



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 057 031 A1** 2005.06.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 057 031.0**

(22) Anmeldetag: **25.11.2004**

(43) Offenlegungstag: **23.06.2005**

(51) Int Cl.7: **G06T 5/00**

(30) Unionspriorität:
10/723,791 26.11.2003 US

(71) Anmelder:
**GE Medical Systems Global Technology
Company, LLC, Waukesha, Wis., US**

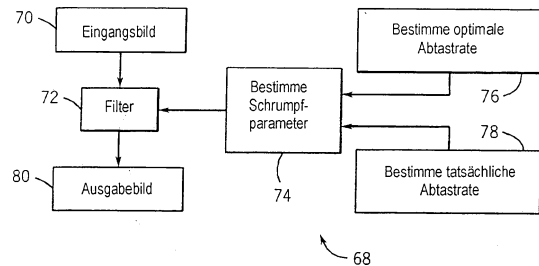
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
**Lal, Rakesh Mohan, Waukesha, Wis., US; Mack,
David C., Waukesha, Wis., US; Avinash, Gopal B.,
New Berlin, Wis., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Auflösungsadaptives Bildfiltersystem und -verfahren**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Technik zur Verbesserung von Digitalbildern durch Analyse der Samplingrate der Bilddaten geschaffen. Es wird die optimale Samplingrate beispielsweise auf der Basis der Punktspreizungsfunktion des Bildgebungssystems bestimmt (76) und mit der tatsächlichen Pixelsamplingrate (78) verglichen. Auf der Basis des Vergleichs kann das Bild verkleinert (geschrumpft) oder subgesampelt werden, um die optimale Samplingrate anzuwenden, die die optimale Filterung des Bildes gestattet, wobei inhärente Variationen der räumlichen Auflösung der Bilder berücksichtigt werden.



Beschreibung**Aufgabenstellung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Gegenstand der Erfindung ist das Gebiet der digitalen Bildgebung und Bildverbesserung. Gegenstand der Erfindung ist insbesondere eine Technik zur Verbesserung der Bildverbesserung durch angemessene Filterung von Bildeingangsdaten auf der Basis einer optimalen Abtaststrategie für die Daten.

Stand der Technik

[0002] Zur Erzeugung von digitalen Bildern sind gegenwärtig viele Techniken verfügbar. Die Techniken reichen hinsichtlich ihrer Komplexität von einfachen fotografischen Techniken zu komplexeren Bildgebungsarten wie solche, die bei der medizinischen Bildgebung, bei der Teileuntersuchung, bei der Päckchen- und Gepäckinspektion usw. benutzt werden. Zu den komplexeren Bildgebungstechniken gehören bildgebende Computertomographiesysteme (CT), bildgebende Magnetoresonanzsysteme (MRI), digitale Röntgenbildgebungssysteme usw. Bei allen diesen Anwendungen ergibt sich ein fortgesetztes Bestreben zur Verbesserung der Auflösung und der Klarheit der erzeugten Bilder. Allgemein gesprochen werden diese Verbesserungen in Verarbeitungsschritten erzielt, bei denen die Bilddaten durch mehrere Berechnungen nachbehandelt werden, um die Klarheit und letztendlich die Zweckmäßigkeit des schlussendlich rekonstruierten Bilds zu verbessern.

[0003] Gegenwärtige Bildgebungssysteme erzeugen Bilder mit unterschiedlichen räumlichen Auflösungen. Ein als Punktspreizungsfunktion des Systems bekannter Parameter hängt in hohem Maße von Bildgebungsparametern ab und ergibt solche unterschiedlichen räumlichen Auflösungen. Beispielsweise bestimmt bei CT-Bildern der spezielle Rekonstruktionsalgorithmus, der dazu genutzt wird, die akquirierten Daten in Bilddaten umzusetzen, die Größe der Punktspreizungsfunktion in erster Linie. Ähnlich beeinflusst bei MRI-Systemen das Ausmaß der null-gelüllten Interpolation der K-Raum-Daten (die bei einer Bildgebungssequenz akquirierten Daten) die räumliche Ausdehnung der Punktspreizungsfunktion. Bei Röntgenstrahlensystemen bestimmt der Abstand zwischen der Quelle und dem Detektor die Punktspreizungsfunktion des Systems.

[0004] Bildfilteralgorithmen, die dazu dienen, Zufallsrauschen aus dem Bild zu beseitigen, tragen gegenwärtig dieser Variation hinsichtlich der inhärenten räumlichen Auflösung nicht Rechnung. Entsprechend verhalten sich solche Algorithmen hinsichtlich der Bildqualität sub-optimal. In einem solchen Rahmen ergibt sich häufig ein Verlust räumlicher Auflösung in dem gefilterten Bild und zwar auch dann, wenn das Zufallsrauschen erfolgreich reduziert wird.

