



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 17 473 T2** 2004.06.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 889 641 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04N 1/405**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 17 473.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 304 430.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **04.06.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(30) Unionspriorität:

884750 30.06.1997 US

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(73) Patentinhaber:

Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Lin, Qian, Santa Clara, US

(54) Bezeichnung: **Halbtonrasterungssystem**

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 bezieht sich auf das Durchführen einer Halbtongebung eines Kontinuierlich-Tonbildes.

[0002] Eine digitale Halbtongebung ist der Prozeß des Umwandeln eines Kontinuierlich-Tonbildes in ein binäres Bild, das die Illusion des ursprünglichen Kontinuierlich-Tonbildes aufweist. Siehe R. Ulichney, Digital Halftoning, MIT Press, Cambridge, MA, 1987. Im Fall von Farbbildern wird das farbige Kontinuierlich-Tonbild in der Regel zunächst in Farbkanäle aufgeteilt. Anschließend werden für jeden der Farbkanäle separate Halbtöne gebildet.

[0003] Eine Fehlerdiffusion (siehe R. W. Floyd und L. Steinberg, „An adaptive Algorithm for Spatial Greyscale“, Proc. SID, 17:75–77, 1976) ist eine wichtige Klasse von Digital-Halbtongebungsalgorithmen, die Kontinuierlich-Tonbilder wiedergeben, indem sie ihre Graupegele einer Schwellwertbewertung unterziehen und Fehler, die durch die Schwellwertbewertung bewirkt werden, auf benachbarte nicht verarbeitete Pixel verteilen. Eine Fehlerdiffusion eignet sich gut dafür, Bilddetails zu erzeugen. Bei flachen Regionen weist sie jedoch oft sichtbare Artefakte wie beispielsweise Würmer auf, die schwer zu beseitigen sind.

[0004] Glatte Dither dagegen sind eine Klasse von Halbtongebungsverfahren, die glatte Texturen in flachen Regionen erzeugen, aufgrund einer mangelnden Rückkopplung jedoch in der Regel weniger scharf sind. Ein Beispiel eines glatten Dithers ist Color Smooth Dither (CSD – glatter Farbdither) (siehe J. P. Allebach und Q. Lin, „Joint Design of Dither Matrices for a Set of Colorants“, US-Patentanmeldung 08/641,304, eingereicht am 30. April 1996). Ein weiteres Beispiel eines glatten Dithers ist Super Smooth Dither (SSD – superglatter Dither) (siehe Q. Lin, „Halftone Image Formation Using Dither Matrix Generated Based Upon Printed Symbol Models“, US-Patentschrift Nr. 5,469,515, erteilt am 21. November 1995; Q. Lin, „Halftone Images Using Special Filters“, US-Patentschrift Nr. 5,317,418, erteilt am 31. Mai 1994).

[0005] Unterschiedliche Halbtongebungsalgorithmen eignen sich am besten für unterschiedliche Typen von Bildern und unterschiedliche Druckertypen. Beispielsweise zeigt Tabelle 1 die optimalen Halbtongebungsalgorithmen für verschiedene Bildregionen auf einem typischen Tintenstrahldrucker, der durch einen Computer erstellte Graphiken druckt. Im Fall von durch einen Computer erstellten Graphiken ist es möglich, die optimale Halbtongebungstechnik für ein bestimmtes Bild auszuwählen, da Informationen über den Typ des Bildes, das einer Halbtongebung unterzogen wird, dem Drucktreiber bekannt sind.

Text	Fehlerdiffusion
Linienzeichnungen	Fehlerdiffusion
Flächenausfüllung	glatter Dither

Tabelle 1: Optimale Halbtongebungsalgorithmen durch einen Computer erstellte Graphiken (Objektyp dem Treiber bekannt)

[0006] Eine ordnungsgemäße Auswahl einer Halbtongebungstechnik ist besonders beim Wiedergeben eines gescannten Dokuments von Bedeutung, bei dem eine Mischung aus Text, Linienzeichnungen und Flächenausfüllung sowie einem Rasterbild vorliegt. Beispielsweise zeigt Tabelle 2 die optimalen Halbtongebungsalgorithmen für unterschiedliche Bildregionen auf einem typischen Tintenstrahldrucker, der ein gescanntes Dokument druckt.

