



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 18 609 T2 2005.07.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 961 226 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 18 609.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 201 554.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 17.05.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 01.12.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 14.07.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28.07.2005

(51) Int Cl.⁷: G06T 7/00
G06T 7/20

(30) Unionspriorität:
87033 29.05.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

(72) Erfinder:
**Hojnacki, Susan M., Rochester, New York
14650-2201, US; Estes, Marvin F., Rochester, New
York 14650-2201, US**

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Automatisches Verfahren zur Erfassung von Änderungen zwischen zwei Bildern**

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 eingelebt, 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 im Allgemeinen den Bereich der Bildverarbeitung und insbesondere ein digitales Bildverarbeitungsverfahren zur Erfassung von Änderungen zwischen zwei Bildern, die möglicherweise nicht genau übereinstimmen.

[0002] Die Änderungserfassung dient dazu, Unterschiede zwischen Bildern desselben Bereichs zu erkennen, die zu verschiedenen Zeiten erfasst wurden. Diesbezügliche Änderungen können Neubauten, Bewegungen künstlicher Objekte und zusätzliche oder veränderte Wege betreffen. Die Grundschritte der Änderungserfassungstechniken nach dem Stand der Technik sind: Bildvorverarbeitung, Bildregistrierung, Änderungsermittlung und Änderungsanzeige. Ein gängiger Ansatz für den Änderungsermittlungsschritt besteht darin, das erste Bild einfach von dem zweiten Bild zu subtrahieren. Die Unterschiede in den Änderungsbereichen sind dabei groß. Der Unterschied in Bereichen mit geringer oder gar keiner Änderung ist klein (oder null). Siehe Remote Sensing and Image Interpretation, von Lillesand, T.M., Kiefer R.W., Seite 621, John Wiley and Sons, 1994. Dieses Verfahren unterliegt dem Nachteil, dass die Bilder vor der Subtraktion genau registriert werden müssen, ansonsten werden Änderungen an Stellen gemeldet, an denen gar keine Änderungen aufgetreten sind. Diese falschen Änderungshinweise treten bisweilen als Umriss um Gegenstände herum auf.

[0003] Es besteht Bedarf nach einer verbesserten Technik für den Schritt zur Änderungsermittlung im Änderungserfassungsprozess.

[0004] Die vorliegende Erfindung wird im Verfahren nach Anspruch 1 und im Computerprogrammprodukt nach Anspruch 9 dargelegt.

[0005] Die vorliegende Erfindung löst das zuvor genannte Problem durch Bereitstellen eines Verfahrens zur Erfassung von Unterschieden zwischen zwei Bildern derselben, zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommenen Szene ohne genaue Bildregistrierung. Das erste und zweite Bild werden registriert, und ein Abstandswert d , der den mittleren Versatz in Pixeln zwischen den beiden Bildern nach Registrierung darstellt, wird ermittelt. Ein Pixel in dem ersten Bild (x_0, y_0) und ein entsprechendes Pixel an derselben Stelle in dem zweiten Bild (x_1, y_1) werden so definiert, dass $x_0 = x_1$ und $y_0 = y_1$. Für jedes Pixel (x_0, y_0) in dem ersten Bild werden alle Pixel in einer Nachbarschaft des zweiten Bildes durchsucht, $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels (x_0, y_0) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_0, y_0) und dem Wert aller Pixel $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$ von dem zweiten Bild berechnet und die kleinste dieser Diffe-

renzen als ersten Pixeldifferenzwert nimmt.

[0006] Für jedes Pixel (x_1, y_1) in dem zweiten Bild werden alle Pixel in dem ersten Bild durchsucht, $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) und dem Wert aller Pixel $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$ von dem ersten Bild berechnet und die kleinste dieser Differenzen als einen zweiten Pixeldifferenzwert nimmt.

[0007] Für jede Pixelstelle wird der größte Wert aus den ersten und zweiten Pixel-Differenzwerten genommen, um ein Differenzbild zu erhalten, das die Änderungen in der Szene darstellt.

[0008] Die vorliegende Erfindung hat gegenüber anderen Änderungserfassungsalgorithmen einige Vorteile.

1. Die beiden betreffenden Bilder brauchen nicht genau registriert zu werden, damit der Änderungserfassungsalgorithmus einwandfrei arbeiten kann.
2. Auch wenn die beiden eingegebenen Bilder genau registriert sind, weisen die meisten natürlichen Gegenstände, wie Bäume, Pflanzen und Felder, von Tag zu Tag durch Windbewegung usw. geringe Positionsänderungen auf. Die vorliegende Erfindung zeigt diese tagesbedingten Änderungen nicht.
3. Die vorliegende Erfindung arbeitet auch bei schlechter Bildqualität einwandfrei.

[0009] Die Erfindung wird im folgenden anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0010] Es zeigen

[0011] [Fig. 1](#) ein schematisches Blockdiagramm eines zur praktischen Verwertung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Systems;

[0012] [Fig. 2](#) ein Ablaufdiagramm zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0013] [Fig. 3](#) ein schematisches Diagramm zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Bildverarbeitungsverfahrens;

[0014] [Fig. 4](#) ein Ablaufdiagramm zur Darstellung einer mit der vorliegenden Erfindung verwendbaren Anzeigetechnik;

[0015] [Fig. 5](#) ein Ablaufdiagramm zur Darstellung einer mit der vorliegenden Erfindung verwendbaren, alternativen Anzeigetechnik; und

[0016] [Fig. 6](#) ein Ablaufdiagramm zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Anwendung auf Multiband-Eingabebilder.

[0017] Die vorliegende Erfindung wird als Implementierung in Form eines programmierten, digitalen Computers beschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass eine Person mit üblichen Kenntnissen in der Technik der digitalen Bildverarbeitung und Softwareprogrammierung in der Lage ist, einen Computer zur praktischen Verwertung der Erfindung nach der folgenden Beschreibung zu programmieren. Die vorliegende Erfindung lässt sich als Computerprodukt ausführen, das sich als maschinenlesbarer Computercode auf einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium befindet, etwa einem magnetischen oder optischen Speichermedium. Alternativ hierzu sei darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung auch in Hardware oder Firmware implementierbar ist.

