



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 27 016 T2 2008.02.14

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 139 284 B1

(51) Int Cl.⁸: G06T 5/00 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 27 016.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 302 448.4

(96) Europäischer Anmeldetag: 16.03.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 04.10.2001

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 07.03.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14.02.2008

(30) Unionspriorität:
540162 31.03.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
**Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston,
Tex., US**

(72) Erfinder:
**Moroney, Nathan, Mountain View, CA 94040, US;
Sobel, Irwin, Menlo Park, CA 94025, US**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Gerät zur Durchführung einer lokalen Farbkorrektur**

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 bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Durchführen einer lokalen Farbkorrektur.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Eine Farbtonreproduktion ist ein wichtiger Aspekt der Bildverarbeitung. Traditionell wurde eine Tonkorrektur bisher für ein gegebenes Bild global durchgeführt. Globale Tonkorrekturoperationen wenden traditionell dieselbe Korrektur auf alle Pixel eines Bildes an. Mit anderen Worten sind sie eindimensionale Operationen, die jeden Eingangswert auf einen und nur einen Ausgangswert abbilden.

[0003] Eine globale Tonkorrektur führt zu einer angemessenen Korrektur, wenn der Dynamikbereich des ursprünglichen Bildes ziemlich begrenzt ist. Wenn das ursprüngliche Bild einen großen Dynamikbereich aufweist, wird es immer schwieriger, eine globale Tonkorrektur durchzuführen, die Einzelheiten sowohl bezüglich Schatten als auch bezüglich Spitzlichtern berücksichtigt.

[0004] Folglich wurden zum Verarbeiten von Bildern mit einem großen Dynamikbereich bereits mehrere lokale Tonkorrekturoperationen vorgeschlagen. Eine lokale Tonkorrekturoperation bildet üblicherweise einen Eingangswert auf verschiedene Ausgangswerte ab, je nach den Werten der benachbarten Pixel. Dies ermöglicht gleichzeitige Schatten- und Spitzlichtanpassungen.

[0005] Lokaltonkorrekturtechniken des Standes der Technik umfassen manuelle Vorgänge, z.B. Abwedeln und Brennen, sowie automatisierte Techniken, z.B. Histogrammentzerrung, stückweise Gamma-Korrektur sowie Retinex-Algorithmen. Diese Techniken sind ziemlich vielversprechend. Jedoch sind manche dieser Techniken ziemlich komplex und zeitaufwändig. Andere liefern keine einheitlich akzeptable Qualität. Deshalb besteht in der Technik ein Erfordernis einer Lokaltonkorrekturtechnik, die einfach und schnell ist und die qualitativ hochwertige Bilder erzeugt.

[0006] Die US 5,793,885 offenbart ein System zum räumlichen Filtern digitaler Farbbilder, um die Bilder schärfer zu machen. Pixel eines RGB-Bildes werden räumlich gefiltert, indem ein Hochpassfilter an das Bild angelegt wird. Aus dem Eingangsbild werden Signale extrahiert, die für die Luminanz repräsentativ sind. Dann werden die extrahierten Luminanzsignale gefiltert. Anschließend werden Quotientensignale entwickelt, die das Verhältnis zwischen jedem gefilterten Luminanzsignal und dem entsprechenden ursprünglichen Luminanzsignal darstellen. Quotientensignale werden mit den entsprechenden Pixeln jeder Ebene des ursprünglichen Bildes multipliziert, um ein Ausgangsbild zu liefern.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die Erfindung ist auf ein Verfahren zum Durchführen einer lokalen Farbkorrektur gerichtet, wie es in den Ansprüchen angeführt ist. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein aus zwei Teilen bestehender Prozess. Der erste Teil gewinnt eine Bildmaske aus einem Eingangsbild. Bei manchen Ausführungsbeispielen ist die Maske eine invertierte, tiefpassgefilterte, monochrome Version des Eingangsbildes. Der zweite Teil kombiniert die gewonnene Maske mit dem Eingangsbild durch eine nicht-lineare Operation. Bei manchen Ausführungsbeispielen ist die Kombinationsoperation eine variable exponentielle Funktion, die die Maskenwerte als Teil ihres Exponenten und die Pixelwerte als Teil ihrer Basis aufweist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] In den angehängten Patentansprüchen sind die neuartigen Merkmale der Erfindung dargelegt. Zu Veranschaulichungszwecken sind jedoch mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung in den folgenden Figuren dargelegt.

[0009] [Fig. 1](#) veranschaulicht einen Lokalfarbkorrekturprozess, der bei manchen Ausführungsbeispielen der Erfindung verwendet wird.

[0010] [Fig. 2](#) veranschaulicht einen Prozess zum Erzeugen einer Tonmaske durch eine Tiefpassfilteroperation.

[0011] [Fig. 3](#) veranschaulicht einen Prozess zum Kombinieren von Pixelwerten mit ihren entsprechenden

Maskenwerten aus der Tonmaske durch eine nicht-lineare, exponentielle Operation.

[0012] [Fig. 4](#) veranschaulicht mehrere Kurven, die zeigen, wie Pixelfarbwerte in Abhängigkeit von den jeweiligen Maskenwerten auf Ausgangsfarbwerte gebildet werden.

[0013] [Fig. 5](#) präsentiert eine konzeptionelle Veranschaulichung einer zweidimensionalen Nachschlagetafel, die modifizierte Pixelfarbwerte speichert.

[0014] [Fig. 6](#) veranschaulicht mehrere Stellen in einem Computer und einer Bildaufnahmeverrichtung zum Integrieren der Erfindung.

[0015] [Fig. 7](#) veranschaulicht ein Computersystem, das zum Implementieren mancher Ausführungsbeispiele der Erfindung verwendet wird.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die Erfindung ist auf Verfahren zum Durchführen einer lokalen Farbkorrektur gerichtet. In der folgenden Beschreibung werden zu Erläuterungszwecken zahlreiche Einzelheiten dargelegt. Jedoch werden Fachleute erkennen, dass die Erfindung ohne die Verwendung dieser spezifischen Einzelheiten praktiziert werden kann. In anderen Fällen sind hinreichend bekannte Strukturen und Vorrichtungen in Form eines Blockdiagramms gezeigt, um die Beschreibung der Erfindung nicht mit unnötigen Einzelheiten zu verschleiern.

[0017] [Fig. 1](#) veranschaulicht einen Prozess **100**, der bei manchen Ausführungsbeispielen der Erfindung verwendet wird. Wie in dieser Figur gezeigt ist, empfängt (bei **105**) der Prozess **100** anfänglich ein digitales Farbbild, das durch eine Anzahl von Pixeln (d.h. Bildelementen) gebildet wird. Im Einzelnen empfängt der Prozess bei manchen Ausführungsbeispielen Sätze von Komponentenfarbwerten, die das digitale Farbbild darstellen. Jeder Satz der Komponentenfarbwerte spezifiziert die Farbe eines Pixels des digitalen Bildes. Bei manchen Ausführungsbeispielen der Erfindung sind die Komponentenfarben die additiven Primärfarben Rot, Grün oder Blau („RGB“). Jedoch verwenden andere Ausführungsbeispiele andere Komponentenfarbwerte (z.B. CMYK-Werte, YCrCb-Werte, CIELAB-, CIECAM97s-Werte usw.), um die Farben der Pixel des digitalen Bildes zu spezifizieren.