Text	Fehlerdiffusion
Linienzeichnungen	Fehlerdiffusion
Flächenausfüllung	glatter Dither
stark belebte	
Bildregion	Fehlerdiffusion
glatte Bildregion	glatter Dither

Tabelle 2: Optimale Halbtongebungsalgorithmen Gescanntes Dokument (Objektyp dem Treiber nicht bekannt)

[0007] Desgleichen ist eine ordnungsgemäße Auswahl einer Halbtongebungstechnik auch beim Wiedergeben eines digitalen photographischen Bildes wichtig, das ein Gemisch aus detaillierten Regionen und gleichmäßig glatten farbigen Regionen aufweist. Bei Bildern wie beispielsweise gescannten photographischen Bildern kann der Drucktreiber jedoch nicht die beste Halbtongebungstechnik auswählen, da er keine Informationen bezüglich der Zusammensetzung der Seite hat.

[0008] Somit kann man sehen, daß Halbtongebungstechniken Halbtongebungsvorrichtungen Bildqualitätsgrenzen auferlegen und die Verwendung dieser Vorrichtungen bei vielen Anwendungen behindern.

[0009] Das internationale SID-Symposium von 1977, Digest of Technical Papers; Society for Information Display, Los Angeles (US), 1977, Seiten 124–125, K. Y. Wong et al.: 'Adaptive Switching of Dispersed and Clus-

tered Halftone Patterns for Bi-Level Image Rendition' XP000605139 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Durchführen einer Halbtongebung eines Kontinuierlich-Tonbildes, um ein Halbtonbild zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Auswerten einer Region des Kontinuierlich-Tonbildes, um eine Eignung für eine Halbtongebung durch zumindest zwei verschiedene Halbtongebungsverfahren (schnelle/langsame Übergangserfassungslogik) zu bestimmen; und Durchführen einer Halbtongebung der Region unter Verwendung des geeignetsten Halbtongebungsverfahrens, derart, daß verschiedene Halbtongebungsverfahren (Dithern mit verteiltem oder gruppiertem Punktmuster) auf verschiedene Regionen (eines schnellen oder langsamen Übergangs) des Kontinuierlich-Tonbildes angewandt werden können.

[0010] Die vorliegende Erfindung schafft die Durchführung einer verbesserten Halbtongebung bei Bildern.

[0011] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Prozeß zum Durchführen einer Halbtongebung eines Bildes gemäß Anspruch 1 vorgesehen.

[0012] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Prozessor gemäß Anspruch 6 vorgesehen.

[0013] Das bevorzugte Ausführungsbeispiel kann eine Halbtonbilderzeugung verbessern, indem verschiedene Halbtongebungsalgorithmen integriert werden und ihre Übergänge auf der Basis des Bildinhalts verwaltet werden.

[0014] Es werden ein Prozeß und eine Vorrichtung beschrieben, um eine Halbtonbildqualität durch Integrieren verschiedener Halbtongebungsalgorithmen und Verwalten ihrer Übergänge auf der Basis des Bildinhalts zu verbessern.

[0015] Das bevorzugte Verfahren funktioniert durch Anwenden verschiedener Halbtongebungsverfahren auf verschiedene Regionen eines Kontinuierlich-Tonbildes. Regionen des Kontinuierlich-Tonbildes werden bewertet, um eine Eignung für eine Halbtongebung durch zumindest zwei verschiedene Halbtongebungsverfahren zu bestimmen. Das geeignetste Halbtongebungsverfahren wird dann verwendet, um bei einer bestimmten Region eine Halbtongebung durchzuführen.

[0016] Ein Aktivitätsindex kann verwendet werden, um jede Region des Bildes auf eine Eignung für eine Halbtongebung durch ein bestimmtes Halbtongebungsverfahren zu bewerten. Ein Halbtongebungsverfahren wie beispielsweise Fehlerdiffusion kann dann als für eine Anwendung auf detaillierte Kontinuierlich-Tonbildbereiche am besten geeignet erachtet werden. Ein Halbtongebungsverfahren wie beispielsweise glatter Dither kann anschließend als für eine Anwendung auf flache Kontinuierlich-Tonbildbereiche am besten geeignet erachtet werden. Ferner kann eine Hysterese eingebracht werden, um scharfe Übergänge in dem Bild zu kompensieren und dadurch das Entstehen von Nebenbildern zu eliminieren.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0018] **Fig. 1** eine Zeichnung, die einen bevorzugten Halbtongebungsmechanismus zum Integrieren eines glatten Dithers mit Fehlerdiffusion veranschaulicht;

[0019] **Fig. 2** ein Diagramm, das ein Ausführungsbeispiel der Verwendung von α und β zum Steuern einer Halbtongebung veranschaulicht; und

[0020] **Fig. 3** ein Flußdiagramm, das eine Auswahl zwischen Halbtongebungstechniken bei einem bestimmten Pixel und einer Einbringung einer Hysterese, falls angebracht, veranschaulicht.