[0005] Es ergibt sich deshalb ein Bedarf nach einer verbesserten Technik zur Filterung von Digitalbildern. Gegenwärtig ist ein spezieller Bedarf für eine Technik vorhanden, die in unterschiedlichen Zusammenhängen benutzt werden kann und den unterschiedlichen Punktspreizungsfunktionen Rechnung trägt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung schafft eine neue Technik zur Bildverbesserung, die diesen Anforderungen Rechnung trägt. Die Technik basiert auf einem Bildfilteralgorithmus, der das Rauschen in dem Bild ohne Kompromisse hinsichtlich der räumlichen Auflösung des gefilterten Bilds reduziert. Die Technik passt sich automatisch an Variationen hinsichtlich der intrinsischen räumlichen Auflösung des Bilds an, das gefiltert wird. Insbesondere bestimmt die Technik eine optimale Abtaststrategie, beispielsweise anhand der Punktspreizungsfunktion des Bildes. Es ist außerdem möglich, die Punktspreizungsfunktion zu schätzen, indem die Bandbreiteigenschaften des Bildes geprüft werden. Diese optimale Abtaststrategie wird mit einer tatsächlichen Pixelabtaststrategie verglichen. Auf der Basis dieses Vergleichs kann das Bild während der Filterung entsprechend verkleinert werden, um die optimale Abtaststrategie zu erhalten. Alternativ kann in entsprechendem Zusammenhang ein Resampling der Daten erfolgen.

[0007] Die Erfindung befasst sich mit Verfahren, Systemen und Computerprogrammen, die zur Implementierung solcher Techniken eingerichtet sind.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Die vorstehenden und anderen Eigenschaften und Vorzüge der Erfindung werden aus dem Studium der folgenden detaillierten Beschreibung mit Bezug auf die Zeichnungen ersichtlich, in denen:

[0009] [Fig. 1](#) eine diagrammartige Darstellung eines exemplarischen Bildgebungssystems zeigt, das dazu eingerichtet ist, eine auflösungsadaptive Bildfilterung gemäß den vorliegenden Techniken zu erbringen,

[0010] [Fig. 2](#) eine Skizze eines exemplarischen diskreten Pixelbilds ist, das aus einer Pixelmatrix erstellt ist, die variierende Intensitäten aufweisen, die durch die vorliegenden Techniken zu verstärkende Strukturen und Nichtstrukturen definieren,

[0011] [Fig. 3](#) eine diagrammartige Veranschaulichung gewisser funktionaler Komponenten eines Systems zeigt, das eine auflösungsadaptive Bildfilterung gemäß den vorliegenden Techniken erbringt,

[0012] [Fig. 4](#) eine detailliertere Veranschaulichung einer Realisierung des Systems nach [Fig. 3](#) ist,

[0013] [Fig. 5](#) eine graphische Veranschaulichung der Auswirkungen in bildverarbeitenden Systemen auf idealisierte Punkte ist, die eine Punktspreizungsfunktion ergeben, an die sich die vorliegenden Techniken anpassen und

[0014] [Fig. 6](#) ein Flussbild ist, das verschiedene exemplarische logische Schritte veranschaulicht, die eine auflösungsadaptive Bildfilterung gemäß den vorliegenden Techniken erbringen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG SPEZIELLER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0015] In [Fig. 1](#) ist ein Bildgebungssystem **10** veranschaulicht, das ein Scanner- oder Datenakquisitionssystem **12** aufweist, das an eine Schaltung zur Akquisition und Verarbeitung diskreter Pixeldaten angeschlossen ist. Die von dem System **12** erfassten Signale werden encodiert, um Digitalwerte zu liefern, die für speziellen Stellen an oder in dem Objekt zugeordneten Signalen kennzeichnend sind, und sie werden zu der Bildakquisitionsschaltung **22** übertragen. Die Bildakquisitionsschaltung **22** liefert außerdem Steuersignale zur Konfiguration und Koordination des Systembetriebs während der Bildakquisition. Die Bildakquisitionsschaltung **22** überträgt die encodierten Bildsignale an eine Bildverarbeitungsschaltung **24**. Die Bildverarbeitungsschaltung **24** führt vorher festgelegte logische Steuerrountinen aus, die in einem Speicher **26** abgespeichert sind, um die von der Bildakquisitionsschaltung **22** akquirierten Signale zu filtern und zu konditionieren, um Digitalwerte zu liefern, die jedes Pixel in dem akquirierten Bild repräsentieren. Diese Werte werden dann in dem Speicher **26** zur nachfolgenden Verarbeitung und Anzeige gespeichert. Alternativ kann die Bildakquisitionsschaltung **22** die encodierten Bildsignale an den Speicher **26** übertragen. Die Bildspeicherschaltung **24** kann nachfolgend Signale von dem Speicher **26** zur Ausführung von weiter unten beschriebenen Filterungs- und Konditionierungsschritten akquirieren.

