



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 12 649 T2** 2005.08.11

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 093 087 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G06T 5/20**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 12 649.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 203 315.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.09.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.08.2005**

(30) Unionspriorität:

415374 08.10.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

(72) Erfinder:

**Adams, Jr., James Edward, Rochester, New York
14650-2201, US; Hamilton, Jr., John F., Rochester,
New York 14650-2201, US**

(74) Vertreter:

**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **BESEITIGUNG VON CHROMARASCHEN AUS DIGITALBILDERN DURCH VERWENDUNG VER-
ÄNDERLICH GEFORMTER PIXELNACHBARSCHAFTSBEREICHE**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Bereitstellung geglätteter Digitalbilder mit reduziertem Rauschen.

[0002] Eine Art von Rauschen, die in Bildern von Digitalkameras zu finden ist, tritt in Form von farbigen Flecken niedriger Frequenz in Bereichen mit tiefer Ortsfrequenz auf, beispielsweise im Gesicht einer Person. Diese Flecken, eine Art von Chromarauschen, erzeugt ein marmoriertes Aussehen in einem ansonsten räumlich flachen Bereich. Diese farbigen Flecken sind unregelmäßig geformt und sind in einer gegebenen Richtung typischerweise 5 bis 25 oder mehr Pixel breit.

[0003] Die PCT Patentanmeldung WO 99/30547 betrifft ein System zur Beseitigung von Rauschen, das mit Kantenerkennung arbeitet. In dieser Anordnung wird ermittelt, ob ein Pixel auf einer Kante liegt, wobei die nachfolgende Rauschbeseitigung davon abhängt, ob ein Pixel auf einer Kante liegt. Wenn es auf einer Kante liegt, wird es einer bestimmten Art von Rauschbeseitigung unterzogen, wenn es nicht darauf liegt, wird es einer bestimmten anderen Art von Rauschbeseitigung unterzogen.

[0004] Nach dem Stand der Technik gibt es zahlreiche Möglichkeiten, um Chromarauschen in Digitalbildern zu verringern. Darunter gibt es zahlreiche Patente, die Verfahren zur Verringerung des Chromarauschens unter Verwendung von optischen Unschärfefiltern in Digitalkameras beschreiben, um vor allem durch Treppeneffekt induziertes Chromarauschen zu vermeiden. Diese Unschärfefilter betreffen im Allgemeinen jedoch nur hochfrequentes Chromarauschen und sind im Allgemeinen gegenüber niederfrequentem Chromarauschen unwirksam.

[0005] Ein anderer sehr gängiger Ansatz zur Reduzierung von Chromarauschen besteht darin, Standardtechniken zur Verringerung des Graustufenbildrauschens in jedem Farbkanal des Bildes zu verwenden, wodurch die einzelnen Farbkanäle als separates Graustufenbild behandelt werden. Indem ein Vollfarbende Bild wie drei unabhängige Graustufenbilder behandelt wird, werden jegliche Interaktionen oder Korrelationen zwischen den Farbkanälen ignoriert. Wie zuvor besprochen, sind die inhärenten Beziehungen zwischen den Farbebenen eines Digitalbildes verwendbar, um eine wirksamere Beseitigung des Chromarauschens vorzunehmen, beispielsweise durch Umsetzung des Bildes in einen anderen Farbraum, der eine einfachere Abtrennung des Bildrauschens von dem eigentlichen Szeneninhalte ermöglicht.

[0006] Einige Ansätze betreffen konkret Digitalbild-Verarbeitungsverfahren zur Reduzierung oder Beseitigung von Chromarauschartefakten. Eine Klasse von Patenten für Digitalkameras beschreibt Verbesserungen der CFA-Interpolation (Color Filter Array/Farbfilteranordnung) zur Reduzierung oder Beseitigung hochfrequenter Chromarauschartefakte. Eine weitere Klasse von Patenten beschreibt die Verwendung unterschiedlicher Pixelformen (d.h. Rechtecke statt Quadrate) und Anordnungen (beispielsweise ist jede Reihe um eine halbe Pixelbreite zur vorausgehenden Reihe versetzt) mit begleitenden CFA-Interpolationsoperationen zur Reduzierung oder Beseitigung von Chromarauschartefakten. Aber auch diese Techniken betreffen nur hochfrequentes Chromarauschen und sind im Allgemeinen gegenüber niederfrequentem Chromarauschen unwirksam.