[0021] Nachstehend werden unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **3** Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Fachleute werden ohne weiteres erkennen, daß die hierin bezüglich dieser Figuren angegebene ausführliche Beschreibung lediglich Erläuterungszwecken dient, da sich die Erfindung über diese begrenzten Ausführungsbeispiele hinaus erstreckt.

[0022] ImageSmart ist eine Technologie zum Integrieren verschiedener Halbtongebungsalgorithmen und Verwalten ihrer Übergänge auf der Basis des Bildinhalts. **Fig. 1** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Mechanismus 100 zum Integrieren eines glatten Dithers ohne Fehlerdiffusion. Die Parameter α und β werden eingeführt, um den Übergang zwischen Fehlerdiffusion und einem glatten Farbdither zu erleichtern.

[0023] **Fig. 2** veranschaulicht die Verwendung von α und β zum Steuern des Halbtongebens. Die Werte von α und β sind auf einen Bereich zwischen 0 und 1 normiert, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Gleichungen 1 und 2 legen Berechnungen dar, die verwendet werden, um Schwell- und Fehlerwerte für ein bestimmtes α und β zu berechnen. Somit gilt:

$$\text{Schwelle} = \beta * t(i,j) + (1 - \beta) * 0,5 \quad (\text{Gl. 1})$$

und

$$\text{Fehler} = \alpha * (c(i,j) - b(i,j)) \quad (\text{Gl. 2})$$

wobei $t(i,j)$ die CSD-Dither-Matrix-Schwelle ist, $c(i,j)$ das Kontinuierlich-Tonbild ist und $b(i,j)$ das binäre Bild ist, wobei sich dieselben alle an der aktuellen Pixelposition (i,j) befinden.

[0024] Unter der Steuerung von α kann der Summierer 110 Fehler, die sich von der vorherigen Pixelberechnung ausgebreitet 140 haben, mit dem Kontinuierlich-Tonbildwert an dem vorliegenden Pixel kombinieren. Unter der Steuerung von β kann diese Summe einer Schwellwertbewertung unterzogen werden 120, um bei dem vorliegenden Pixel einen Binärbildwert zu erzeugen. Dieser Binärbildwert wird ferner negiert und durch den Summierer 130 mit der Summe von dem Summierer 110 kombiniert. Fehler werden anschließend zur Verwendung bei der Halbtongebung des nächsten Pixels ausgebreitet 140. Das Fehlerausbreitungsschema kann die Floyd-Steinberg-Fehlerdiffusion oder eine ihrer Variationen sein, bei der bzw. denen Fraktionen des Fehlers zu benachbarten Pixeln hin ausgebreitet werden. Das zuvor erwähnte Buch von Ulichney liefert Beschreibungen mehrerer derartiger Fehlerausbreitungsschemata.

[0025] Wenn also α 0 ist und β 1 ist, ist der sich ergebende Halbtongebungsalgorithmus, der auf die aktuelle Pixelstelle (i,j) angelegt wird, ein glatter Farbdither. Analog dazu ist, wenn α 1 ist und β 0 ist, der sich ergebende Halbtongebungsalgorithmus eine Fehlerdiffusion. Wenn schließlich sowohl α als auch β 0 sind, ist der sich ergebende Halbtongebungsalgorithmus eine einfache Schwellwertbewertung.