[0018] [Fig. 1](#) zeigt ein digitales Bildverarbeitungssystem zur praktischen Verwertung der vorliegenden Erfindung. Das System **10** umfasst einen digitalen Bildverarbeitungscomputer **12**, der mit einem Netz **14** verbunden ist. Der digitale Bildverarbeitungscomputer **12** kann beispielsweise eine Sun Sparcstation sein, und das Netz **14** kann beispielsweise ein lokales Netz mit ausreichender Kapazität zur Handhabung großer digitaler Bilder sein. Das System umfasst eine Bilderfassungsvorrichtung **15**, wie eine hochauflösende digitale Luftbildkamera oder eine Luftbildkamera mit konventionellem Film und einem Filmdigitalisierer, um dem Netz **14** digitale Bilder übergeben zu können. Ein digitaler Bildspeicher **16**, etwa ein magnetischer oder optischer Mehrplattenspeicher, der mit dem Netz **14** verbunden ist, dient zur Speicherung der digitalen Bilder, die von dem Computer **12** erfindungsgemäß verarbeitet werden. Das System **10** umfasst zudem ein oder mehrere Anzeigevorrichtungen, wie einen hochauflösenden Farbmonitor **18** oder einen Hardcopy-Ausgabedrucker **20**, etwa einen Thermo- oder Tintenstrahldrucker. An dem System kann zudem eine Bedienereinabeeinrichtung vorgesehen sein, etwa eine Tastatur mit Trackball **21**.

[0019] Im Betrieb werden ein erstes Bild **22** (z.B. ein Luftbild) einer zu einer ersten Zeit aufgenommenen Szene und ein zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommenes zweites Bild **24** dem System übergeben. Die Bilder werden dann verarbeitet, um ein Anzeigebild **26** zu erzeugen, das die Unterschiede zwischen dem ersten und zweiten Bild zeigt. Beispielsweise zeigt das erste Bild **22** eine Sackgasse **28** mit drei Häusern **30**, **32** und **34**. Das zweite Bild **24** zeigt die Sackgasse **28** und die drei Häuser **30**, **32** und **34** sowie ein neues Haus **36** und einen Swimmingpool **38**. Das Anzeigebild **26** zeigt die Unterschiede zwischen dem ersten Bild **22** und dem zweiten Bild **24**, indem

die Bildinhalte, die gleich sind, von denen unterschieden werden, die zwischen den beiden Bildern unterschiedlich sind. In [Fig. 1](#) sind die gleichen und unterschiedlichen Inhalte anhand von Strichlinien bzw. Volllinien exemplarisch gekennzeichnet. In der praktischen Verwertung der Erfindung wird zur Erzeugung des Anzeigebildes die Verwendung verschiedener Farben bevorzugt, wie nachfolgend noch beschrieben wird.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt die Eingabe für den Änderungserfassungsprozess, beispielsweise zwei Bilder **22** und **24**, die dieselbe Bodenfläche zeigen, jedoch zu unterschiedlichen Zeiten oder mit unterschiedlichen Kameras oder in unterschiedlichen Winkeln aufgenommen worden sind. Der erfindungsgemäße Änderungserfassungsprozess umfasst die folgenden Bildverarbeitungsschritte, von denen einige als wahlweise und bildabhängig bezeichnet werden. Eines der beiden Bilder kann zunächst anhand der Tonwerte einem anderen mittels der bekannten Technik der Histogrammspezifikation **40** zugeordnet werden. Dieser wahlweise Schritt lässt sich für Bilder mit verschiedenen Histogrammen durchführen, um das Bild mit dem schwächsten Kontrast dem Bild mit dem stärksten Kontrast zuzuordnen und derartige Effekte, wie Sensor- und/oder Belichtungsunterschiede, zu entfernen. Siehe beispielsweise Digital Image Processing, Gonzalez, R.C., Woods, R.E, Seite 180 Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1993. Alternativ hierzu können eines der Bilder oder beide Bilder einem Histogrammausgleich werden **40**, siehe Digital Image Processing ibid, Seite 173–176.

[0021] Als nächstes können ein oder beide Bilder mit bekannten digitalen Bildverarbeitungstechniken wahlweise verschärft oder entschärft **42** werden, siehe Digital Image Processing ibid, Seite 191 und 195.

[0022] Dann werden die beiden Bilder mithilfe bekannter digitaler Bildverarbeitungstechniken registriert **44**, siehe Digital Image Processing ibid, Seite 296–302. In dem Bildregistrierungsprozess werden mehrere Bindepunkte (z.B. 5 bis 100) erzeugt, die Übereinstimmungspunkte in den beiden Bilder darstellen, und eines der beiden Bilder wird in Bezug zu dem anderen verzerrt, um beide Bilder anhand der Bindepunkte zu registrieren und die Verzerrungskoeffizienten zu ermitteln. Nach dem Verzerren kann zwischen den beiden Bilder weiterhin eine gewisse Fehlregistrierung bestehen. Ein Abstandswert **d** wird bestimmt, der die verbleibende Fehlausrichtung bezeichnet. Um **d** zu bestimmen, werden die Längen der Vektoren zwischen den Bindepunkten des zu verzerrenden Bildes vor der Registrierung und die entsprechenden Bindepunkte in dem verzerrten Bild nach Registrierung berechnet. Der Wert **d** ist die mittlere Länge dieser Vektoren.