[0007] In der offenen Literatur wird die bekannte Technik beschrieben, bei der ein Digitalbild mit Chromarauschartefakten in einen Luminanz-/Chrominanzraum umgewandelt wird, beispielsweise CIELAB, um dann die Chrominanzkanäle unscharf zu machen und das Bild zurück in den Originalfarbraum umzusetzen. Diese Operation gilt als Standardtechnik zur Bekämpfung von Chromarauschen. Ein Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass während des Unschärfeschritts nicht zwischen Chromarauschartefakten und eigentlichen chromatischen Szenendetails unterschieden wird. Mit zunehmender Unschärfekernbildung beginnt daher ein Farbbluten der eigentlich scharfen, farbigen Kanten des Bildes. Normalerweise wird das Farbbluten inakzeptabel, bevor der Großteil der niederfrequenten Farbflecken aus dem Bild beseitigt ist. Wenn das Bild einer nachfolgenden Bildverarbeitung unterzogen wird, besteht die Möglichkeit, dass das Farbbluten noch deutlicher erkennbar ist. Ein zweiter Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass nahezu immer ein kleiner, fester Unschärfekern erforderlich ist, um das Problem des Farbblutens in den Griff zu bekommen. Um allerdings die niederfrequenten chromatischen Flecken zu verarbeiten, wären große Unschärfekerne zur gewünschten Rauschbeseitigung erforderlich.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Reduzierung von Chromarauschen bereitzustellen, das die Verwendung von großen Unschärfekernen zulässt, ohne dass an scharfen, farbigen Kanten Farbbluten auftritt.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt zudem die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes, vom Chromarau-

schen bereinigtes Digitalbild unter Verwendung eines veränderlich geformten Pixelnachbarschaftsbereichs von Unschärfekernen bereitzustellen.

[0010] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, niederfrequente, chromatische Flecken bereitzustellen, die aus einem Digitalbild unter Verwendung veränderlich geformter Pixelnachbarschaftsbereiche von Unschärfekernen entfernbar sind.

[0011] Diese Aufgaben werden mit einem Verfahren zur pixelweisen Beseitigung von Rauschen aus Pixeln eines Digitalbilds mit folgenden Schritten gelöst:

Erzeugen einer Darstellung von Merkmalen in dem Digitalbild;

Speichern eines Ursprungswerts des betreffenden Pixels aus der Merkmalsdarstellung;

Verwenden von Merkmalswerten aus der Darstellung zur Bestimmung eines veränderlich geformten Nachbarschaftsbereichs von Reinigungspixeln in Bezug auf den Ursprungswert des betreffenden Pixels;

Verwenden des Nachbarschaftsbereichs von Reinigungspixel und des Wertes des betreffenden Pixels zu Änderung des Ursprungswerts des betreffenden Pixels in dem Digitalbild, so dass dieses rauschbereinigt ist; und Wiederholen dieser Schritte für weitere betreffende Pixel.

[0012] Die vorliegende Erfindung löst die Beschränkung des "chromatischen Unschärfetricks", indem zunächst alle Kanten und Grenzen in dem Bild ermittelt werden, worauf zugelassen wird, dass jeder Nachbarschaftsbereich adaptiv wächst, bis dieser an eine Kante oder Grenze stößt. Dadurch wird Farbbluten vermieden, während die Verwendung großflächiger Unschärfeoperationen zur Beseitigung von Chromarauschfaktoren weiterhin möglich ist.

[0013] Die vorliegende Erfindung weist u.a. folgende Merkmale auf:

1) automatischer Betrieb (kein Benutzereingriff erforderlich, obwohl der Benutzer Zugriff auf einige Algorithmenparameter haben könnte, um das Ausmaß der Bildmodifikation zu steuern); und

2) lokal adaptive, größenveränderliche Nachbarschaftsbereichsberechnungen (Artefakte mit sehr tiefen Ortsfrequenzen können in flachen Bereichen beseitigt werden, ohne dieselben großen Nachbarschaftsbereichsberechnungen in räumlich intensiven Bereichen zu forcieren).

[0014] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung lokal adaptiver, größenveränderlicher Berechnungsnachbarschaftsbereiche, die von einer Merkmalsdarstellung per "Key off" gewonnen werden, um ein Maximum an Chromarauschen zu beseitigen, ohne dass sich eigentliche Szenendetails wesentlich verschlechtern.

