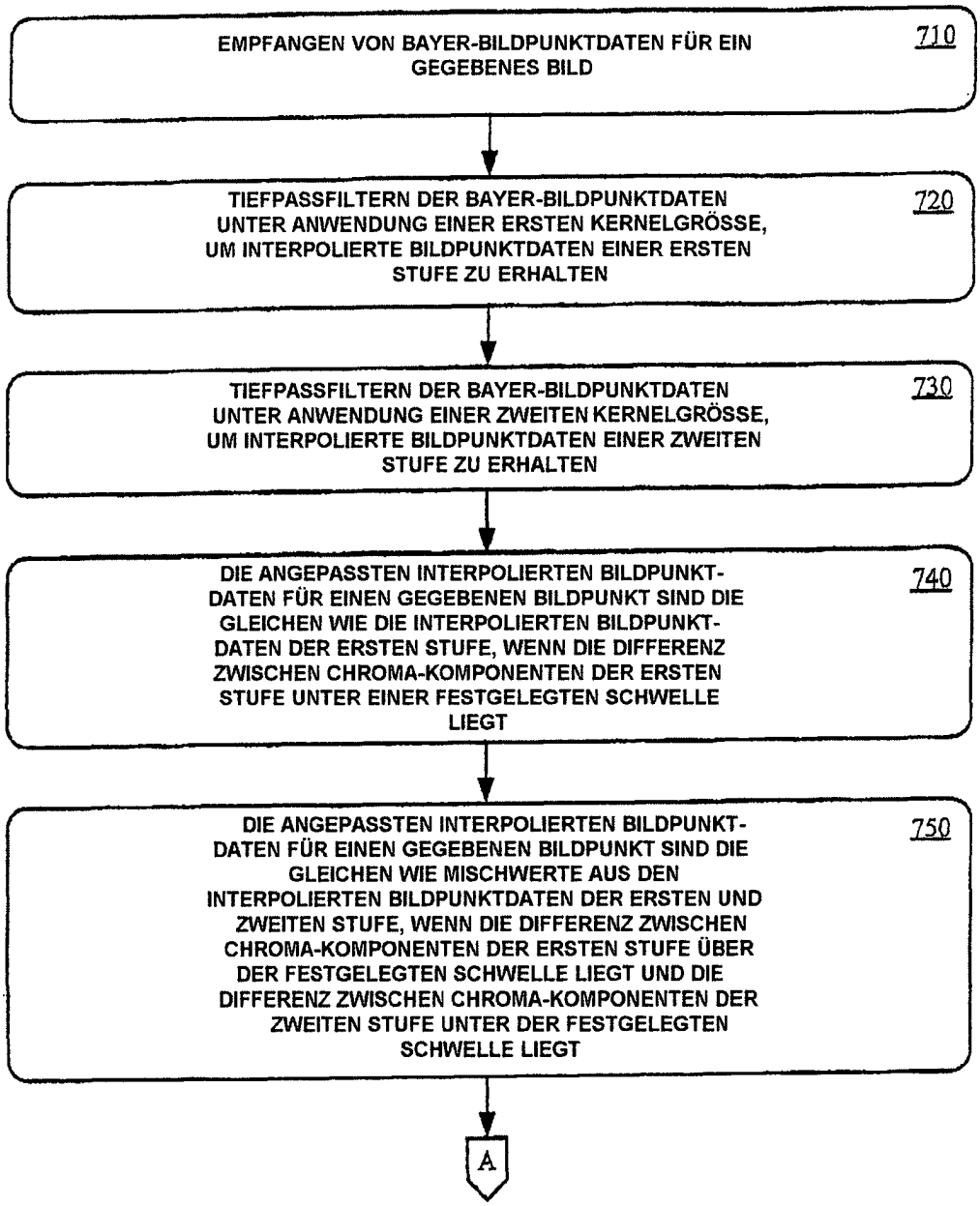
Figur 4


A
VERRINGERN VON ARTEFAKTEN FÜR JEDEN BILDPUNKT BASIEREND AUF DER DIFFERENZ DER CHROMA-KOMPONENTEN DER INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ERSTEN STUFE
435
SPEICHERN DER ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN NACH DER VERRINGERUNG DER ARTEFAKTE
440