[0018] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, erzeugt (bei **110**) der Prozess eine Tonmaske aus dem empfangenen digitalen Bild. Eine Tonmaske ist ein Bild, das die Toneigenschaften des empfangenen digitalen Bildes in abgekürzter Form codiert. Mit anderen Worten enthält die Maske Informationen über den Farnton der Posten in dem empfangenen Bild, unabhängig von dem Inhalt oder der Identität der Posten. Die numerischen Werte in der Tonmaske weisen auf Schatten, Spitzlichter und Mitteltöne in dem empfangenen digitalen Bild hin.

[0019] Wie auch das empfangene digitale Bild umfasst das Tonmaskenbild eine Anzahl von Pixeln. Die Farbe jedes Pixels in der Tonmaske wird durch einen Maskenfarbwert spezifiziert. Jedes Pixel in dem Tonmaskenbild entspricht einem Pixel in dem digitalen Bild. Desgleichen ist der Maskenfarbwert jedes Pixels in der Tonmaske den Komponentenfarbwerten des entsprechenden Pixels in dem digitalen Bild zugeordnet.

[0020] Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung verwenden verschiedene Techniken, um die Tonmaske des empfangenen digitalen Bildes zu erzeugen. Manche Ausführungsbeispiele erzeugen diese Maske, indem sie eine iterative Operation an dem empfangenen Bild durchführen. Beispielsweise erzeugen manche Ausführungsbeispiele die Maske, indem sie einen iterativen Prozess (z.B. einen Retinex-Prozess) verwenden, der Annahmen bezüglich des visuellen Systems des Menschen macht. Andere Ausführungsbeispiele erzeugen diese Maske, indem sie eine nicht-iterative Operation an dem empfangenen Bild durchführen. Beispielsweise führen manche Ausführungsbeispiele eine Tiefpassfilteroperation an dem empfangenen Bild durch, um diese Maske zu erzeugen. Ein derartiger Lösungsansatz wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) beschrieben.

[0021] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, verwendet (bei **115**) der Prozess **100**, nachdem er das Tonmaskenbild erzeugt, die Werte in der Tonmaske, um die Pixelfarbwerte in dem empfangenen Bild durch eine nicht-lineare Operation zu modifizieren. Die nicht-lineare Kombination der Maskenwerte mit den Pixelfarbwerten steht im Gegensatz zu bisherigen Techniken, die die Pixel- und Maskenwerte durch eine lineare Additions- oder Subtraktionsoperation kombinieren. Die nicht-lineare Anwendung der Maske liefert einen allmählichen Übergang für die einen hohen Kontrast aufweisenden Grenzen in dem empfangenen Bild.

[0022] Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung verwenden verschiedene nicht-lineare Operationen, um die Pixelfarbwerte mit den Maskenwerten zu modifizieren. Manche Ausführungsbeispiele verwenden gedrehte, skalierte Sinusfunktionen, während Andere S-förmige Funktionen verwenden. Wieder andere Ausführungsbeispiele verwenden exponentielle Funktionen, die die Maskenwerte als Teil ihres Exponenten und die Pixelwerte als Teil ihrer Basis aufweisen. Ein derartiger exponentieller Operator wird weiter unten unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) beschrieben.

[0023] [Fig. 2](#) veranschaulicht einen Prozess **200** zum Erzeugen einer Tonmaske durch eine Tiefpassfilteroperation. Wie in dieser Figur gezeigt ist, wandelt (bei **205**) der Prozess das empfangene Farbbild anfänglich in ein monochromes Bild um (d.h. ein Bild, das lediglich schwarze und weiße Pixelwerte enthält oder Schwarz-, Weiß- und Grau-Werte enthält). Eine Art und Weise, ein monochromes Bild zu erzeugen, bestünde darin, die Farbwerte für eine Farbkomponente (z.B. für Grün) zu verwenden und die übrigen Farbwerte zu verwerfen. Ein weiterer Lösungsansatz bestünde darin, einen nichtlinearen Durchschnitt der Komponentenfarbwerte zu berechnen, indem eine Skalierungsgleichung verwendet wird (z.B. $0,2R + 0,7G + 0,1B$).

[0024] Als Nächstes invertiert (bei **210**) der Prozess das monochrome Bild. Mit anderen Worten subtrahiert der Prozess jeden Pixelwert von dem maximalen digitalen Zählerwert, so dass Weiß-Werte zu Schwarz-Werten werden, Schwarz-Werte zu Weiß-Werten werden, die meisten Grau-Werte neue Grau-Werte annehmen und der Mittelgrau-Wert gleich bleibt. Dann dezimiert (bei **215**) der Prozess das invertierte monochrome Bild. Manche Ausführungsbeispiele dezimieren dieses Bild, indem sie jedes n.te (z.B. 20.te) horizontale und vertikale Pixel in diesem Bild auswählen (d.h. den Pixelfarbwert für jedes n.te Pixel in der horizontalen und vertikalen Richtung auswählen) und die übrigen Pixel verwerfen.

[0025] Dann führt der Prozess (bei **220**) an jedem Pixel in dem dezimierten, invertierten monochromen Bild eine Glättungsoperation durch. Bei manchem Ausführungsbeispiel ist diese Glättungsoperation eine 3×3 -Faltungsoperation mit einem 1/9-Kern. Im Wesentlichen würde eine derartige Faltungsoperation jeden Pixelwert durch den durchschnittlichen Wert ersetzen, der erhalten wird, indem eine 3×3 -Pixel-Nachbarschaft um das Pixel herum gemittelt wird.

[0026] Schließlich skaliert (bei **225**) der Prozess das geglättete, dezimierte, invertierte, monochrome Bild wieder zurück zu der Auflösung des ursprünglichen empfangenen Bildes. Bei manchen Ausführungsbeispielen führt der Prozess diese Skalierungsoperation durch, indem er jeden Pixelwert in dem geglätteten, dezimierten, invertierten Bild als den Pixelwert für einen n mal n (z.B. 20 mal 20) umfassenden Pixelbereich auswählt. Die Kombination der Dezimierungs-, Glättungs- und Skalierungsoperationen liefert die Tiefpassfilteroperation des Prozesses **200**. Das Ergebnis ist eine Tonmaske, in der keine feinen Einzelheiten und nur große, undeutliche Regionen sichtbar sind.

[0027] Die durch den Prozess **200** erzeugte Maske ist monochrom, um ein Verzerren der Farbenreinheit des Bildes zu vermeiden. Diese Maske wird invertiert, so dass die Potenz des Exponenten für die Kombinationsoperation das Gegenteil des Eingangswertes ist. Beispielsweise weist eine helle Region in dem empfangenen Bild einen dunkleren Maskenwert (d.h. einen höheren Maskenwert) auf und wird somit verdunkelt. Andere Verwirklichungen, die hier lediglich als Beispiele erwähnt werden, die für das Verständnis der Erfindung nützlich sind, invertieren das ursprüngliche Bild nicht, um die Tonmaske zu erzeugen. Stattdessen erklären diese Beispiele das Erfordernis einer Inversion in dem nicht-linearen Operator, die verwendet wird, um die Maske mit dem empfangenen Bild zu kombinieren.