[0023] Als nächstes wird die Änderung zwischen

dem ersten und zweiten Bild ermittelt **46**, indem festgelegt wird, dass (x_0, y_0) ein Pixel in dem ersten Bild und (x_1, y_1) ein Pixel an derselben Stelle in dem zweiten Bild ist ($x_0 = x_1$ und $y_0 = y_1$).

a) Für jedes Pixel (x_0, y_0) in dem ersten Bild Durchsuchen aller Pixel in dem zweiten Bild, $(x_1 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, das dem Wert von Pixel (x_0, y_0) am nächsten liegt. [Fig. 3](#) zeigt ein Pixel (x_0, y_0) in dem ersten Bild **22**, und ein Pixel (x_1, y_1) in dem zweiten Bild **24** mittig angeordnet in einer Nachbarschaft **48** von Pixeln der Größe $2d + 1$ mal $2d + 1$. Das Pixel, dessen Wert am nächsten liegt, wird aufgefunden, indem der Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_0, y_0) aus dem ersten Bild und dem Wert jedes der Pixel $(x_1 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$ aus dem zweiten Bild heranzieht. Der Minimalwert dieser Differenzen wird als erster Differenzpixelwert herangezogen.

b) Für jedes Pixel (x_1, y_1) im zweiten Bild Durchsuchen aller Pixel in dem ersten Bild, $(x_0 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, das dem Wert von Pixel (x_1, y_1) am nächsten liegt. Hierzu wird der Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) aus dem zweiten Bild und dem Wert jedes der Pixel $(x_0 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$ aus dem ersten Bild herangezogen. Der Minimalwert dieser Differenzen wird als zweiter Differenzpixelwert herangezogen.

c) Auswählen des in Schritt **4a** ermittelten Minimalwerts und des in Schritt **4b** ermittelten Werts, um den Pixeldifferenzwert zu erhalten.

[0024] Jeder Pixeldifferenzwert kann wahlweise einer Schwellenwertoperation **50** unterzogen werden, um die Menge und Dichte der erfassten Änderungen zu reduzieren. Der gewählte Schwellenwert basiert auf dem Kontrast der Originalbilder. Eine grafische Benutzeroberfläche, wie der Schieber **52** (siehe [Fig. 1](#)) kann am Display vorgesehen sein, damit der Bediener den Schwellenwert für jedes Bildpaar interaktiv wählen kann, während er das resultierende Bild am Display **18** beobachtet. Nach einer weiteren Verfeinerung der vorliegenden Erfindung wird das Anzeigebild erzeugt und als Dienstleistung verkauft, wobei die grafische Benutzeroberfläche zur Einstellung des Schwellenwerts als Softwareprogramm mit dem Anzeigebild bereitgestellt wird, so dass der Kunde der Dienstleistung den Schwellenwert nach Erhalt des Anzeigebildes interaktiv einstellen kann.

[0025] Um das Bild mit den bezeichneten Unterschieden anzuzeigen **54**, wird ein Dreiband-Farbbild (z.B. rot, grün, blau) erzeugt. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, werden Graustufenpixelwerte aus dem jüngsten Bild in jedes der drei Bänder kopiert **56**. An jeder Pixelstelle, an der eine Änderung erfasst worden ist, wird der Schwellenwertoperation unterzogene Pixeldifferenzwert in das erste Band (z.B. das rote Band)

gestellt **58**. An jeder Pixelstelle, an der eine Änderung erfasst worden ist, wird der Wert null in das dritte Band (z.B. das blaue Band) gestellt **60**. Das resultierende Bild **62** zeigt die Änderungen in rot, gelb und grün. Die Merkmale, die in dem älteren Bild dunkel und in dem jüngeren Bild hell sind, erscheinen in dem resultierenden Farbbild gelb oder grün, wobei kleine Kontraständerungen in unterschiedlicher Grünintensität dargestellt werden (je kleiner die Kontraständerung, je dunkler das Grün). Die Merkmale, die in dem älteren Bild hell und in dem jüngeren Bild dunkel sind, erscheinen in dem resultierenden Bild als unterschiedliche Rotintensität (je kleiner die Kontraständerung, je dunkler das Rot).

[0026] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, besteht eine alternative Möglichkeit zur Darstellung der Bilddifferenzen darin, die Änderungen als Intensitätsunterschiede einer einzelnen Farbe darzustellen. Änderungen, die die größte Pixelintensitätsdifferenz zwischen den beiden eingegebenen Bildern darstellen, sind in dem resultierenden Bild am hellsten. Um ein Bild zu erhalten, in dem Änderungen als Intensitätsunterschiede von Rot dargestellt werden, werden die Graustufenpixelwerte aus dem jüngsten Bild in jedes der drei Bänder (rot, grün und blau) kopiert **64**. Die einer Schwellenwertoperation unterzogenen Pixeldifferenzwerte werden dann in das rote Band gestellt **66**. An jeder Pixelstelle, an der eine Änderung erfasst worden ist, wird der Wert null in das blaue Band und in das grüne Band gestellt **68**. Das resultierende Bild wird angezeigt **70** und weist die Änderungen als Unterschiede im roten Band auf.

[0027] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, ist die vorliegende Erfindung verwendbar, um Änderungen in zwei Multibandbildern (Farb- oder Falschfarbenbilder) **72** und **74** wie folgt zu erfassen. Die Bänder können rot, grün und blau oder jede andere Kombination sein, beispielsweise infrarot und blau. Die entsprechenden Bänder aus den beiden Multibandbildern **72** und **74** werden wie zuvor beschrieben vorverarbeitet und registriert **76**. Entsprechende Bänder **1** bis **N** aus dem ersten Bild **72** und aus dem zweiten Bild **74** werden dann in einem Änderungsbestimmungsschritt **78** verarbeitet, der ähnlich dem zuvor beschriebenen Änderungsbestimmungsschritt ist. Die resultierenden Differenzbilder **80(1), 80(2) ... 80(N)** aus jedem der **N** Bänder werden summiert **82**, um ein Aggregatdifferenzbild **84** zu erhalten. Als nächstes wird jeder Pixelwert in dem Aggregatdifferenzbild **84** durch **N** (**86**) geteilt, um ein Differenzbild **88** zu erhalten.