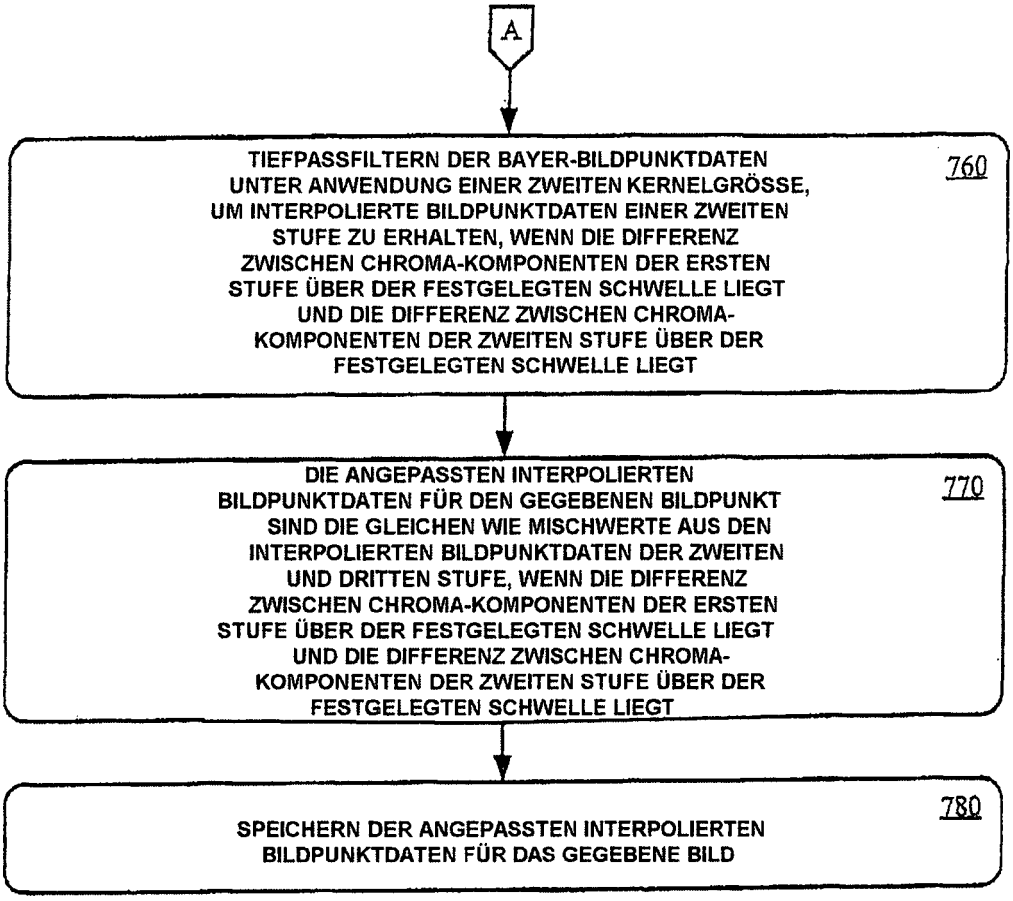
Figur 5


BILDPUNKT IN VERARBEITUNG
(Pout)
MOSAIK-AUFLÖSUNGSKERN
EINGEHENDER BILDPUNKT
(Pin)
BERECHNEN VON PL1 UND PL2 FÜR DIE CHROMA-VERRINGERUNG
VERTIKALE TIEFPASS-FILTERUNG DURCH 1-TAP-IIR
L1 UND L2 AKKUMULIEREN DES EINGEHENDEN BILDPUNKTWERTES
STUFE 1
Tiefpassfilterung
W1
STUFE 2
Tiefpassfilterung
W2

Figur 6


EMPFANGEN VON BAYER-BILDPUNKTDATEN FÜR EIN GEGEBENES BILD
710
TIEFPASSFILTERN DER BAYER-BILDPUNKTDATEN UNTER ANWENDUNG EINER ERSTEN KERNELGRÖSSE, UM INTERPOLIERTE BILDPUNKTDATEN EINER ERSTEN STUFE ZU ERHALTEN
720
TIEFPASSFILTERN DER BAYER-BILDPUNKTDATEN UNTER ANWENDUNG EINER ZWEITEN KERNELGRÖSSE, UM INTERPOLIERTE BILDPUNKTDATEN EINER ZWEITEN STUFE ZU ERHALTEN
730
DIE ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKT-DATEN FÜR EINEN GEGEBENEN BILDPUNKT SIND DIE GLEICHEN WIE DIE INTERPOLIERTEN BILDPUNKT-DATEN DER ERSTEN STUFE, WENN DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ERSTEN STUFE UNTER EINER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT
740
DIE ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKT-DATEN FÜR EINEN GEGEBENEN BILDPUNKT SIND DIE GLEICHEN WIE MISCHWERTE AUS DEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ERSTEN UND ZWEITEN STUFE, WENN DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ERSTEN STUFE ÜBER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT UND DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ZWEITEN STUFE UNTER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT
750
A

Figur 7


A
TIEFPASSFILTERN DER BAYER-BILDPUNKTDATEN UNTER ANWENDUNG EINER ZWEITEN KERNELGRÖSSE, UM INTERPOLIERTE BILDPUNKTDATEN EINER ZWEITEN STUFE ZU ERHALTEN, WENN DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ERSTEN STUFE ÜBER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT UND DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ZWEITEN STUFE ÜBER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT
760
DIE ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN FÜR DEN GEGEBENEN BILDPUNKT SIND DIE GLEICHEN WIE MISCHWERTE AUS DEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN DER ZWEITEN UND DRITTEN STUFE, WENN DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ERSTEN STUFE ÜBER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT UND DIE DIFFERENZ ZWISCHEN CHROMA-KOMPONENTEN DER ZWEITEN STUFE ÜBER DER FESTGELEGTEN SCHWELLE LIEGT
770
SPEICHERN DER ANGEPASSTEN INTERPOLIERTEN BILDPUNKTDATEN FÜR DAS GEGEBENE BILD
780

Figur 8