[0026] Man beachte, daß die α - und β -Werte entlang der beiden Liniensegmente

$$\alpha = 1, 0 \leq \beta \leq 1$$

und

$$\beta = 1, 0 \leq \alpha \leq 1$$

den Graupegel des Kontinuierlich-Tonbildes bewahren. Andere Kombinationen von α und β tun dies nicht. Man kann jedoch trotzdem noch die Werte der anderen Kombinationen verwenden, die ein Bild liefern können, das als sauberer empfunden wird als das durch eine getreue Reproduktion gelieferte. Wie bei ColorSmart (siehe US-Patentschrift Nr. 5,402,245, Ricardo D. Motta, Andrew E. Fitzhugh, Michael D. McGuire und Gary J. Diptoto, „Bi-level Digital Color Printer System Exhibiting Improved Undercolor Removal and Error Diffusion Procedures“, erteilt am 28. März 1995) gezeigt ist, bevorzugt ein Benutzer manchmal ein sauberer aussehendes Bild gegenüber einer getreuen Reproduktion.

[0027] Obwohl Dither-Matrix $t(i,j)$ in **Fig. 1** als eine Glatter-Farbdither-Matrix gezeigt ist, können auch andere Gruppierte-Punkte- oder Glatter-Dither-Techniken verwendet werden.

[0028] Um eine Seite mit einer Mischung aus Text, Linienzeichnungen, Flächenausfüllung und Photographie wiederzugeben, ist es vorzuziehen, die stark belebte Bereiche wie beispielsweise Text, Linienzeichnungen und Randregionen in einer Photographie mit dem Floyd-Steinberg-Fehlerdiffusionsalgorithmus wiederzugeben, d. h. (α , β) in der Nähe von Punkt (1,0) in **Fig. 2** zu verwenden. Dagegen werden glatte Bereiche wie beispielsweise Flächenausfüllung und Nicht-Randregionen in einer Photographie besser mit dem glatten Farbdither wiedergegeben, d. h. durch die Verwendung von (α , β) in der Nähe des Punktes (0,1) in **Fig. 2**. Wie unten gezeigt wird, kann ein Aktivitätsindex verwendet werden, um zu berechnen, ob ein Bereich stark belebt oder glatt ist. Anschließend können α und β auf der Basis der Aktivitätsindexberechnung ausgewählt werden.

[0029] Wenn in dem Bild ein scharfer Übergang vorliegt, liegt dementsprechend ein scharfer Übergang in den Halbtongebungsalgorithmen vor. Dies kann zu dem Effekt von Nebenbildern führen. Das Problem kann durch ein Einbringen einer Hysterese in die Aktivitätsindexberechnung abgemildert werden. **Fig. 3** ist ein Flußdiagramm, das eine Auswahl zwischen Halbtongebungstechniken bei einem bestimmten Pixel und einer Einbringung einer Hysterese, falls angebracht, veranschaulicht.

[0030] Bei dem Prozeß 300 der **Fig. 3** wird eine Änderung (DELTA) für die Nachbarschaft eines bestimmten Kontinuierlich-Tonpixels j der Reihe i berechnet (310). Bei einem Ausführungsbeispiel wird DELTA wie folgt berechnet:

$$\text{DELTA} = 4 * (\text{abs}(\text{CURR}[J + 1] - \text{CURR}[J]) + \text{abs}((\text{PREV}[J] - \text{CURR}[J]))$$

wobei vier ein Skalierungsfaktor ist und CURR ein Array ist, das die J Kontinuierlich-Tonwerte für die Reihe enthält. PREV ist ein Array, das CURR entspricht und das verwendet wird, um die Kontinuierlich-Tonwerte der vorherigen Reihe zu puffern. Falls DELTA einen Wert von 255 übersteigt, wird DELTA auf 255 eingestellt.

[0031] Für diese bestimmte Berechnung werden Änderungen zwischen dem vorliegenden Pixel und den Pixeln, die sich unmittelbar zu seiner Rechten und über ihm befinden, kombiniert, um DELTA zu bilden. Man sollte jedoch verstehen, daß alternativ beim Formulieren von DELTA auch Änderungen in anderen Richtungen und über mehr Pixel in Betracht gezogen werden können.

[0032] Der Fluß einer Fehlerausbreitung erfolgt nach rechts und nach unten. Deshalb kann ein Nebenbildefekt in diesen Richtungen auftreten, es sei denn, es wird eine Hysterese eingebracht. Bei einem Ausführungsbeispiel werden das DELTA des vorherigen Pixels in der Reihe und das des unmittelbar über dem aktuellen Pixel befindlichen Pixels untersucht 320. Alternativ dazu wird die Änderung des Aktivitätsindizes zwischen dem

aktuellen Pixel und dem unmittelbar vorhergehenden Pixel verglichen. Falls die Änderung zu groß ist, wird eine Hysterese eingebracht, indem ein Aktivitätsindex verwendet wird, der zu dem zuvor verwendeten Aktivitätsindex proportional ist.