[0016] Die Bildverarbeitungseinheit **24** empfängt Konfigurations- und Steuerbefehle von einer Eingabeeinrichtung **28** über eine Eingabeinterfaceschaltung **30**. Die Eingabeeinrichtung **28** enthält typischerweise eine Bedienstation, eine Tastatur und andere Eingabeeinrichtungen zur wahlweisen und willkürlichen Eingabe von Konfigurationsparametern und zum Abruf spezieller Bildakquisitionssequenzen. Die Bildverarbeitungsschaltung **24** ist außerdem über eine Ausgabeinterfaceschaltung **34** an eine Ausgabebereinrichtung **32** angeschlossen. Die Ausgabebereinrichtung **32** enthält typischerweise einen Monitor oder Drucker zur Ansicht und Erzeugung rekonstruierter Bilder auf Basis des durch die Verarbeitungs-

schaltung **24** durchgeführten Bildaufbesserungs-Nachverarbeitung.

[0017] Bei der beschriebenen Ausführungsform sind die Bildverarbeitungsschaltung **24**, der Speicher **26** und die Ein- und Ausgabeinterfaceschaltungen **30** und **34** Teil eines programmierten digitalen Computers. Jedoch kann die Schaltung zur Ausführung der hier beschriebenen Techniken auch durch entsprechende Programmierung von anwendungsspezifischen Mikroprozessoren, Analogschaltungen oder einer Kombination von Digital- und Analogschaltungen realisiert werden.

[0018] Es sollte angemerkt werden, dass das Bildgebungssystem **12** ein Bildgebungssystem jeder geeigneten Bauart oder Modalität enthalten kann. Beispielsweise kann das System im Kontext der medizinisch-diagnostischen Bildgebung, im industriellen Kontext sowie im Kontext mit der Inspektion und Handhabung von Päckchen und Gepäck eine bildgebende CT-Station enthalten. Ähnlich kann das System ein MRI-System, ein Röntgenstrahlensystem oder jedes andere geeignete System enthalten. Andere gegenwärtig in Betracht gezogene Systeme sind beispielsweise Tomosynthesysteme, Positronenemissionstomographiesysteme, Elektronenstrahlensysteme oder z.B. Ultraschallsysteme. Wie unten zusammengefasst, erzeugen alle diese unterschiedlichen Systeme Digitaldaten, die gemäß der hier vorgeschlagenen Technik gefiltert und aufbereitet werden können. Obwohl hier auf Bildverarbeitung innerhalb des Bildgebungssystems Bezug genommen wird, sollte klar sein, dass viele der hier beschriebenen Techniken in Post-Processing-Verfahren (Nachbearbeitungsverfahren) angewendet werden können und werden. Dies bedeutet, dass die Bildverarbeitung bei der Bildakquisition in Echtzeit oder nahezu Echtzeit oder nach der Akquisition und Abspeicherung der Bilddaten durchgeführt werden kann. Somit können die hier beschriebenen Bildfilter- und Aufbereitungstechniken fern von dem Bildgebungssystem aufgeführt werden, wie beispielsweise an vollständig gesonderten und unabhängigen Workstations, die entweder auf rohe, verarbeitete oder teilweise verarbeitete Bilddaten zugreifen und die hier beschriebenen Schritte und Funktionen ausführen, um das schlussendlich rekonstruierte Bild zu verbessern.

[0019] [Fig. 2](#) veranschaulicht ein exemplarisches Bild **50** mit diskreten Pixeln, das in dem Bildgebungssystem **10** erzeugt worden ist. Das Bild **50** besteht aus einer Matrix diskreter Pixel **52**, die einander benachbart in Reihen **54** und Spalten **56** angeordnet sind. Diese Pixelreihen und Pixelspalten liefern eine vorfestgelegte Matrix der Breite **58** und der Höhe **60**. Typische Matrixdimensionen enthalten 256 × 256 Pixel, 512 × 512 Pixel, 1.024 × 1.024 Pixel, nur um ein paar Beispiele zu nennen. Bei manchen Systemen

kann die spezielle Bildmatrixgröße mittels der Eingabeeinrichtung **28** (siehe [Fig. 1](#)) gewählt werden und von solchen Faktoren wie dem abzubildenden Objekt, der gewünschten Auflösung und der Physik oder Charakteristik des bildgebenden Systems abhängen.

[0020] Wie in [Fig. 2](#) veranschaulicht, enthält das exemplarische Bild **50** Strukturbereiche **62**, die als aus langen zusammenhängenden durch benachbarter Pixel definierte Linien bestehend veranschaulicht sind. Das Bild **50** enthält außerdem Nichtstrukturregionen **64**, die außerhalb der Strukturregionen **62** liegen. Das Bild **50** kann außerdem isolierte Artefakte **66** verschiedener Größe (d.h. verschiedener Anzahl benachbarter Pixel) enthalten, die als Strukturregionen definiert sind oder die gemäß allgemein bekannter Techniken aus den definierten Strukturen entfernt werden. Während in der folgenden Diskussion stets auf Intensitätswerte innerhalb des Bilds, wie beispielsweise des exemplarischen Bilds **50**, Bezug genommen wird kann die vorliegende Technik auch zur Verarbeitung anderer, für die individuellen Pixel **52** des Bilds encodierten Parameter benutzt werden. Solche Parameter können nicht nur die Intensität sondern z.B. auch die Frequenz oder Farbe sein.