[0015] Die Erfindung wird im folgenden anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0016] Es zeigen

[0017] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm des Verarbeitungsablaufs zur praktischen Verwertung der vorliegenden Erfindung zur Herstellung verbesserter Digitalbilder; und

[0018] [Fig. 2](#) ein von der vorliegenden Erfindung verwendeter typischer, veränderlich geformter Pixelnachbarschaftsbereich.

[0019] Da Rauschbeseitigungsalgorithmen für Digitalbilder bekannt sind, bezieht sich die vorliegende Beschreibung insbesondere auf Elemente, die Teil der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des Verfahrens sind oder direkt damit zusammenwirken. Hier nicht gezeigte oder beschriebene Elemente sind aus den nach dem Stand der Technik bekannten Elementen wählbar. Obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf ein Digitalbild beschrieben wird, das von einer elektronischen Kamera erzeugt wird, wird Fachleuten klar sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf derartige Bilderzeugungsvorrichtungen beschränkt ist und auch originale Digitalbilder aus anderen Quellen verwenden kann.

[0020] In [Fig. 1](#) ist Block **10** das Originalbild. Block **12** ist das in einen Luminanz-/Chrominanzraum, beispielsweise CIELAB, umgewandelte Bild. Obwohl CIELAB der bevorzugte Farbraum ist, sind selbstverständlich auch andere Farbräume erfindungsgemäß verwendbar. Die Blöcke **14**, **16** und **18** erzeugen eine Darstellung von Merkmalen oder eine Kantendarstellung der Luminanz-/Chrominanzdaten. Um diese Darstellung zu erzeugen, werden vier Kantendetektorfilter mit jedem Kanal gefaltet, worauf die Ergebnisse zur Erzeugung der Kantendarstellung summiert werden. Die vier Filter sind "h" für horizontal, "v" für vertikal, "s" für Slash und "b"

für Backslash. Wenn $f(x)$ für das Kanalbild und $g(x)$ für den resultierenden Kantendarstellungskanal steht, lässt sich folgende Gleichung formulieren:

$$g(x) = |h^{**}f(x)| + |v^{**}f(x)| + |s^{**}f(x)| + |b^{**}f(x)|$$

wobei "x" entweder für den Luminanzkanal L^* oder für die Chrominanzkanäle a^* oder b^* steht, " $**$ " steht für die zweidimensionale Faltungsoperation, und die Absolutwerte der Komponenten werden addiert. Die vier Kantendetektorkerne sind 5×5 abgeschnittene Pyramidenfilter, die in Verbindung mit der Verwendung von verrauschten Daten eine gewisse Robustheit gewährleisten. Für eine stärkere Rauschunterdrückung wären sogar größere Kerne verwendbar. Die hier verwendeten Kerne sind:

$$\begin{array}{r}
 h = \begin{array}{l}
 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 1 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 -- \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 13 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \\
 1 \begin{pmatrix} -1 & -2 & -2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 -- \begin{pmatrix} -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \end{pmatrix} \\
 13 \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \\
 1 \begin{pmatrix} -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 -- \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
 13 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \\
 1 \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 -- \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 & -1 \end{pmatrix} \\
 13 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 0 & -1 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \end{array}$$

[0021] In Block **20** wird die endgültige, zusammengesetzte Kantendarstellung "g" durch Summieren der drei Kanalkantendarstellungen erzeugt.

$$g = g(L^*) + g(a^*) + g(b^*)$$

[0022] Da alle einzelnen Komponenten bereits positive Werte sind, braucht man keine zusätzlichen Absolutwertoperationen in Verbindung mit dieser Summenbildung zu benutzen.

[0023] Aus der Merkmalskantendarstellung wird ein Schwellenwert ermittelt. Für eine Erstbestimmung wählt man einen flachen Bereich des Bildes und berechnet die Standardabweichung (stdv) der Kantendarstellungswerte in diesem Bereich. Das Dreifache der Standardabweichung (3 stdv) wird der Schwellenwert. Wenn dieser Algorithmus interaktiv ausgeführt wird, könnte dieser Schwellenwert eine der Schaltflächen sein, die dem Benutzer zur Steuerung bereitgestellt werden. Wenn für eine gegebene Anwendung festgestellt wird, dass sich der Schwellenwert von Bild zu Bild nicht wesentlich ändert, kann der Schwellenwert einmal offline bestimmt werden und dann als fester Wert für die zukünftige Verwendung dienen.