[0028] Das Differenzbild **88** wird dann in gleicher Weise wie das zuvor beschriebene Differenzbild. Es wird wahlweise einer Schwellenwertoperation unterzogen **90** und angezeigt **92**, indem das jüngste Multibandbild zunächst in ein Graustufenbild umgewandelt und dann, wie in [Fig. 4](#) oder [Fig. 5](#) gezeigt, verarbeitet wird.

[0029] Obwohl die Erfindung mit besonderem Bezug auf bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, sondern kann innerhalb ihres Geltungsbereichs Änderungen und Abwandlungen unterzogen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung von Änderungen in einer Szene durch Erfassung der Unterschiede zwischen dem ersten und zweiten Bild einer zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommenen Szene, das folgendes umfasst:

- a) Registrieren des ersten und zweiten Bildes und Ermitteln eines Abstandswerts d , der die mittleren Versatz in Pixeln zwischen den beiden Bildern nach Registrierung darstellt;
- b) Definieren von (x_0, y_0) als ein Pixel in dem ersten Bild und von (x_1, y_1) als ein Pixel an derselben Stelle in dem zweiten Bild ($x_0 = x_1$ und $y_0 = y_1$),
- i) für jedes Pixel (x_0, y_0) in dem ersten Bild Durchsuchen aller Pixel in einer Nachbarschaft des zweiten Bildes, $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels (x_0, y_0) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_0, y_0) und dem Wert aller Pixel $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$ von dem zweiten Bild berechnet und die kleinste dieser Differenzen als ersten Pixel-differenzwert nimmt,
- ii) für jedes Pixel (x_1, y_1) in dem zweiten Bild Durchsuchen aller Pixel in dem ersten Bild, $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) und dem Wert aller Pixel $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$ von dem ersten Bild berechnet und die kleinste dieser Differenzen als einen zweiten Pixeldifferenzwert nimmt,
- iii) für jede Pixelstelle Auswählen des größten Wertes aus den in Schritt i) und ii) ermittelten ersten und zweiten Pixel-Differenzwerten, um ein Differenzbild zu erhalten, das die Änderungen in der Szene darstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das zudem folgenden Schritt umfasst:

- a) Durchführen einer Histogrammspezifikation oder eines Ausgleichs der beiden Bilder vor deren Registrierung.

3. Verfahren nach Anspruch 1, das zudem folgenden Schritt umfasst:

- a) Schärfen oder Entschärfen eines der Bilder oder beider Bilder vor Registrierung der beiden Bilder.

4. Verfahren nach Anspruch 1, das zudem folgenden Schritt umfasst:

- a) Auswählen eines auf dem Kontrast und Inhalt der Originalbilder basierenden Schwellenwerts; und

b) Unterziehen jedes Pixel-Differenzwerts einer Schwellenwertfunktion, um schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwerte in dem Differenzbild zu erzeugen, womit sich die Menge und Dichte der erfassten Änderungen reduzieren lässt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, das zudem folgenden Schritt umfasst:

- a) Erzeugen eines Dreiband-Farbbildes durch Kopieren von Pixel-Grauwerten aus dem jüngeren Bild in jedes der drei Bänder;
- b) Platzieren der schwellenwertmodifizierten Pixel-Differenzwerte in einem ersten Band an jeder Pixelstelle, wo der schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwert nicht null ist; und
- c) Platzieren eines Nullwerts in einem zweiten Band an jeder Pixelstelle, wo der schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwert nicht null ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, worin die drei Farbbänder rot, grün und blau sind, das erste Band ist rot, das zweite Band blau, wobei das resultierende Bild die Veränderungen in rot, gelb und grün zeigt, die Merkmale, die in dem älteren Bild dunkel und in dem jüngeren Bild hell sind, erscheinen in dem resultierenden Farbbild gelb oder grün, wobei kleinere Kontraständerungen als unterschiedliche Grünintensität erscheinen (je kleiner die Kontraständerung ist, je dunkler ist das Grün), und wobei die Merkmale, die in dem älteren Bild hell und in dem jüngeren Bild dunkel sind, in dem resultierenden Farbbild als unterschiedliche Rotintensität erscheinen (je kleiner die Kontraständerung ist, je dunkler ist das Rot).

7. Verfahren nach Anspruch 4, das zudem folgenden Schritt umfasst:

- a) Erzeugen eines Dreiband-Farbbildes durch Kopieren von Pixel-Grauwerten aus dem ersten Bild in jedes der drei Bänder;
- b) Platzieren der schwellenwertmodifizierten Pixel-Differenzwerte in einem ersten Band an jeder Pixelstelle, wo der schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwert nicht null ist; und
- c) Platzieren eines Nullwerts in einem zweiten und dritten Band an jeder Pixelstelle, wo der schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwert nicht null ist, wodurch Änderungen, die die größte Differenz in der Pixelintensität zwischen den beiden Eingabebildern darstellen, in dem resultierenden Bild am hellsten sind.

8. Verfahren nach Anspruch 7, worin die drei Bänder rot, grün und blau sind, und wobei das erste Band rot ist, wodurch ein Bild entsteht, in dem Änderungen als Variationen der Rotintensität erscheinen.