[0028] Außerdem wird die Maske dezimiert und anschließend geglättet, um den Prozess zum Erzeugen der Maske zu beschleunigen. Manche Ausführungsbeispiele der Erfindung dezimieren jedoch nicht das invertierte monochrome Bild, um ein daumennagelgroßes Bild zu erzeugen, das rasch geglättet werden kann. Stattdessen führen diese Ausführungsbeispiele die Glättungsoperation direkt an dem invertierten monochromen Bild durch.

[0029] Die anhand des Prozesses **200** erzeugte Maske wird tiefpassgefiltert (d.h. verschwommen gemacht), da die Maske andernfalls den Kontrast in dem Bild abflachen würde. Mit anderen Worten: Wenn das Maskenbild nicht verschwommen gemacht wird, führt die nicht-lineare Kombination der Maske und des empfangenen Bildes zu einem Bild mit einem verringerten Bildkontrast. Wenn die Maske dagegen zu stark verschwommen gemacht wird, dann wird der Prozess der Erfindung auf eine einfache Gamma-Korrektur reduziert, und die Lokaltonkorrektur hat eine geringere Wirkung.

[0030] Wie oben erörtert wurde, verwendet die Erfindung die Werte in der Tonmaske, um die Pixelwerte in

dem empfangenen Bild durch eine nicht-lineare Operation zu modifizieren. [Fig. 3](#) veranschaulicht einen Prozess 300 zum Kombinieren der Pixelwerte mit ihren entsprechenden Maskenwerten durch eine nicht-lineare, exponentielle Operation.

[0031] Der Prozess 300 gewinnt (bei 305) anfänglich die Komponentenfarbwerte für ein Pixel in dem empfangenen digitalen Bild wieder. Dann gewinnt (bei 310) der Prozess aus der Tonmaske einen Maskenwert wieder, der den ausgewählten Komponentenfarbwerten entspricht. Als Nächstes verwendet der Prozess eine exponentielle Funktion, um einen modifizierten Komponentenfarbwert für jeden wiedergewonnenen Komponentenfarbwert zu berechnen (bei 315). Bei manchen Ausführungsbeispielen verwendet der Prozess einen wieder-gewonnenen Komponentenfarbwert als Teil der Basis der exponentiellen Funktion und verwendet den wieder-gewonnenen Maskenwert als Teil des Exponenten dieser Funktion.

[0032] Schließlich bestimmt (bei 320) der Prozess, ob er alle Pixelfarbwerte in dem empfangenen Bild modifiziert hat. Falls dies nicht der Fall ist, wiederholt sich der Prozess für das nächste Pixel, indem er zu 305 zurückkehrt und indem er den nächsten Komponentenfarbwertsatz für das nächste Pixel auswählt. Andernfalls endet der Prozess.

[0033] Manche Ausführungsbeispiele der Erfindung verwenden die folgende Gleichung A als exponentielle Funktion zum Modifizieren der Komponentenfarbwerte um ihre entsprechenden Maskenwerte.

$$O = 255 * \left(\frac{I}{255} \right)^{\left(\frac{C1 * M - C2}{C2} \right)} \quad (\text{A})$$

[0034] In dieser Gleichung stellt O den modifizierten Ausgangsfarbwert dar, I stellt einen Eingangskomponentenfarbwert dar, M stellt den Maskenwert dar und C1 und C2 stellen konstante Werte dar. Manche Ausführungsbeispiele der Erfindung verwenden Gleichung A für Pixelwerte jeder Komponentenfarbe. Beispielsweise verwenden manche Ausführungsbeispiele diese Gleichung bei Rot-, Grün- und Blau-Werten jedes Pixels in dem empfangenen Bild, um modifizierte Rot-, Grün- und Blau-Werte für all die Bildpixel zu erhalten.

[0035] Die durch die Gleichung A ausgeführte Operation ist im Wesentlichen einem Durchführen einer pixelweisen Gamma-Korrektur (d.h. einer Pixel um Pixel erfolgenden Gamma-Korrektur) sehr ähnlich, wobei jedes Pixel seinen eigenen bestimmten Gamma-Wert (auf Grund seines bestimmten Maskenwerts) aufweist, der durch die tonalen Eigenschaften des Pixels und seiner umgebenden Pixel bestimmt wird. Die Gleichung A geht von einem 8-Bit-Bild aus und verwendet somit einen Wert von 255, um die Daten zu skalieren. Jedoch könnten Bilder einer größeren oder einer geringeren Bildtiefe verwendet werden, wobei der Skalenwert in diesem Fall dem maximalen digitalen Zähler entsprechen würde.

[0036] Jeder Maskenwert, der in die Gleichung A eingefügt ist, definiert eine Tonreproduktionskurve. Mit anderen Worten kann für jeden Maskenwert eine Tonreproduktionskurve verwendet werden, um darzustellen, wie die Gleichung A die Eingangskomponentenfarbwerte auf modifizierte Ausgangsfarbwerte abbildet. Desgleichen kann eine Familie von Tonreproduktionskurven verwendet werden, um zu veranschaulichen, wie die vorliegende Gleichung die Eingangswerte auf die modifizierten Ausgangsfarbwerte für alle Maskenwerte abbildet.

[0037] [Fig. 4](#) veranschaulicht eine Familie von Tonreproduktionskurven für den Fall, in dem die Konstante C1 gleich 1 ist, die Konstante C2 gleich 128 ist und die Maskenwerte zwischen 0 und 255 liegen. Bei dieser Figur ist die x-Achse der Eingangspixelwert, und die y-Achse ist der Ausgangswert. Die Maskenwerte liegen in dem Bereich von 0 bis 255, wenn ein 8-Bit-Farbschema verwendet wird (d.h. wenn jede Komponentenfarbe durch acht Bits dargestellt wird). Bei diesem Beispiel führen Maskenwerte von mehr als 128 zu einem Exponenten von weniger als 1, wohingegen Maskenwerte von weniger als 128 Exponenten liefern, die größer als 1 sind. Maskenwerte, die gleich 128 sind, führen zu Exponenten, die gleich 1 sind, und verändert nicht die Eingangsdaten.

[0038] Die Konstanten C1 und C2 bestimmen die Mitte und Breite der Familie von Tonreproduktionskurven. Im Einzelnen bestimmt die Konstante C2 die Mitte der Kurvenfamilie. Bei dem in [Fig. 4](#) gezeigten Beispiel ist die Mitte die 45°-Linie, die den Maskenwert 128 darstellt. Die Konstante C1 bestimmt die Ausbreitung der Kurven in der Familie. Somit bewegt ein Verändern der Konstante C2 die Kurvenfamilie nach oben oder unten, während ein Verändern der Konstante C1 die Kurvenfamilie ausbreitet oder zusammenzieht.