[0021] Bei der vorliegenden Technik können die akquirierten oder verarbeiteten Bilddaten als Eingangsbild angesehen werden. Dabei sind das Eingangsbild oder die Eingangsbilder, auf die hier Bezug genommen wird, wirkliche Bilddaten, die mittels der vorliegenden Technik verarbeitet werden. Das schlussendlich rekonstruierte Bild ist jedoch eine visuelle Präsentation, die von einem Nutzer angesehen werden kann. Die vorliegende Technik gestattet die Manipulation des Eingangsbilds, um die spezielle Punktspreizungsfunktion des bildgebenden Systems zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass die Technik auf Eigenschaften des bildgebenden Systems, das das Eingangsbild erzeugt hat, räumlich adaptiv ist. Bekannte Algorithmen zur Bildfilterung wenden Sätze von räumlichen Domain-Operationen zur Rauschminderung in dem Eingangsbild an. Manche Techniken führen solche Operationen durch Verkleinerung des Eingabebilds in einer Operation aus, die als Subsampling bezeichnet werden kann. Diese Schrumpf- oder Verkleinerungsoperation hat die Auswirkung einer Normierung der Eingangsauflösung und nutzt Redundanzen in dem Eingangsbild. Frühere Techniken beruhten jedoch darauf, dass die Bildgröße den Grad der Schrumpfung oder des Subsampling festlegen. Die vorliegende Technik verwendet einen durchgreifenderen Ansatz, bei dem das Ausmaß des zum Verkleinern oder Schrumpfen des Eingangsbilds genutzten Subsamplings von der intrinsischen räumlichen Auflösung des Bilds abhängt. In dem vorliegenden Kontext ist daran zu denken, dass die inhärente räumliche Auflösung von der Punktspreizungsfunktion des bildgebenden Systems, das die Bilddaten akquiriert, und der Samplingrate

abhängt, die zur Erzeugung des diskreten Bilds genutzt wird. Wie unten beschrieben, wird solche Information dazu verwendet, die optimale Samplingrate zu bestimmen, die als die Nyquist-Rate des bildgebenden Systems definiert werden kann. Diese Wert wird dazu benutzt, das Ausmaß des Subsamplings oder der Schrumpfung zu bestimmen, die vor Anwendung der Operationen im Raumbereich an dem Bild durchzuführen ist. Dieser Ansatz stellt sicher, dass das Optimalsamplingkriterium nicht durch Untersampling verletzt wird und dass das maximale Samplingmaß ohne Verlust von Bildinformation erreicht werden kann, um die Filterung des Bilds mit normierter Auflösung durchzuführen und Redundanzen in den Bilddaten auszunutzen.

[0022] [Fig. 3](#) veranschaulicht eine skizzenhafte Darstellung eines Systems zur Durchführung der Funktionen der vorliegenden Technik. Das insgesamt mit dem Bezugszeichen **68** bezeichnete System kann durch Hardware, Software, Firmware oder eine Kombination dieser Medien verwirklicht werden. Das System beginnt mit einem Eingangsbild **70**, das durch irgendein geeignetes Bildgebungssystem erzeugt ist. Das Eingabebild wird typischerweise in einer digitalen Speichereinrichtung gespeichert, wobei das Verarbeitungssystem zur Aufarbeitung und Verbesserung der Bildqualität auf dieses zugreifen kann. Das System enthält ein Filter **72**, das typischerweise durch geeignete in dem System gespeicherte Software gebildet wird. Einige Aspekte des Filters können in Übereinstimmung mit bekannten Techniken stehen, wie weiter unten beschrieben wird. Das Filter nutzt Schrumpf- oder Subsamplingniveaus, die durch ein Modul **74** zur Bestimmung eines Schrumpfpparameters bestimmt sind. Dieses Modul empfängt seinerseits Eingaben von einem Modul **76** zur Bestimmung der optimalen Samplingrate und einem Modul **78** zur Bestimmung der tatsächlichen Samplingrate. Wie unten beschrieben, wird der zweckmäßige Schrumpfpparameter oder das Subsamplingniveau auf der Basis der optimalen und der tatsächlichen Samplingrate bestimmt und an das Filter **72** geliefert. Das Filter erzeugt dann ein Ausgabebild **80**, das Daten enthält, die zu einem verbesserten oder vergrößerten Bild zur Ansicht, Speicherung, Übertragung oder Nachverarbeitung rekonstruiert werden können.