9. Ein Computerprogrammprodukt, das folgendes umfasst: ein computerlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm zum Erfassen von Änderungen an einer Szene durch

Erfassen der Differenzen zwischen einem zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommenen ersten und zweiten Bild der Szene durch Durchführung folgender Schritte:

- a) Registrieren des ersten und zweiten Bildes und Ermitteln eines Abstandswerts d , der den mittleren Versatz in Pixeln zwischen den beiden Bildern nach Registrierung darstellt;
- b) Definieren von (x_0, y_0) als ein Pixel in dem ersten Bild und von (x_1, y_1) als ein Pixel an derselben Stelle in dem zweiten Bild ($x_0 = x_1$ und $y_0 = y_1$),
- i) für jedes Pixel (x_0, y_0) in dem ersten Bild Durchsuchen aller Pixel in einer Nachbarschaft des zweiten Bildes, $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels (x_0, y_0) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_0, y_0) von dem ersten Bild und dem Wert aller Pixel $(x_1 + \Delta x, y_1 + \Delta y)$ von dem zweiten Bild berechnet und die kleinste dieser Differenzen als ersten Pixeldifferenzwert nimmt,
- ii) für jedes Pixel (x_1, y_1) in dem zweiten Bild Durchsuchen aller Pixel in dem ersten Bild, $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$, wobei $\Delta x = 0, \pm 1, \dots, \pm d$ und $\Delta y = 0, \pm 1, \dots, \pm d$, um das Pixel zu finden, dessen Wert dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) am nächsten liegt, indem man den Absolut der Differenz zwischen dem Wert des Pixels an (x_1, y_1) von dem zweiten Bild und dem Wert aller Pixel $(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y)$ von dem ersten Bild berechnet und die kleinste dieser Differenzen als zweiten Pixeldifferenzwert nimmt,
- iii) für jede Pixelstelle Auswählen des größten Wertes aus den in Schritt i) und ii) ermittelten ersten und zweiten Pixel-Differenzwerten, um ein Differenzbild zu erhalten, das die Änderungen in der Szene darstellt.

10. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 9 mit zudem einer grafischen Benutzeroberfläche zum:

- a) Auswählen eines Schwellenwerts; und
- b) Unterziehen jedes Pixel-Differenzwerts einer Schwellenwertfunktion, um schwellenwertmodifizierte Pixel-Differenzwerte zu erzeugen, wodurch sich die Menge und Dichte der angezeigten Änderungen reduzieren lässt.

11. Verfahren nach Anspruch 1, das zudem folgende Schritte umfasst:

- a) Erzeugen eines Dreiband-Farbbildes durch Kopieren von Pixel-Grauwerten aus dem jüngeren Bild in jedes der drei Bänder;
- b) Platzieren der Pixelwerte eines Differenzbildes, das die Differenz zwischen einem ersten und zweiten Bild in einem ersten Band an jeder Pixelstelle darstellt, wo der Pixel-Differenzwert nicht null ist; und
- c) Platzieren eines Nullwerts in einem zweiten Band an jeder Pixelstelle, wo der Pixel-Differenzwert nicht null ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin die drei

Farbbänder rot, grün und blau sind, das erste Band ist rot, das zweite Band blau, wobei das resultierende Bild die Veränderungen in rot, gelb und grün zeigt, die Merkmale, die in dem älteren Bild dunkel und in dem jüngeren Bild hell sind, erscheinen in dem resultierenden Farbbild gelb oder grün, wobei kleinere Kontraständerungen als unterschiedliche Grünintensität erscheinen (je kleiner die Kontraständerung ist, je dunkler ist das Grün), und wobei die Merkmale, die in dem älteren Bild hell und in dem jüngeren Bild dunkel sind, in dem resultierenden Farbbild als unterschiedliche Rotintensität erscheinen (je kleiner die Kontraständerung ist, je dunkler ist das Rot).

13. Verfahren nach 11, worin Änderungen, die die größte Differenz in der Pixelintensität zwischen den beiden Eingabebildern darstellen, in dem resultierenden Bild am hellsten sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, worin die drei Bänder rot, grün und blau sind, und wobei das erste Band rot ist, wodurch ein Bild entsteht, in dem Änderungen als Variationen der Intensität der Farbe rot erscheinen.

15. Verfahren nach Anspruch 1, worin das erste und zweite Bild mehrbandige Bilder sind und worin Schritt b) in entsprechenden Bändern in den mehrbandigen Bildern durchgeführt wird, um ein Differenzbild für jedes Band der mehrbandigen Bilder zu erzeugen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, das zudem den Schritt der Summenbildung der Differenzbilder aus jedem Band und das Teilen durch die Zahl der Bänder umfasst, um ein abschließendes Differenzbild zu erzeugen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