[0033] Wenn also keine große Änderung stattgefunden hat, kann man einfach den DELTA-Wert normieren 330 (z. B. um einen Index zu erzeugen, der eine Bandbreite von 0 bis 1 statt von 0 bis 255 aufweist). Wenn jedoch ein starker Abfall der Aktivität vorliegt, wird eine Hysterese eingebracht 380, um den Aktivitätsindex allmählich zu ändern. Bei einem Ausführungsbeispiel wird, falls der vorliegende DELTA-Wert weniger als neunzig Prozent des vorherigen DELTA-Werts beträgt, nicht der bei 310 berechnete vorliegende DELTA-Wert verwendet, sondern es wird ein DELTA-Wert verwendet, der neunzig Prozent des vorherigen DELTA-Werts beträgt. Wenn eine Hysterese eingebracht wird 370, wird das proportionale DELTA anschließend normiert 330, um einen Aktivitätsindex zu ergeben.

[0034] Nachdem der Aktivitätsindex normiert wurde, um eine Bandbreite von 0 bis 1 aufzuweisen, kann man β und α aus Index berechnen. Dies kann beispielsweise bewerkstelligt werden, indem ein Aktivitätsindex gemäß einem Bogen unter Verwendung der Gleichungen 3 und 4 berechnet wird.

$$\beta = 1 - \text{Index} \quad (\text{Gl. 3})$$

$$\alpha = \sqrt{1 - \beta^2} \quad (\text{Gl. 4})$$

[0035] Als nächstes können unter Verwendung der Gleichungen 1 und 2 Schwelle und Fehler berechnet werden 350. Schließlich wird (z. B. unter Verwendung des bzw. der Floyd-Steinberg-Filters und -Gewichtungen) ein Fehler vor einer Beendigung 370 von Berechnungen für das vorliegende Pixel an zukünftige Pixel ausgebreitet 360.

Testen und Vorteile

[0036] Das System wurde getestet, beispielsweise durch eine Halbtongebung und ein anschließendes Drucken von gescannten Magazinseiten. Die Ergebnisse zeigen, daß das System einen scharfen Text und gute Bilddetails erzeugen kann und dabei frei von Wurmbildungsartefakten ist. Ferner stellte man fest, daß die Fähigkeit, eine Fehlerdiffusion in den Halbtongebungsprozeß zu integrieren, Hochfrequenz-Moiré-Muster unterdrückt, die in der Regel durch ein digitales Abtasten des Halbtons der Magazinseiten verursacht werden.

Patentansprüche

1. Ein Prozeß zum Durchführen einer Halbtongebung eines Kontinuierlich-Tonbildes, um ein Halbtonbild zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Auswerten einer Region des Kontinuierlich-Tonbildes, um eine Eignung für eine Halbtongebung durch zumindest zwei verschiedene Halbtongebungsverfahren zu bestimmen;

Durchführen einer Halbtongebung der Region unter Verwendung des geeignetsten Halbtongebungsverfahrens, derart, daß verschiedene Halbtongebungsverfahren auf verschiedene Regionen des Kontinuierlich-Tonbildes angewandt werden können; und

Einbringen einer Hysterese, um scharfe Übergänge in dem Bild zu kompensieren.

2. Ein Prozeß gemäß Anspruch 1, bei dem ein erstes Halbtongebungsverfahren auf detaillierte Kontinuierlich-Tonbildbereiche angewandt wird und ein zweites Halbtongebungsverfahren auf flache Kontinuierlich-Tonbildbereiche angewandt wird.

3. Ein Prozeß gemäß Anspruch 2, bei dem das erste Halbtongebungsverfahren ein Fehlerdiffusionsverfahren ist.

4. Ein Prozeß gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem das zweite Verfahren ein Dither-Verfahren ist.

5. Ein Prozeß gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Aktivitätsindex verwendet wird, um die Region auszuwerten.