[0023] Wie angemerkt, können gewisse Elemente des Filters **72** Richtlinien folgen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. [Fig. 4](#) veranschaulicht einige dieser bekannten Elemente mit weiteren Komponenten, die die vorliegende Erfindung enthalten. Das Implementationssystem, das insgesamt mit dem Bezugszeichen **82** bezeichnet ist, fängt, wie oben angemerkt, mit dem Eingabebild **70** an. An einem Schritt **84** schrumpft das System das Eingabebild oder subsampelt das Eingabebild mittels eines Schrumpfpparameters. Wie der Fachmann bemerkt, kann die Verkleinerung durch verschiedene Subsamplingtech-

niken verwirklicht werden, einschließlich einer Pixel-durchschnittswertbildung, in der die die Intensitäten jedes Pixels repräsentierenden Digitalwerte gelesen und das Bild durch einen Faktor X geschrumpft wird, der generell größer als 1 ist. In der vorliegenden Ausführungsform kann ein 2×2 oder 3×3 Boxcar-Filter verwendet werden, um nicht überlappende Durchschnitte zu erhalten. Es können auch mehrdimensionale Faktoren verwendet werden, wie beispielsweise 2×3 oder 3×2 Filter. Ein mehrdimensionaler Faktor muss wenigstens in einer der Dimensionen größer als 1 sein, wie beispielsweise 3×1 oder 1×3 . Um nichtüberlappende Durchschnitte zu erhalten, können die Pixel des Bilds, falls erforderlich, bei Bedarf an den Grenzen gespiegelt werden.

[0024] Das Filter **72** dient zur Identifikation und Verarbeitung struktureller Merkmale des Eingabebilds sowie von nicht strukturellen Merkmalen oder Regionen. Somit werden in Block **86** von [Fig. 4](#) Abläufe oder Routinen zur Identifikation von Strukturen **88** in dem normierten Bild sowie Unterscheidungen solcher Strukturen von Nichtstrukturen **90** durchgeführt. Die Strukturen werden dann, wie durch Block **92** kenntlich gemacht, durch anisotrope Glättung verarbeitet, gefolgt durch eine Schärfung, gekennzeichnet durch Block **94**. Andererseits wird die Nichtstruktur durch isotropische Glättung verarbeitet, wie an Block **96** angedeutet ist. Die verarbeitete Struktur und Nichtstruktur formt dann ein gefiltertes Bild, wie in [Fig. 4](#) durch die Referenznummer **98** bezeichnet ist.

[0025] In Block **100** werden dann die Struktur- und Nichtstrukturdaten durch den gleichen Faktor expandiert, durch den das Bild in Block **84** geschrumpft oder subgesampelt worden ist. Die sich ergebende Expansion erzeugt eine expandierte Strukturmaske und ein expandiertes Bild, die beide die gleichen Dimensionen wie das Eingabebild haben. In Block **102** werden dann die in dem Eingabebild vorhandene Textur mit dem expandierten Bild gemischt, um das Ausgabebild **80** zu erzeugen. Der Mischungsprozess nutzt typischerweise die expandierte Strukturmaske, um eine differentiale Strukturmischung der Strukturregionen und Nichtstrukturregionen zu ermöglichen.

[0026] Es sollte angemerkt und für den Fachmann ersichtlich werden, dass die exemplarischen Schritte und Komponenten der [Fig. 4](#) lediglich Beispielcharakter haben. Dies bedeutet, dass andere unterschiedliche oder zusätzliche Module und Schritte vorhanden sein können. Beispielsweise kann eine zusätzliche Mischung stattfinden, bei der in das gemischte Bild hohe Frequenzen differentiell eingeführt werden, um ein rauschgemischtes Bild zu erzeugen. Einige dieser Techniken können die Bildqualität weiter verbessern. Die vorliegenden Techniken gehen darüber hinaus und gestatten eine weitere Verbesserung der Bildqualität wie beschrieben werden wird.

[0027] Wie der Fachmann zu würdigen wissen wird, kann die Punktspreizungsfunktion in Abhängigkeit von der Bildgebungsmodalität in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern bestimmt werden, die in einem Kopfabschnitt (Headerabschnitt) eines Bilddatenstroms gespeichert sind. Beispielsweise bestimmt der in erster Linie bei CT-Bildern verwendete Rekonstruktionsalgorithmus die Punktspreizungsfunktion des bildgebenden Systems. Weil die Zahl der für CT verwendeten Rekonstruktionsalgorithmen endlich ist, ist es möglich, die Punktspreizungsfunktion empirisch zu bestimmen, die jedem Rekonstruktionsalgorithmus zugeordnet ist. Solche Zuordnungen können in einer Look-up-Tabelle niedergelegt und bei der vorliegenden Verarbeitungseinrichtung benutzt werden. Bei MRI-Systemen ist die Punktspreizungsfunktion durch den ZIP-Parameter bestimmt, der den höchsten Frequenzinhalt jedes von dem System erzeugten Bildes definiert. Ausgehend von dem höchsten Frequenzinhalt in dem Bild existieren zahlreiche Verfahren in der Standard-Fourier-Theorie zur Bestimmung der Punktspreizungsfunktion in dem bildgebenden System. Bei Röntgenstrahlensystemen kann die Punktspreizungsfunktion aus dem Quellen-Detektor-Abstand und der Quellengröße bestimmt werden. Diese Information ist generell in dem Datenstromkopf des digitalen Röntgenbilds verfügbar. Somit ist zu jedem Typ eines bildgebenden Systems generell eine Technik verfügbar, die die Identifikation der Punktspreizungsfunktionen gestattet.