[0039] Manche interaktiven Ausführungsbeispiele der Erfindung (1) ermöglichen es ihren Benutzern, auf der

Basis der Bildeigenschaften C1 und C2 zu modifizieren und/oder (2) eine oder beide dieser Konstanten automatisch zu modifizieren. Ein Modifizieren dieser Konstanten verändert die Größe der Potenzfunktion. Somit verändern derartige Modifikationen den Grad der Lokaltonkorrektur, der durch den Prozess **300** durchgeführt wird, auf der Basis von Benutzerpräferenzen oder Bildeigenschaften. Wenn beispielsweise ein empfangenes ursprüngliches Bild sehr leuchtstark ist, kann ein Benutzer die Familie von Tonreproduktionskurven nach oben verschieben, so dass der Prozess das ursprüngliche Bild stärker verdunkeln kann, um einen besseren Kontrast zwischen den leuchtstarken Objekten in dem Bild zu liefern.

[0040] Gleichung A kann als Nachschlagtabelle implementiert sein, wobei die empfangenen Pixelwerte und die erzeugten Maskenwerte als Indizes in diese Tabelle verwendet werden, die die Position der vorab berechneten modifizierten Pixelwerte für verschiedene Kombinationen von Pixel- und Maskenwerten identifizieren. [Fig. 5](#) präsentiert eine konzeptionelle Veranschaulichung dieses Lösungsansatzes.

[0041] Die Erfindung kann auf verschiedenen Stufen in der Bildverarbeitungspipeline implementiert werden. [Fig. 6](#) veranschaulicht mehrere solche Stufen. Wie in dieser Figur gezeigt ist, kann eine Bildaufnahmeverrichtung **610** (z.B. eine Digitalkamera oder ein Scanner) den Lokalfarbkorrekturprozess **605** der Erfindung verwenden, um die Qualität der anhand dieser Vorrichtung aufgenommenen Bilder zu verbessern. Die Erfindung kann dazu verwendet werden, den Farnton von Bildern, die mit einer ungleichmäßigen Belichtung oder Blitz-Beleuchtung aufgenommen wurden, zu korrigieren. Die Erfindung kann auch dazu verwendet werden, Bilder mit einem großen Dynamikbereich nachzubearbeiten.

[0042] Nach dem Aufnehmen eines Bildes kann die Aufnahmeverrichtung rasch eine Tonmaske für das Bild erzeugen, indem sie den schnellen und effizienten Prozess **200** der [Fig. 2](#) durchführt. Die Aufnahmeverrichtung kann anschließend eine Nachschlagtabelle (z.B. die anhand von [Fig. 5](#) konzeptionell veranschaulichte) verwenden, um die modifizierten Pixelwerte für jede Komponentenfarbe rasch zu identifizieren. Mit anderen Worten kann die Aufnahmeverrichtung die ursprünglichen Pixelwerte und die erzeugten Maskenwerte als Indizes in die Nachschlagtabelle verwenden, um modifizierte Pixelwerte wiederzugewinnen.

[0043] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, kann der Lokalfarbkorrekturprozess **605** der Erfindung auch ein Teil einer Anwendung **615** sein, die auf einem Computersystem **620** läuft. Das Computersystem kann diese Anwendung ablaufen lassen, um die Farbe eines Bildes zu korrigieren, das durch die Aufnahmeverrichtung **610** aufgenommen oder durch eine andere Anwendung (z.B. eine Webbrowser-Anwendung) geliefert wurde. Der Prozess **605** kann auch als Teil eines Vorrichtungstreibers **625** (z.B. eines Druckertreibers) implementiert sein, so dass der Treiber an einem Bild eine Lokaltonkorrektur durchführt, bevor die Anzeigevorrichtung **630** das Bild anzeigt.

[0044] [Fig. 7](#) präsentiert ein Blockdiagramm eines Computersystems **620**, das bei manchen Ausführungsbeispielen der Erfindung verwendet wird. Bei manchen Ausführungsbeispielen ist das Computersystem **620** von der Bildaufnahmeverrichtung **610** getrennt. Bei anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung ist dieses Computersystem **620** jedoch ein Bestandteil der Bildaufnahmeverrichtung. Obwohl das Computersystem **620** nachstehend beschrieben wird, wird Fachleuten außerdem einleuchten, dass andere Computersysteme und Architekturen in Verbindung mit der Erfindung verwendet werden können.

[0045] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, umfasst der Computer **620** einen Bus **705**, einen Prozessor **710**, einen Systemspeicher **715**, einen Nur-Lese-Speicher **720**, eine Permanentspeicherungsvorrichtung **725**, Eingabevorrichtungen **730** und Ausgabevorrichtungen **735**. Der Bus **705** repräsentiert kollektiv alle System-, Peripherie- und Chipsatz-Busse, die die zahlreichen internen Vorrichtungen des Computersystems **620** kommunikativ verbinden. Beispielsweise verbindet der Bus **705** den Prozessor **710** kommunikativ mit dem Nur-Lese-Speicher **720**, dem Systemspeicher **715** und der Permanentspeicherungsvorrichtung **725**. Aus diesen verschiedenen Speichereinheiten gewinnt der Prozessor **710** Anweisungen zum Ausführen und Daten zum Verarbeiten wieder.

[0046] Der Nur-Lese-Speicher (ROM) **720** speichert statische Daten und Anweisungen, die der Prozessor **710** und andere Module des Computersystems benötigen. Die Permanentspeicherungsvorrichtung **725** ist dagegen eine Lese-und-Schreib-Speichervorrichtung. Diese Vorrichtung ist eine nichtflüchtige Speichereinheit, die Anweisungen und Daten sogar dann speichert, wenn der Computer **620** ausgeschaltet ist. Manche Ausführungsbeispiele der Erfindung verwenden eine Massenspeicherungsvorrichtung (z.B. eine magnetische oder optische Platte und ihr entsprechendes Plattenlaufwerk) als Permanentspeicherungsvorrichtung **725**. Andere Ausführungsbeispiele verwenden eine entnehmbare Speicherungsvorrichtung (z.B. eine Floppy-Disk oder eine zip®-Disk und ihr entsprechendes Plattenlaufwerk) als Permanentspeicherungsvorrichtung.

[0047] Wie auch die Permanentspeicherungsvorrichtung **725** ist der Systemspeicher **715** eine Lese-und-Schreib-Speichervorrichtung. Im Gegensatz zu der Speicherungsvorrichtung **725** ist der Systemspeicher jedoch ein flüchtiger Lese-und-Schreib-Speicher, z.B. ein Direktzugriffsspeicher. Der Systemspeicher speichert manche der Anweisungen und Daten, die der Prozessor **710** während der Laufzeit benötigt. Beispielsweise enthält der Systemspeicher **715** bei manchen Ausführungsbeispielen die Nachschlagtabelle, die die modifizierten Pixelfarbwerte speichert. Außerdem sind bei manchen Ausführungsbeispielen die Anweisungen, die zum Ausführen des Prozesses der Erfindung nötig sind, im Systemspeicher, in der Permanentspeicherungsvorrichtung **725** und/oder im Nur-Lese-Speicher **720** gespeichert.