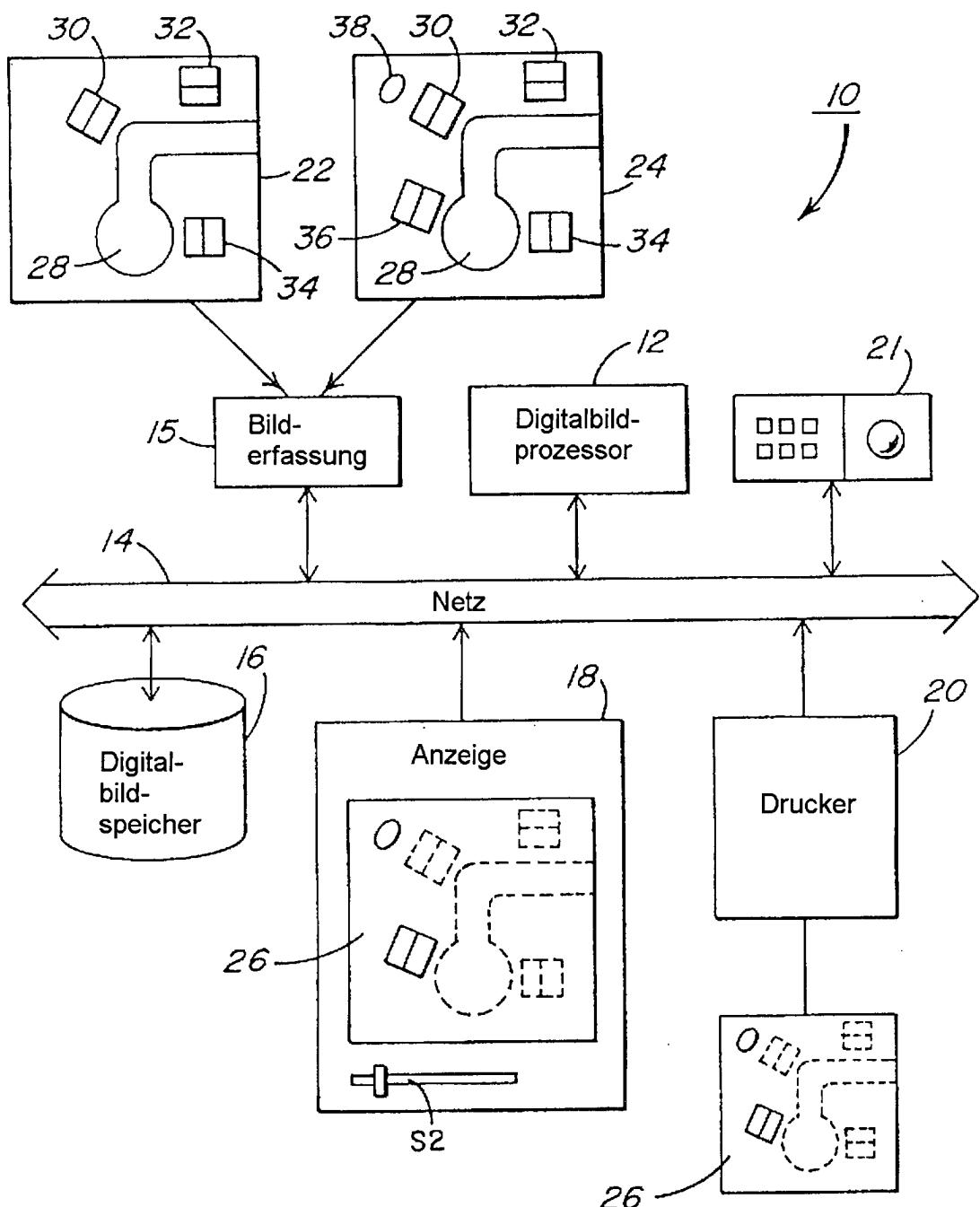


FIG. 1

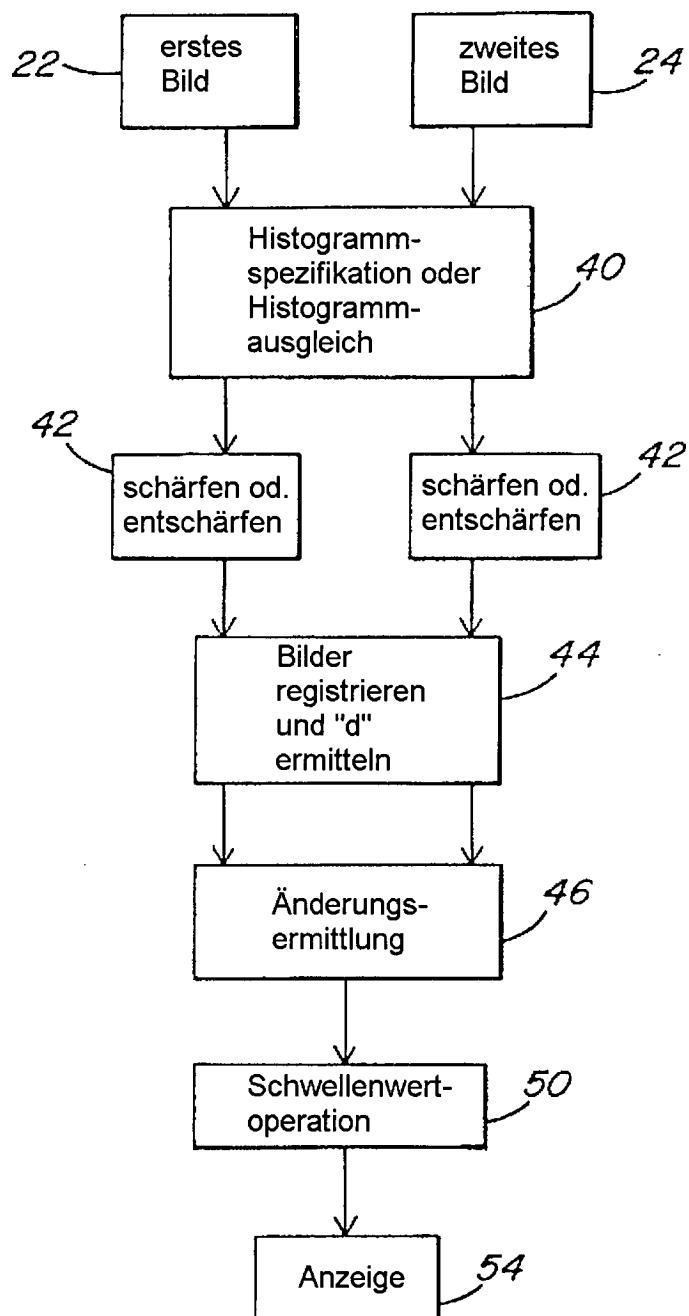


FIG. 2

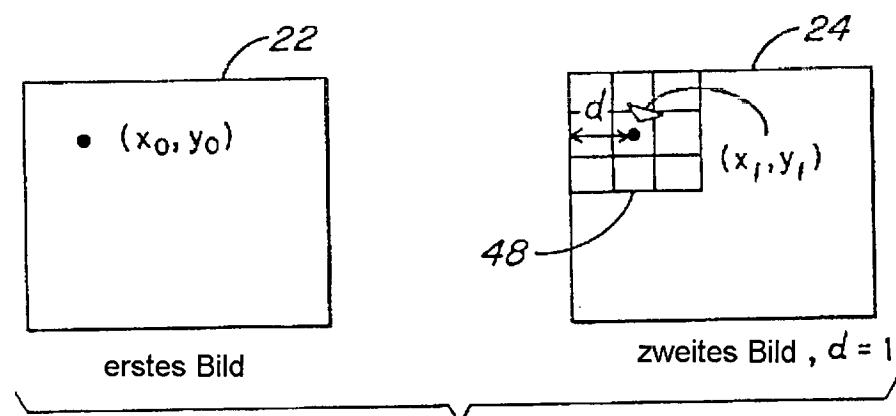