[0028] In [Fig. 5](#) ist eine exemplarische Veranschaulichung der Punktspreizungsfunktion gezeigt. Wie in [Fig. 5](#) veranschaulicht, kann die Idealsituation **104** graphisch veranschaulicht werden, während typischerweise bei einer tatsächlichen Implementierung die Repräsentation **106** des gespreizten Punkts angetroffen wird. Bei Veranschaulichung der Bildpixeldimensionen durch die Horizontalachse **108** in [Fig. 5](#) und der Pixelintensität durch die Vertikalachse ist jeder Punkt im Idealzustand unendlich dünn, wie in [Fig. 5](#) durch das Bezugszeichen **110** angezeigt ist. Jedoch tritt in Folge der den bildgebenden Systemen inhärenten Beschränkungen ein Verschwimmen auf, was eine Spreizung der Pixeldimensionen ergibt, wie in [Fig. 5](#) durch die Spur oder Kurve **112** kenntlich gemacht ist. Die vorliegende Technik setzt voraus, dass ein Informationsverlust im Wesentlichen vermieden werden kann, wenn eine Abtastung mit ungefähr doppelter Nyquist-Rate erfolgt. Die Nyquist-Rate kann durch Fourier-Transformation der Punktspreizungsfunktion bestimmt werden. Die Nyquist-Rate kann unter Verwendung von Standard-Bildverarbeitungstechniken bestimmt werden, indem in dem Bild die höchste harmonische Frequenz bestimmt oder geprüft wird. Obwohl dieser Ansatz zweckmäßig ist, beruht er nicht auf System- und Akquisitionsparametern und ist somit empfindlich auf Bildrauschen. Deshalb kann in der Praxis, wenn die Punktspreizungsfunktion breit ist, das Bild ziemlich verschwommen erschei-

nen, was ein höheres Maß von Schrumpfung oder Subsampling in den oben beschriebenen Bearbeitungsschritten erfordert. Zudem wird das Wiedergabefeld, d.h. die Dimensionen des Objekts des rekonstruierten Bilds allgemein betrachtet. Auf der Basis des Wiedergabefelds wird, wie unten beschrieben, ein Redundanzmaß bestimmt. Dies bedeutet, dass der Umstand, dass viele Pixel zur Repräsentation eines Objekts in dem rekonstruierten Bild erforderlich sind, ein hohes Maß von Redundanz impliziert und das Eingangsbild um ein ansehnliches Maß geschrumpft werden kann. Somit hängt der Grad der Verkleinerung oder Schrumpfung des Subsampling außerdem von diesem Redundanzmaß ab.

[0029] [Fig. 6](#) veranschaulicht verschiedene funktionale Logikschritte zur Bestimmung der angemessenen Schrumpfungs- oder Subsamplingparameter und -niveaus gemäß der vorliegenden Technik oder Erfindung. Das Verfahren beginnt mit der Bestimmung der Punktspreizungsfunktion des Systems, wie in Schritt **114** angezeigt. Wie oben angemerkt, kann die Punktspreizungsfunktion aus einer Look-up-Tabelle bestimmt oder berechnet werden. Wiederum beispielsweise kann die Punktspreizungsfunktion von solchen Faktoren abhängen, wie dem Rekonstruktionsalgorithmus bei der CT-Bildgebung, dem ZIP-Parameter bei der MR-Bildgebung oder dem Quellen-Detektor-Abstand bei der digitalen Röntgenbildgebung. Aus dieser Punktspreizungsfunktion wird dann die optimale Samplingrate durch Modul **76** bestimmt. Es sind bekannte Techniken zur Bestimmung der optimalen Samplingrate bestimmbar, die generell als auf der Punktspreizungsfunktion des bildgebenden Systems basierenden Nyquist-Rate angesehen werden können. Solche Techniken beinhalten eine Modulationstransferfunktion, die die Größe oder Frequenzantwort der Punktspreizungsfunktion nutzt.

[0030] Parallel zu dieser Verarbeitung wird das oben beschriebene Redundanzmaß bestimmt. Das Redundanzmaß ist, wie in [Fig. 6](#) veranschaulicht, durch Bestimmung der Pixelgröße bestimmt, d.h. der physikalischen Dimensionen der Pixel in dem rekonstruierten Bild. Dem Fachmann ersichtlich, beruht diese Bestimmung auf dem Sichtfeld (Field-of-View) und der Bildgröße, in Pixeln, und ergibt ein in Längeneinheiten (typischerweise Millimeter) angegebene Maß. Das Modul **76** bestimmt dann die Pixelsamplingrate aus der Pixelgröße. Die Samplingrate kann allgemein als zu der Pixelgröße invers angesehen werden, was eine Maßeinheit von Zyklen pro Längeneinheit ergibt.