[0048] Der Bus **705** ist auch mit den Eingabe- und Ausgabevorrichtungen **730** und **735** verbunden. Die Eingabevorrichtungen ermöglichen es dem Benutzer, Informationen an den Computer zu senden und Befehle an den Computer auszuwählen. Die Eingabevorrichtungen **730** umfassen alphanumerische Tastaturen und Cursor-Steuerungen. Die Ausgabevorrichtungen **735** zeigen durch den Computer erzeugte Bilder an. Beispielsweise zeigen diese Vorrichtungen die modifizierten digitalen Bilder an, die die Lokalkorrekturtechniken der Erfindung erzeugen. Die Ausgabevorrichtungen umfassen Drucker und Anzeigevorrichtungen, z.B. Kathodenstrahlröhren (CRT – cathode ray tubes) oder Flüssigkristallanzeigen (LCD – liquid crystal displays).

[0049] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, koppelt der Bus **705** schließlich auch den Computer **620** durch einen (nicht gezeigten) Netzwerkadapter mit einem Netzwerk. Auf diese Weise kann der Computer ein Teil eines Netzwerks von Computern (z.B. eines lokalen Netzwerks („LAN“), eines Weitverkehrsnetzwerks („WAN“) oder eines Intranets) oder eines Netzwerks von Netzwerken (z.B. des Internet) sein.

[0050] Die Lokalfarbkorrekturtechnik der Erfindung weist zahlreiche Vorteile auf. Beispielsweise kann die Lokalkorrektur der Erfindung gleichzeitig Schatten aufhellen und Spitzlichter verdunkeln, indem sie eine einfache pixelweise „Gamma“-Korrektur der Eingangsdaten verwendet. Außerdem balancieren manche Ausführungsbeispiele globale und lokale Kontrastveränderungen aus und verringern Farbenreinheitsverzerrungen, indem sie eine invertierte, tiefpassgefilterte, monochrome Version des ursprünglichen Bildes als Tonmaske verwenden.

[0051] Außerdem liefert die Erfindung ein einfaches und schnelles Verfahren zum Berechnen und Anwenden einer Lokaltonkorrektur. Ihre Lokalfarbkorrektur liefert eine bedeutende Verbesserung der Bildqualität relativ zu einer globalen Korrektur. Ihre Korrektur ist auch der Korrektur, die durch andere Lokaltonkorrekturverfahren wie z.B. Retinex oder Ableitungsalgorithmen geliefert wird, ebenbürtig. Im Gegensatz zu anderen Lokaltonkorrekturverfahren muss sich die Erfindung jedoch nicht auf komplizierte visuelle Modelle oder Masken stützen. Insgesamt liefert die Erfindung einen einfachen, rechentechnisch effizienten und ohne weiteres parameterisierten Rahmen zum Durchführen von Lokalfarbkorrekturen.

[0052] Die Lokaltonkorrektur der Erfindung kann bezüglich eines Verfeinerns oder Verbesserns mehrerer Arten von Bildern nützlich sein. Beispielsweise kann die herkömmliche Photographie ein Bild erzeugen, bei dem eine Region des Bildes unterbelichtet ist, während eine andere Region korrekt belichtet ist. Die Blitz-Photographie ist ein weiterer Fall, bei dem eine Region in dem Bild überbelichtet sein kann, während eine andere unterbelichtet ist. Bei diesen Situationen ist eine komplexe Farbkorrekturtechnik, die auf dem visuellen System des Menschen beruht, eventuell nicht geeignet. Außerdem weisen manche Bildszenen einen großen Dynamikbereich auf. Der einfache und schnelle Lokalkorrektur-Prozess der Erfindung liefert eine ideale Lösung, um die Bildqualität in diesen Situationen rasch zu verbessern.

[0053] Schließlich ist die Lokaltonkorrektur der Erfindung eine zu der traditionellen pixelbasierten Verarbeitung komplementäre Technologie. Nachdem die Erfindung zum Korrigieren der Farbe eines Bildes verwendet wurde, kann das Bild beispielsweise unter Verwendung einer traditionellen pixelbasierten Pipeline auf einem gegebenen Drucker reproduziert werden. Eine Verwendung einer Nachbarschaftsbildverarbeitungstechnik für einen Teil der Bilderzeugungspipeline schließt eine anschließende pixelbasierte Bildverarbeitung nicht aus. Dies legt nahe, dass Pixel- und Nachbarschaftsbilderzeugungsoperationen verwendet werden könnten, wo es angebracht ist, um die Gesamtqualität und die Geschwindigkeit der Bilderzeugungspipeline zu optimieren.

[0054] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird durch Verwendung der Anwendung Adobe PhotoShop implementiert. Im Einzelnen kann bei diesem Ausführungsbeispiel diese Anwendung dazu verwendet werden, (1) ein ursprüngliches Bild einzugeben, (2) das ursprüngliche Bild in eine zweite Schicht zu kopieren, (3) das Bild unter Verwendung des Gaußschen Unschärfefilters mit einem Radius von etwa 15 verschwommen zu machen, (4) das verschwommen gemachte Bild zu invertieren, (5) das verschwommen gemachte Negativ unter Verwendung der Farbtön/Sättigung-Einstellung zu entsättigen und (6) den Soft-Light-Schicht-Operator zu ver-

wenden, um die ursprünglichen und erzeugten Bilder zu kombinieren, um das abschließende Bild zu erzeugen. Ein Experimentieren mit dem Radius des Photoshop-Unschärfeffilters zeigt, wie der Gesamtbildkontrast eine Funktion des Radius ist. Insbesondere ist der Gesamtkontrast umso besser, je größer der Radius ist, wenn jedoch der Radius zu groß ist, dann hat die Lokaltonkorrektur eine geringere Wirkung.

[0055] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf zahlreiche spezifische Einzelheiten beschrieben wurde, werden Fachleute erkennen, dass die Erfindung in anderen spezifischen Formen verkörpert sein kann, ohne von dem Schutzzumfang der Erfindung, wie er durch die Patentansprüche definiert ist, abzuweichen. Beispielsweise wird bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen eine monochrome Maske dazu verwendet, Pixelwerte für alle Komponentenfarben zu modifizieren. Fachleuten wird jedoch einleuchten, dass andere Ausführungsbeispiele getrennte Masken für jede Komponentenfarbe verwenden. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann jede der Masken bezüglich ihres Komponentenfarbwerts optimiert sein. Somit werden Fachleute erkennen, dass die Erfindung nicht durch die vorstehenden veranschaulichenden Einzelheiten eingeschränkt werden soll, sondern vielmehr durch die angehängten Patentansprüche definiert werden soll.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Durchführen einer lokalen Farbkorrektur, das folgende Schritte umfasst:

- (a) Empfangen (105) eines Eingangsbildes, das eine Mehrzahl von Pixeln aufweist, wobei jedes Pixel des Eingangsbildes durch einen Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten dargestellt wird,
- (b) Erzeugen (110) eines Tonmaskenbildes aus dem Eingangsbild, wobei das Tonmaskenbild eine Mehrzahl von Pixeln aufweist, von denen jedes durch einen Satz von Pixelmaskenwerten dargestellt wird, wobei jeder Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten einen entsprechenden Satz von Pixelmaskenwerten aufweist, und
- (c) Bestimmen (115) eines Satzes von modifizierten Pixelfarbwerten für jeden Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten, wobei jeder Satz von modifizierten Pixelfarbwerten einer nicht-linearen Kombination eines Satzes von ursprünglichen Pixelfarbwerten und seines entsprechenden Satzes von Pixelmaskenwerten gleicht, wobei:
ein Erzeugen des Maskenbildes ein Durchführen einer Tiefpassfilteroperation (215, 220, 225) an dem Eingangsbild und ein Invertieren (210) des Eingangsbildes umfasst.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bestimmen eines Satzes von modifizierten Pixelfarbwerten ein Verwenden eines Satzes von ursprünglichen Pixelfarbwerten und seines entsprechenden Satzes von Pixelmaskenwerten als Indizes in eine Nachschlagetabelle, um den Satz von modifizierten Pixelfarbwerten wiederzugewinnen, umfasst.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bestimmen eines Satzes von modifizierten Pixelfarbwerten ein Verwenden (115) einer nicht-linearen Operation, um einen Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten und seinen entsprechenden Satz von Pixelmaskenwerten zu kombinieren, umfasst.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem die nichtlineare Operation keine Subtraktions- oder Additionsoperation ist.