6. Ein Prozessor zum Durchführen einer Halbtongebung eines Kontinuierlich-Tonbildes, um ein Halbtonbild zu erzeugen, wobei der Prozessor folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Auswerten einer Region des Kontinuierlich-Tonbildes, um eine Eignung für eine Halbtongebung durch zumindest zwei verschiedene Halbtongebungsverfahren zu bestimmen;

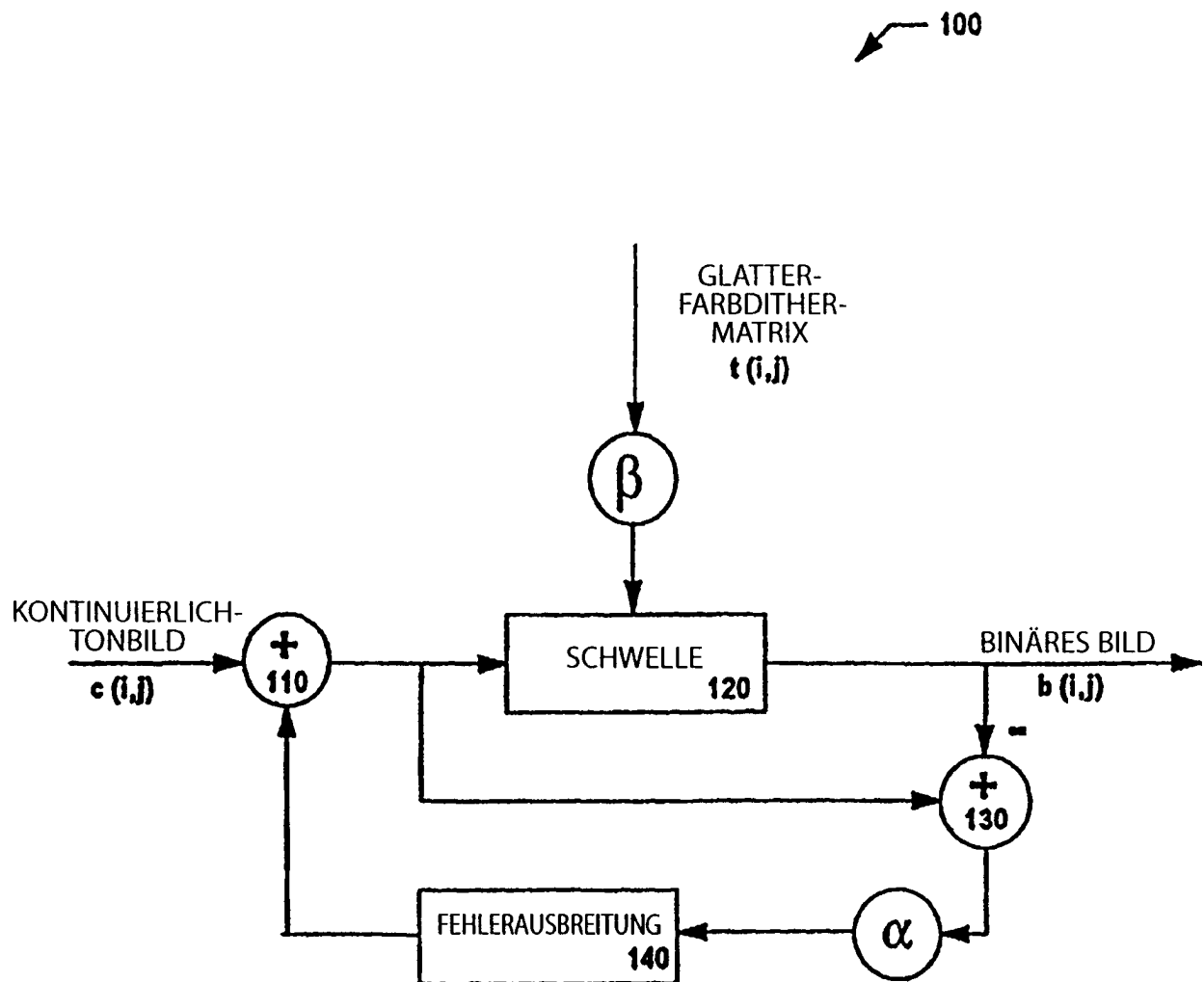
eine Einrichtung zum Durchführen einer Halbtongebung der Region unter Verwendung des geeignetsten Halb-

tongebungsverfahrens, derart, daß verschiedene Halbtongebungsverfahren auf verschiedene Regionen des Kontinuierlich-Tonbildes angewandt werden können; und
eine Einrichtung zum Einbringen einer Hysterese, um scharfe Übergänge in dem Bild zu kompensieren.