FIG. 3

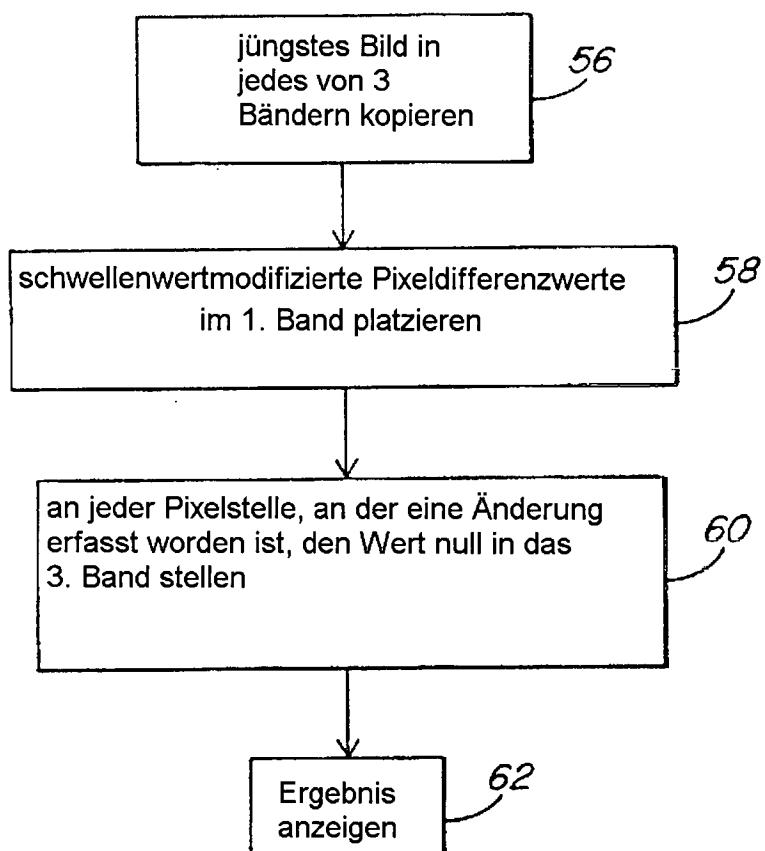


FIG. 4

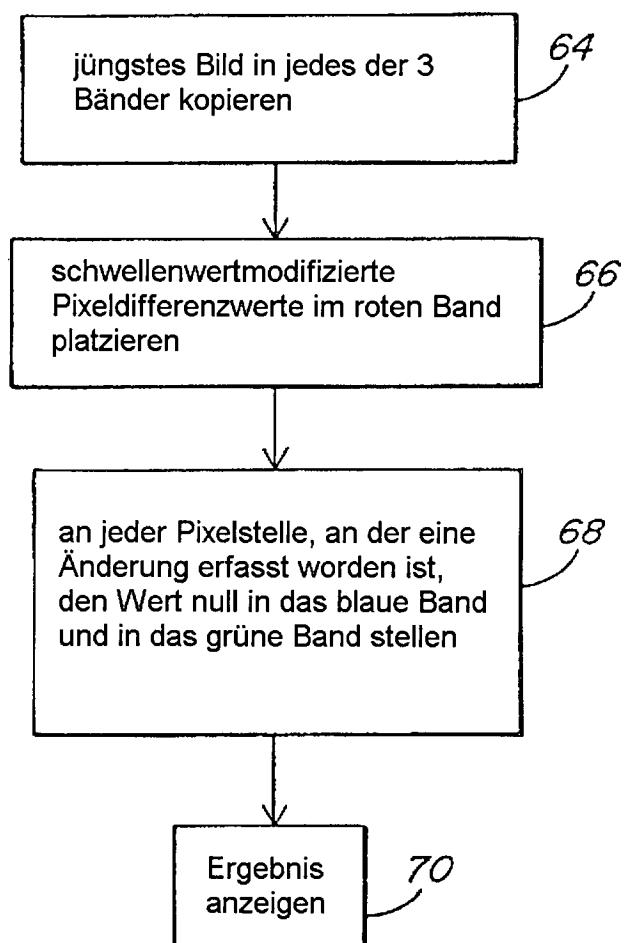


FIG. 5

FIG. 6