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem die nichtlineare Operation eine exponentielle Operation ist, die eine Basis und einen Exponenten aufweist, wobei die Operation den Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten als Teil ihrer Basis und den entsprechenden Satz von Pixelmaskenwerten als Teil ihres Exponenten verwendet.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Erzeugen des Maskenbildes ein Verwenden eines nicht-iterativen Prozesses umfasst.

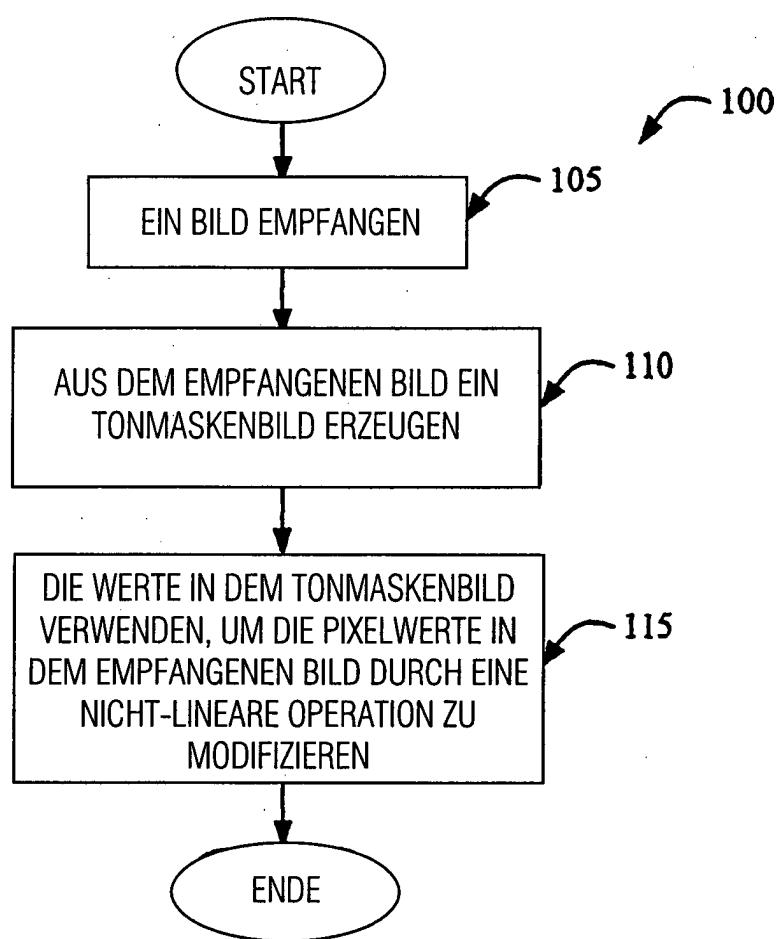
7. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Erzeugen des Maskenbildes ferner ein Umwandeln (205) des Eingangsbildes in ein monochromes Bild umfasst.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem jeder Satz von ursprünglichen Pixelfarbwerten ein Satz von Komponentenfarbwerten ist.

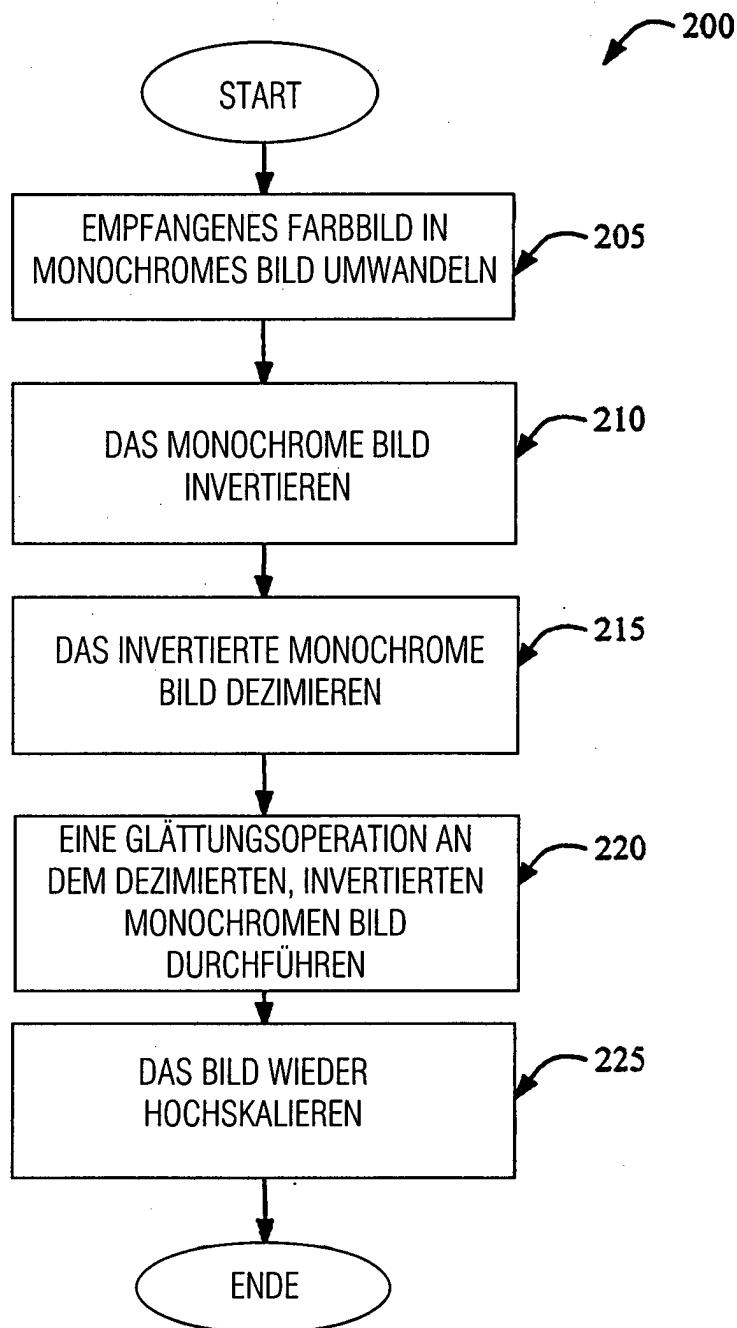
9. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem jeder Satz von Pixelmaskenwerten ein Grauskala-Maskenwert ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