[0031] Die optimale Samplingrate, die als S_o bezeichnet werden kann, und die Pixelsamplingrate, die als S_p bezeichnet werden kann, werden dann in Schritt **118** miteinander verglichen. Zusätzlich wird bevorzugt, dass die Pixelsamplingrate höchstens dem Wert der optimalen Samplingrate entspricht. So-

mit werden auf Basis des Vergleichs in Schritt **118** der optimale oder gewünschte Schrumpf- oder Subsamplingparameter bestimmt. Bei einer in [Fig. 6](#) veranschaulichten vorliegenden Ausführungsform ist der Wert von S_o größer oder gleich der tatsächlichen Samplingrate S_p , wobei der Schrumpfparameter auf den Wert 1 gesetzt wird. Dies bedeutet, dass das Bild bereits mit einer Sampling- oder Abtastrate abgetastet ist, die geringer ist als die optimale Samplingrate, so dass jedes zusätzliche Schrumpfen oder Subsampling zu einer Unterabtastung (Undersampling) führt. Wenn allerdings die optimale Samplingrate geringer ist als die Pixelsamplingrate wird der Schrumpf- oder Subsamplingparameter auf den Wert S_p/S_o gesetzt. Dies bedeutet, dass das Bild mit einer höheren Rate abgetastet wird als es der optimalen Rate entspricht, so dass ein zusätzliches Sampling durchgeführt werden kann, ohne Bildinformation zu verlieren. Der Wert S_p/S_o kann im vorliegenden Kontext als Redundanzmaß angesehen werden. Der resultierende Parameter wird dann in der oben beschriebenen Verarbeitung zur Schrumpfung oder zum Subsampling des Eingangsbilds zur Filterung verwendet.

[0032] In einem gewissen Kontext ist es möglich, die Bilddaten auf Basis der Rohdaten oder vorverarbeiteten Daten zu resampeln. Diese Möglichkeit ist in [Fig. 6](#) durch Schritt **124** angedeutet. Wenn beispielsweise das Redundanzmaß größer als Eins ist, kann es möglich sein, eine Interpolation auf der Basis des Eingangsbilds beispielsweise im Frequenzbereich oder einem anderen Bereich durchzuführen. Somit kann das Rohbild rückverarbeitet werden, wie beispielsweise im Case-Raum für MRI-Daten oder Radon-Raum für CT-Daten, um die gewünschte Samplingrate zu erhalten, die zu der optimalen Samplingrate passt.

[0033] Obwohl die vorliegende Erfindung als eine Anwendung zur Justage von Filterparametern beschrieben worden ist, sind andere Anwendungen ebenfalls möglich. Beispielsweise kann das Redundanzmaß dazu verwendet werden, den Bediener eines Datenakquisitionssystems darüber zu informieren, dass suboptimale Daten akquiriert werden. Als ein anderes Beispiel kann das Redundanzmaß dazu verwendet werden, optimale Displayparameter für die Bilddaten festzulegen. In einem weiteren Beispiel kann das Redundanzmaß dazu verwendet werden, die Quantisierung von Bildern zu führen. In einem weiteren Beispiel kann das Redundanzmaß dazu verwendet werden, Bildanalyseparameter festzulegen.

[0034] Es ist eine Technik zur Verbesserung von Digitalbildern durch Analyse der Samplingrate der Bilddaten geschaffen. Es wird die optimale Samplingrate beispielsweise auf der Basis der Punktspreizungsfunktion des Bildgebungssystems bestimmt **76** und

mit der tatsächlichen Pixelsamplingrate **78** verglichen. Auf der Basis des Vergleichs kann das Bild verkleinert (geschrumpft) oder subgesampelt werden, um die optimale Samplingrate anzuwenden, die die optimale Filterung des Bildes gestattet, wobei inhärente Variationen der räumlichen Auflösung der Bilder berücksichtigt werden.

[0035] Während die Erfindung verschiedenen Modifikationen und Alternativen unterliegen kann, sind in den Zeichnungen spezielle Ausführungsformen dargestellt und hier beschrieben worden. Jedoch versteht es sich, dass die Erfindung nicht auf die speziellen geoffenbarten Ausführungsformen beschränkt ist. Vielmehr soll die Erfindung alle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen umfassen, die in den Schutzbereich der nachfolgenden Patentansprüche fallen.

Bezugszeichenliste

10	Bildgebendes System
12	Scanner/Datenakquisitionssystem
22	Bildakquisitionsschaltung
24	Bildverarbeitungsschaltung
26	Speicher
28	Eingabeeinrichtung
30	Eingabeinterfaceschaltung
32	Ausgabeeinrichtung
34	Ausgabeinterfaceschaltung
50	diskretes Pixelbild
52	Pixelmatrix
54	Reihen
56	Spalten
58	Matrixbreite
60	Matrixhöhe
62	Strukturbereiche
64	Nichtstrukturbereiche
66	Artefakte
68	Bildverarbeitungssystem
70	Eingangsbild
72	Filter
74	Schrumpfp parameterbestimmungsmodul
76	Modul zur Bestimmung der optimalen Samplingrate
78	Modul zur Bestimmung der tatsächlichen Samplingrate
80	Ausgangsbild
82	Implementierendes System
84	Schrumpfm modul
86	Struktursegmentierungsmodul
88	Struktur
90	Nichtstruktur
92	Glättungsmodul
94	Schärfungsmodul
96	Glättungsmodul
98	Gefiltertes Bild
100	Bildexpansionsmodul
102	Mischungsmodul
104	Idealpunktdarstellung