[0024] Die Chrominanzkanäle a^* und b^* werden jetzt geglättet. Mit anderen Worten, sie werden rauschbereinigt. In Block **22** wird für jedes Pixel in dem Bild der entsprechende Kantendarstellungswert als Referenzwert genommen. Dann verfährt der Algorithmus pixelweise in jede der acht Kompass-Himmelsrichtungen, N, NO, O, SO, S, SW, W, NW, wobei die Kantendarstellungswerte untersucht werden. Wenn die Differenz zwischen einem Kantendarstellungswert und den Referenzwerten kleiner als der Schwellenwert ist, wird das Pixel zu dem rauschbereinigten (geglätteten) Nachbarschaftsbereich hinzugefügt, und der Algorithmus wird fortgesetzt. Sobald ein Kantendarstellungswert erreicht ist, der sich von dem Referenzwert um mehr als den Schwellenwert unterscheidet, wird das Wachstum des rauschbereinigten Nachbarschaftsbereichs in dieser Kompassrichtung gestoppt. [Fig. 2](#) zeigt einen typischen, rauschbereinigten Nachbarschaftsbereich, nachdem alle Kompassrichtungen geprüft worden sind. In dieser Anordnung werden acht Richtungen gezeigt, da es acht benachbarte Pixel um das jeweils betreffende Pixel gibt. Ein zusammenhängender Nachbarschaftsbereich ist jedoch nicht Bedingung. Es sei darauf hingewiesen, dass dieser Nachbarschaftsbereich in Form und Größe veränderlich ist. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, werden in dem rauschbereinigten Nachbarschaftsbereich in Block **24** die Kanalwerte a^* und b^* gemittelt, und diese Mittelwerte ersetzen die Werte von Kanal a^* und b^* für Pixel A in [Fig. 2](#). Jedes Pixel in dem Bild wird auf diese Weise verarbeitet. In Block **26** wird das endgültige Bild zurück in den Originalfarbraum umgewandelt.

[0025] Die maximal mögliche Richtung der Erweiterung des Nachbarschaftsbereichs in einer gegebenen

Kompassrichtung lässt sich beschränken, um zu verhindern, dass sehr große Nachbarschaftsbereiche in großen flachen Bereichen verwendet werden. Ein derartiger maximaler Radienwert könnte im Bereich von 50 bis 100 Pixel liegen.

[0026] Die vorliegende Erfindung ist durch ein Verfahren nach Nebenanspruch 1 und durch ein Computerprogrammprodukt nach Nebenanspruch 2 gekennzeichnet.

[0027] Das computerlesbare Speichermedium in Anspruch 2 kann beispielsweise magnetische Speichermedien, wie Magnetplatten (auch Disketten) oder Magnetband, optische Speichermedien, wie eine optische Platte, optisches Band, oder maschinenlesbaren Speicher (RAM), Lesespeicher (ROM) oder eine andere physische Einrichtung oder ein anderes physisches Medium umfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur pixelweisen Beseitigung von Rauschen aus einen Ursprungswert aufweisenden, ein Digitalbild (**10**) erzeugenden Pixeln mit folgenden Schritten:

- a) Erzeugen einer Darstellung von Gradientengrößen (**14**, **16**, **18**, **20**) für jedes Pixel in dem Digitalbild,
- b) Verwenden von Gradientengrößen aus der Darstellung zur Bestimmung eines veränderlich geformten Nachbarschaftsbereichs von Reinigungspixeln durch Vergleichen ihrer zugehörigen Gradientengrößen mit der Gradientengröße eines betreffenden Pixels (**22**), worin die benachbarten, angrenzenden Pixel entlang vorbestimmter Richtungen angeordnet sind, die durch das betreffende Pixel führen;
- c) Verwenden der Intensitäten der Reinigungspixel und der Intensität des betreffenden Pixels zur Änderung der Ursprungsintensität des betreffenden Pixels in dem Digitalbild, so dass dieses rauschbereinigt ist (**24**) und
- d) Wiederholen der Schritte a)–c) für weitere betreffende Pixel.