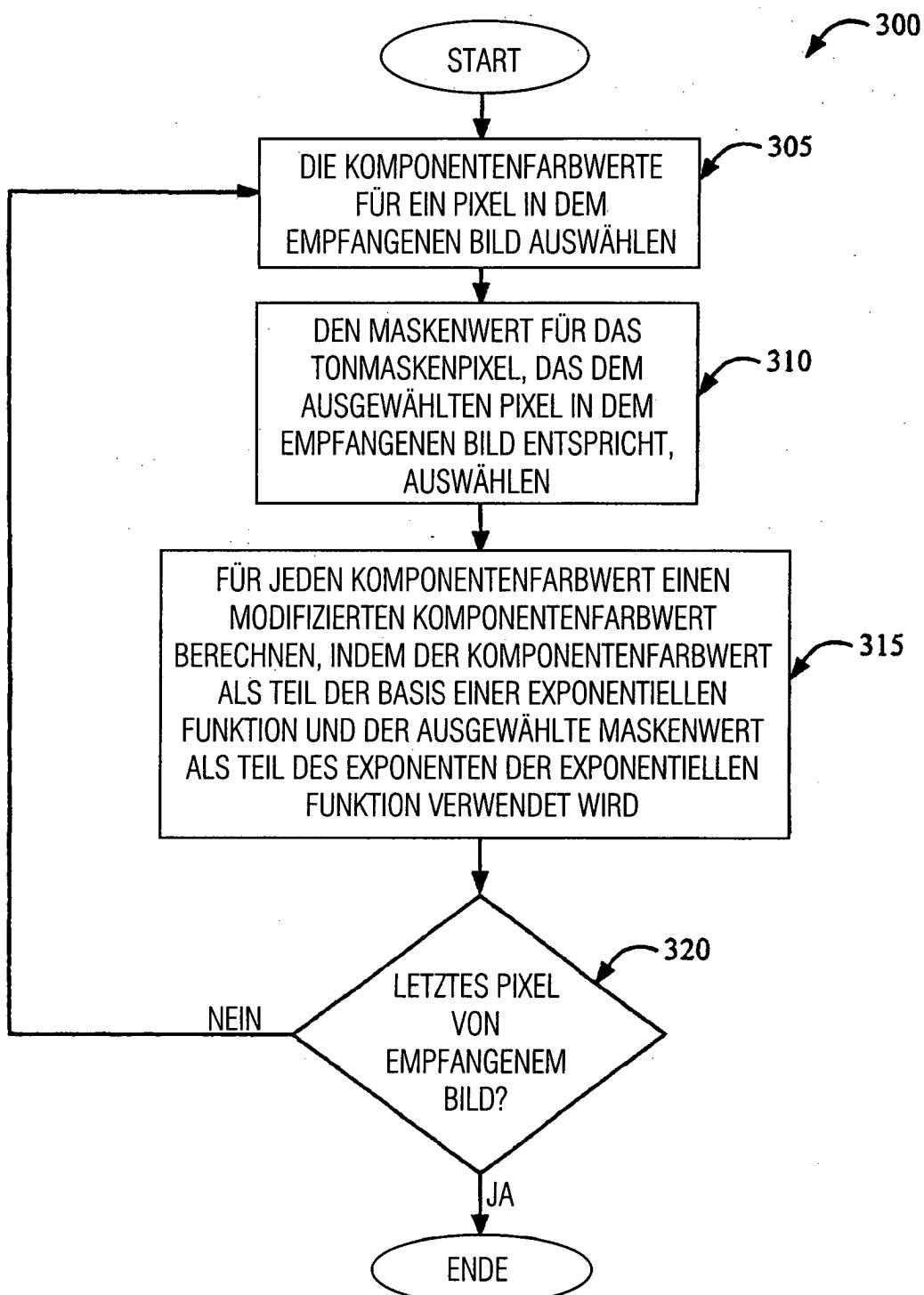
Anhängende Zeichnungen



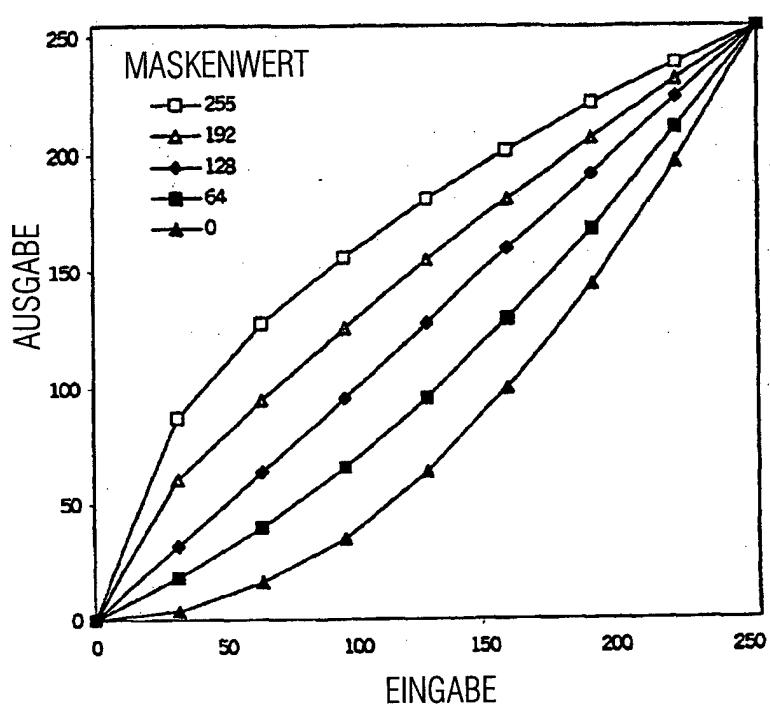
FIGUR 1



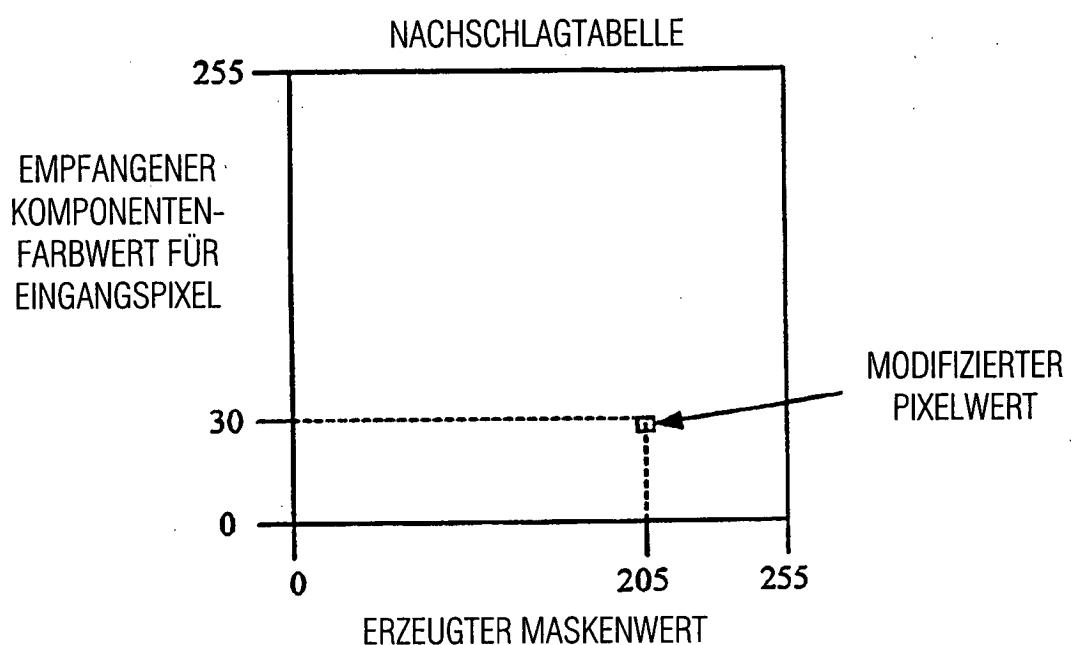