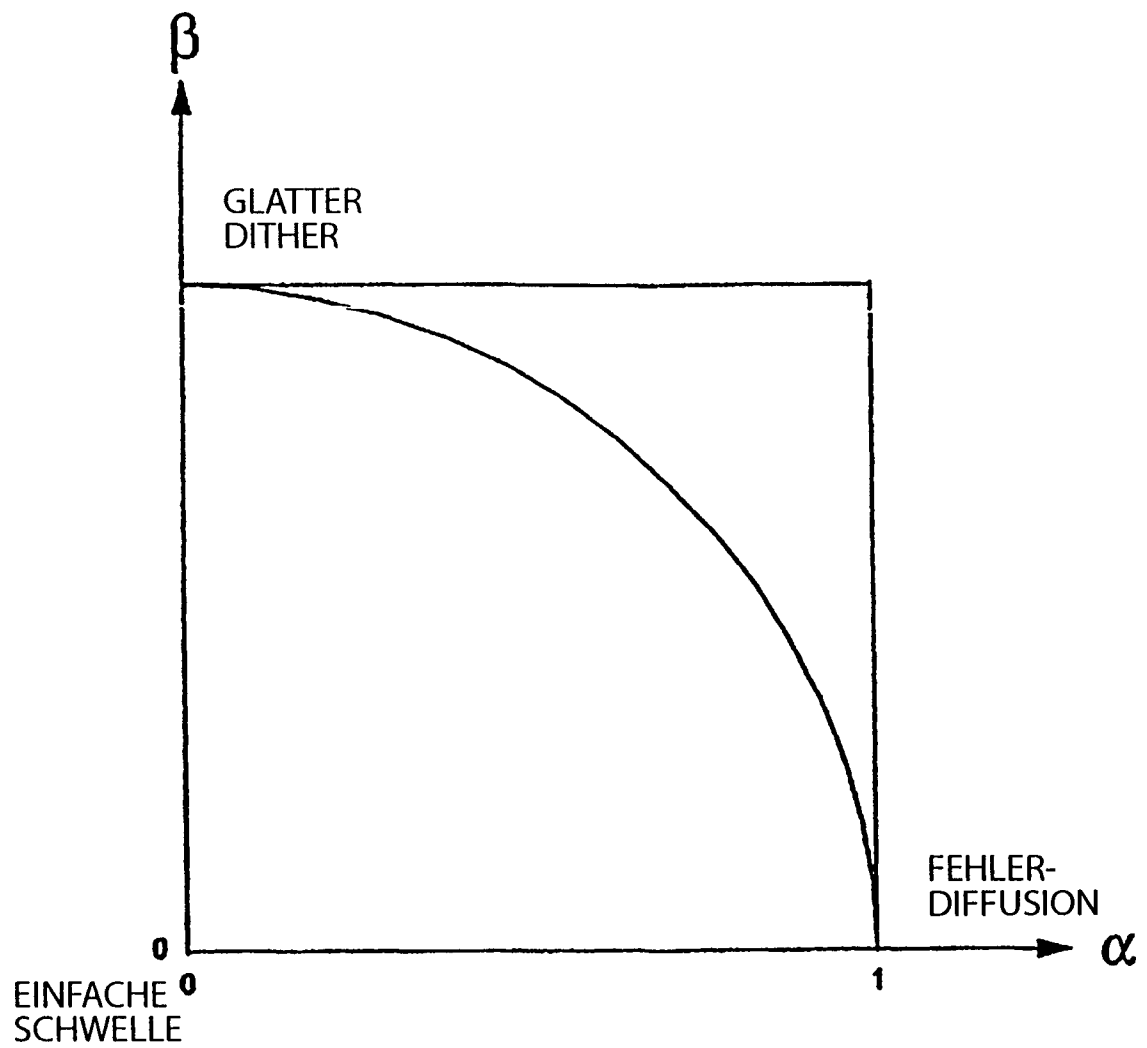
7. Ein Prozessor gemäß Anspruch 6, bei dem ein erstes Halbtongebungsverfahren für eine Anwendung auf detaillierte Kontinuierlich-Tonbildbereiche am geeignetsten ist und ein zweites Halbtongebungsverfahren für eine Anwendung auf flache Kontinuierlich-Tonbildbereiche am geeignetsten ist.