2. Computerprogrammprodukt mit einem computerlesbaren Speichermedium und einem darauf gespeicherten Computerprogramm zur pixelweisen Beseitigung von Rauschen aus Pixeln eines Digitalbilds, worin das Computerprogramm alle Verfahrensschritte nach Anspruch 1 in der hier festgelegten Folge durchführt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

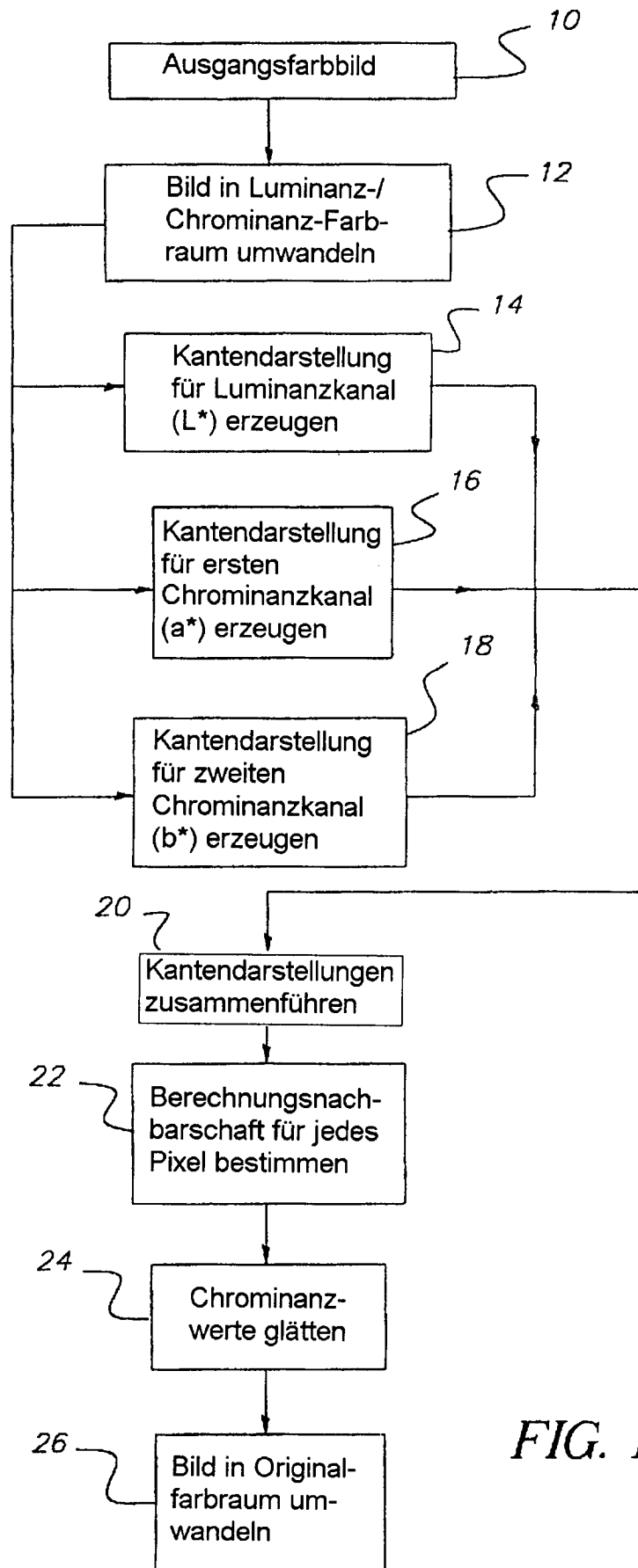


FIG. 1

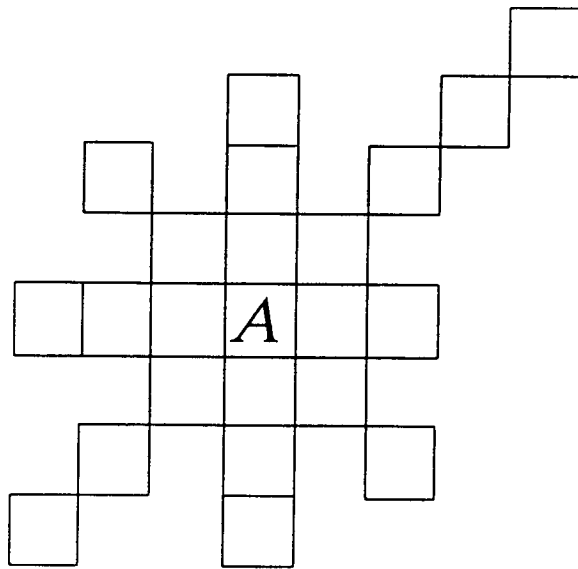


FIG. 2