FIGUR 2



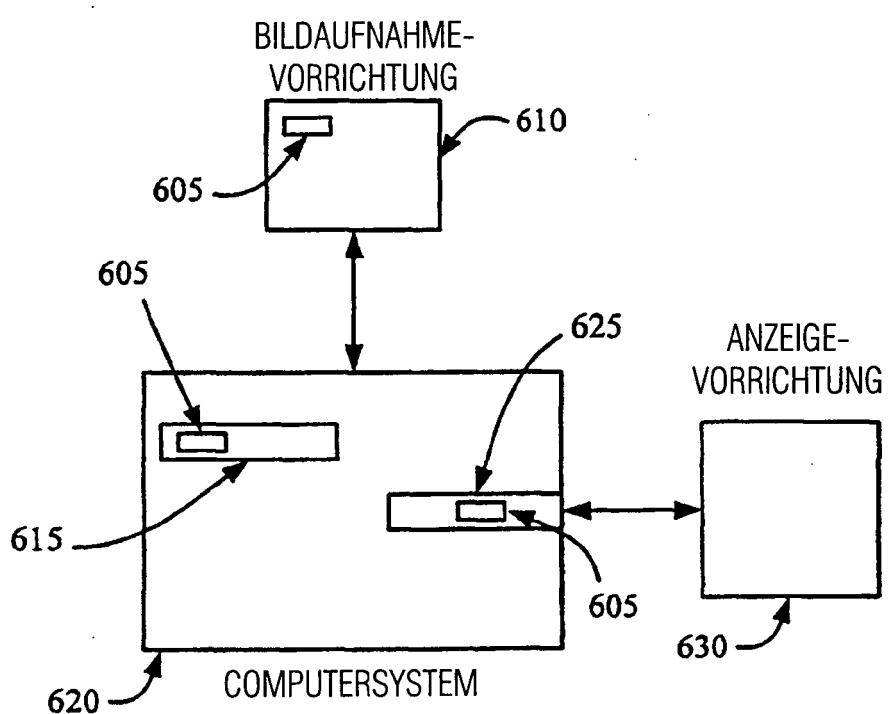
FIGUR 3



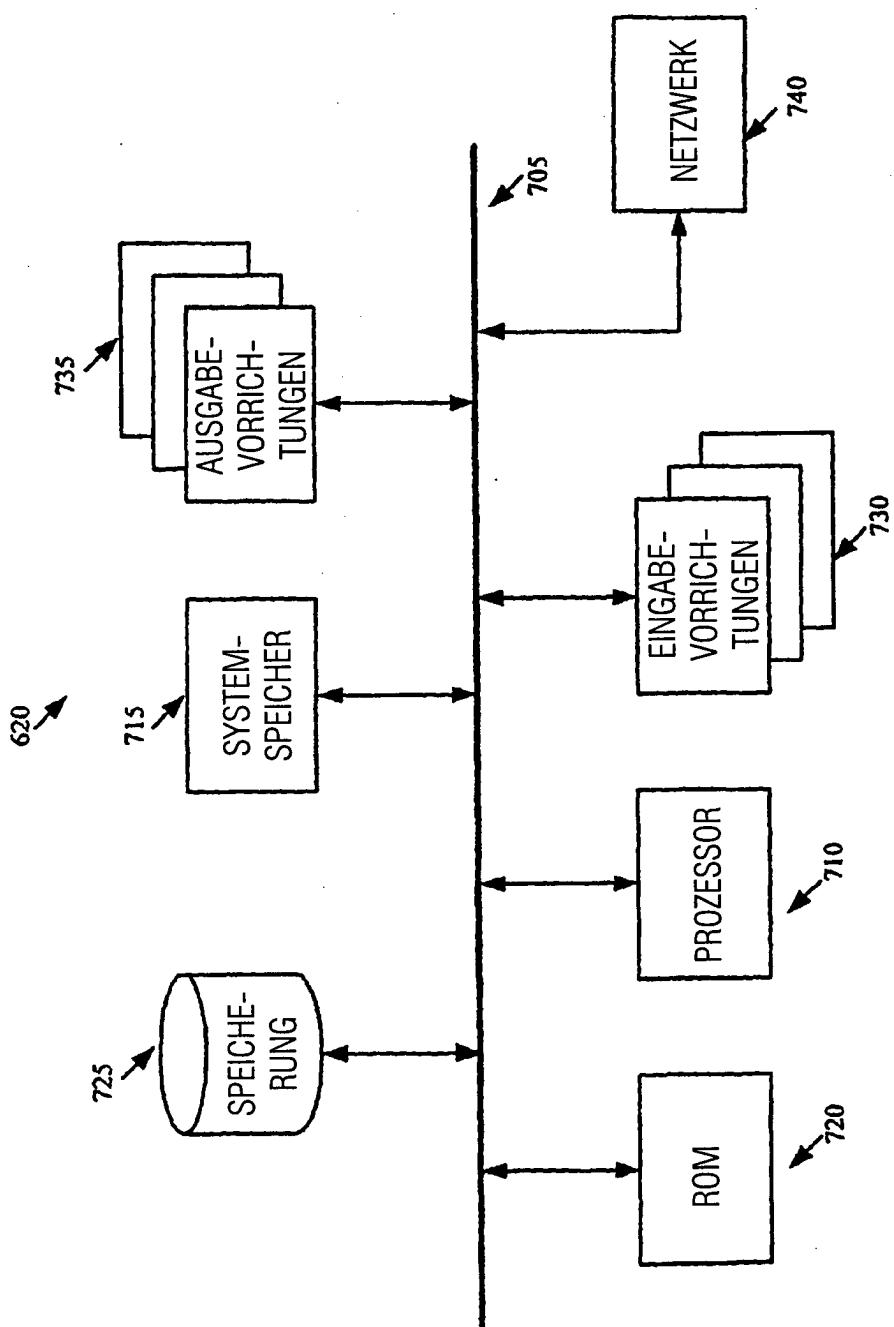
FIGUR 4



FIGUR 5



FIGUR 6



FIGUR 7