8. Ein Prozessor gemäß Anspruch 7, bei dem das erste Halbtongebungsverfahren ein Fehlerdiffusionsverfahren ist und/oder bei dem das zweite Verfahren ein Dither-Verfahren ist.

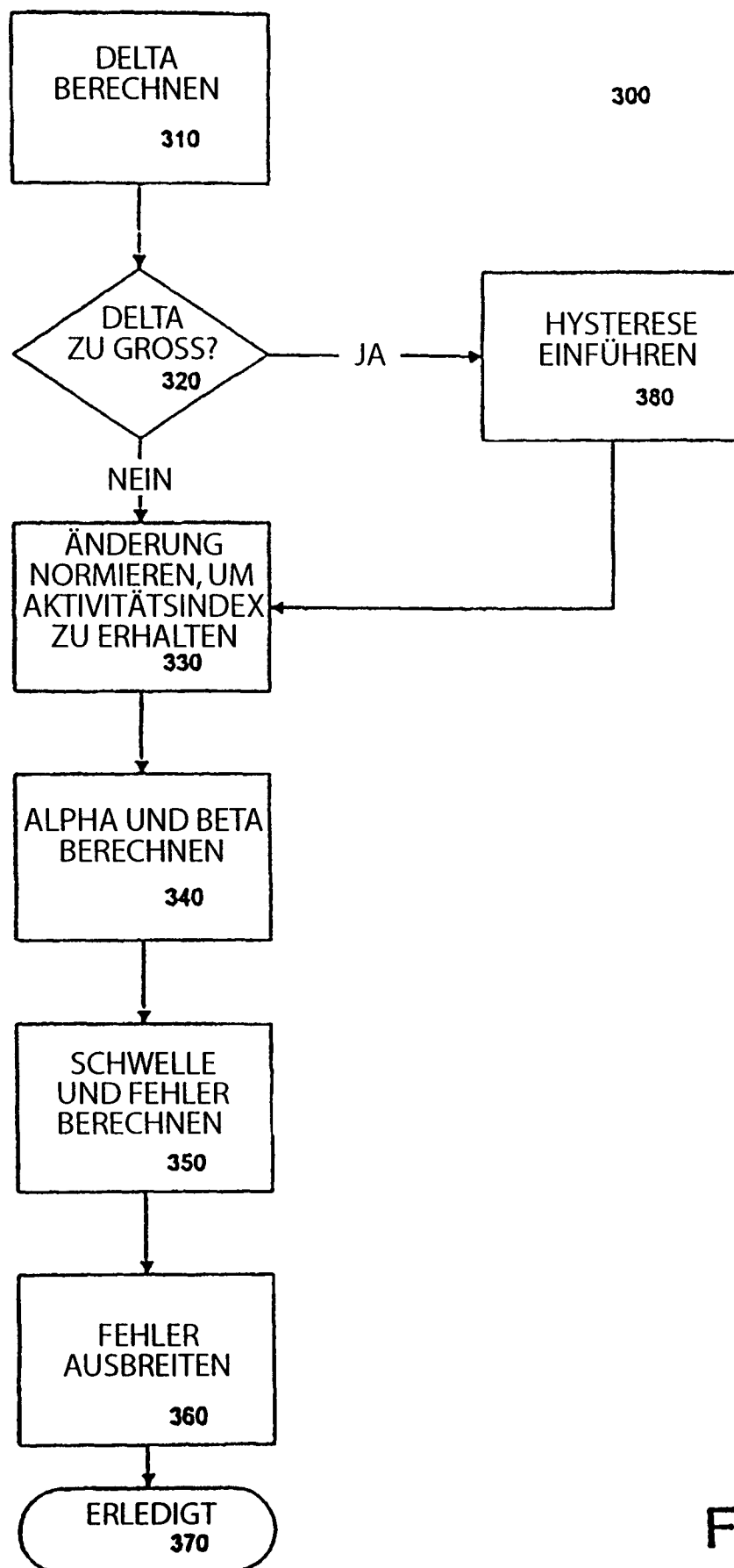
Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



FIGUR 1



FIGUR 2



FIGUR 3