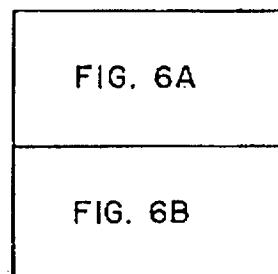
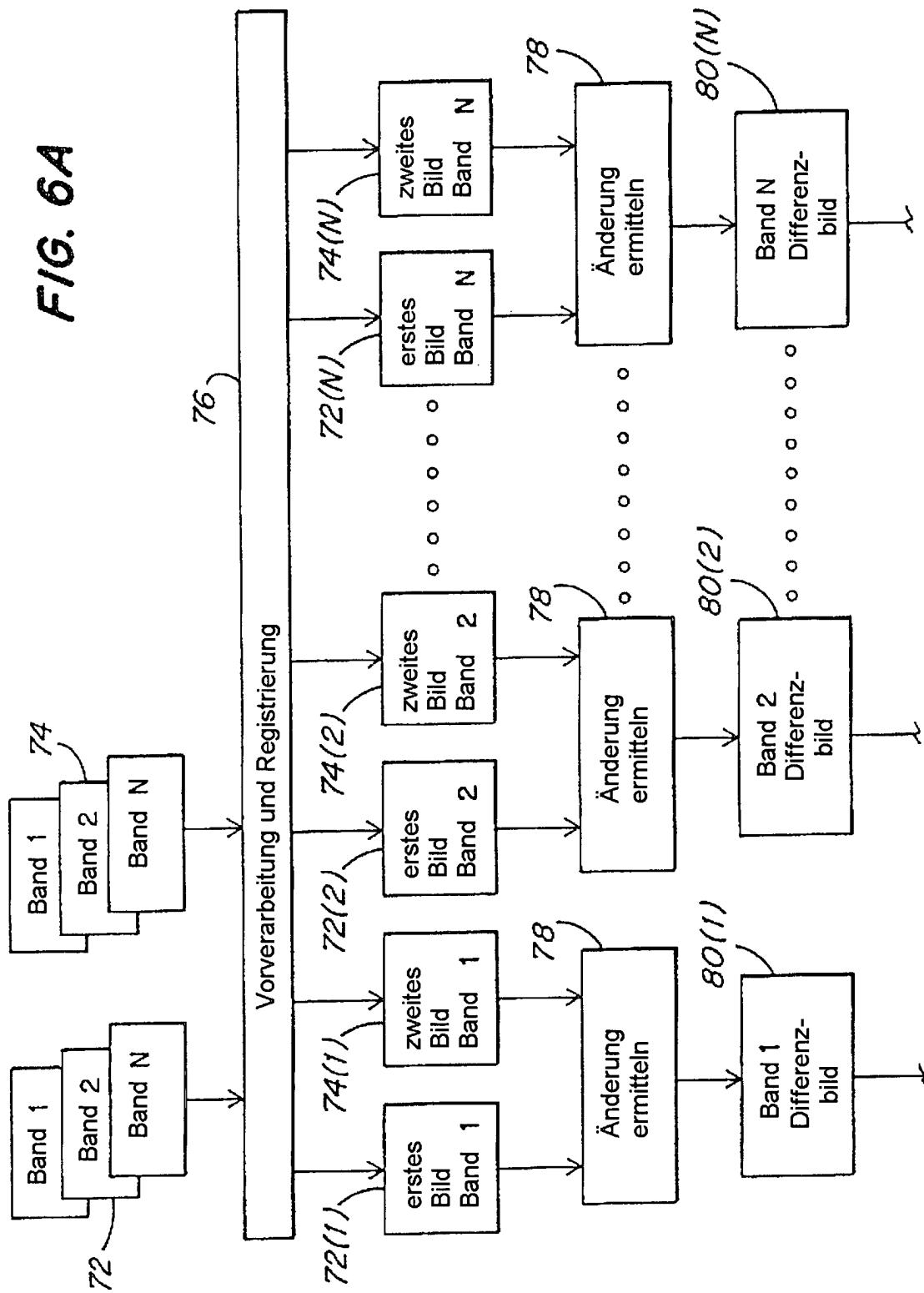


FIG. 6A



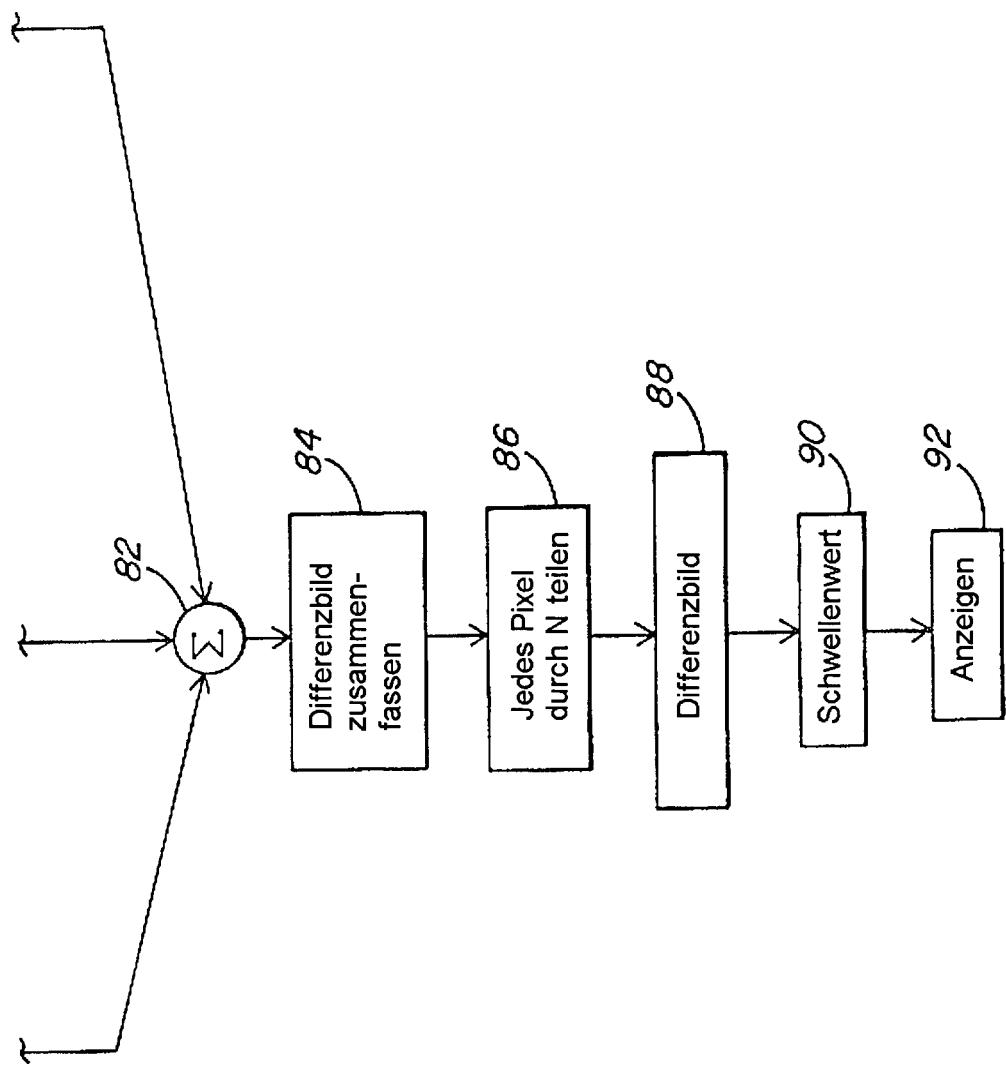


FIG. 6B