106	Punktspreizungsdarstellung
108	Bildpixeldimensionen
110	Intensität
112	Gespreizte Kurve
114	Bestimme PSF
116	Bestimme Pixelgröße
118	Vergleiche Raten
120	Setze Schrumpfp parameter
122	Setze Schrumpfp parameter
124	Resampeln

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Bilds aus Bilddaten, bei dem:
für die Bilddaten eine Pixelsamplingrate (**78**) bestimmt wird,
die Pixelsamplingrate mit einer gewünschten Samplingrate (**76**) verglichen wird,
auf der Basis des Vergleichs ein Schrumpfp parameter (**74**) bestimmt wird und
die Bilddaten einschließlich der Schrumpfung eines Eingangsbilds auf der Basis des Schrumpfp parameters verarbeitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die gewünschte Samplingrate (**76**) eine Nyquist-Rate zur Abtastung des Bilds ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die gewünschte Samplingrate (**76**) auf der Basis wenigstens einer Punktspreizungsfunktion (**114**) des bildgebenden Systems oder des Frequenzgehalts der Bilddaten bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Pixelsamplingrate (**78**) auf der Basis eines Display-sichtfelds (Field-of-View) und der Größe der Pixel in dem Sichtfeld bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schrumpfp parameter ein Verhältnis der Pixelsamplingrate (**78**) zu der gewünschten Samplingrate (**76**) ist, wenn das Redundanzmaß unter einer vorbestimmten Schwelle liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Redundanzmaß das Verhältnis der Pixelsamplingrate (**78**) zu der gewünschten Samplingrate (**76**) ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Pixelsamplingrate (**78**) mit der gewünschten Samplingrate (**76**) verglichen wird, um ein Redundanzmaß zu bestimmen und bei dem die Bilddaten auf Basis des Redundanzmaßes verarbeitet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der Schrumpfp parameter ein Verhältnis der Pixelsamplingrate (**78**) zu der gewünschten Samplingrate (**76**) ist, wenn das Redundanzmaß unter einer vorbestimmten

Schwelle liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bilddaten durch Resampling der Bilddaten verarbeitet werden.

10. System (**10**) zur Verarbeitung von Bilddaten, wobei das System aufweist:
einen Speicher (**26**) zur Speicherung von Bilddaten und
eine Verarbeitungseinheit (**24**), die auf die Bilddaten zugreift, eine gewünschte Samplingrate für die Bilddaten bestimmt, eine Pixelsamplingrate für die Bilddaten bestimmt, die Pixelsamplingrate mit der gewünschten Samplingrate vergleicht, um ein Redundanzmaß zu bestimmen, und die die Bilddaten auf der Basis des Redundanzmaßes verarbeitet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

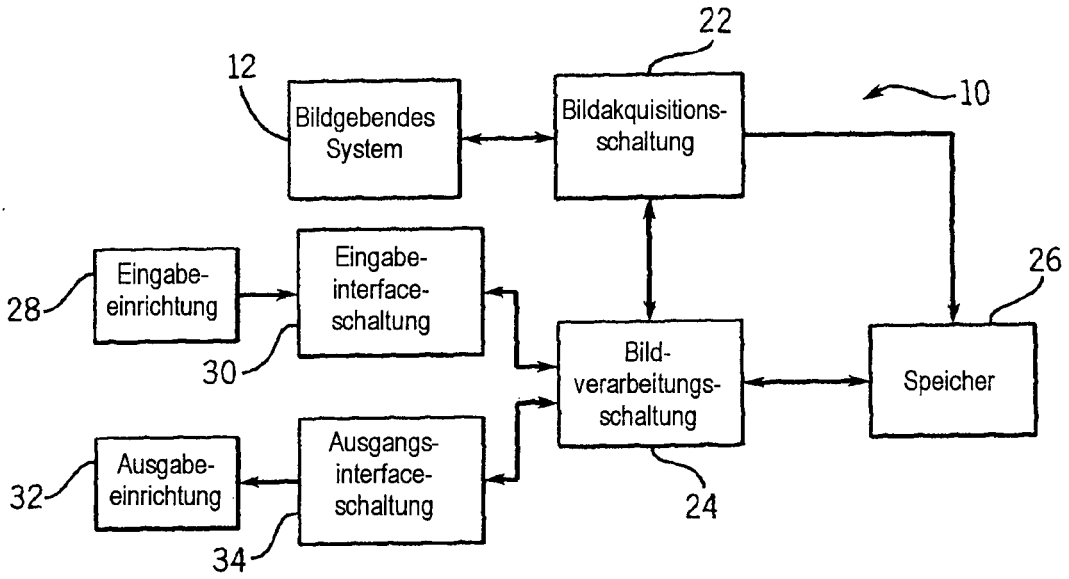


FIG. 1

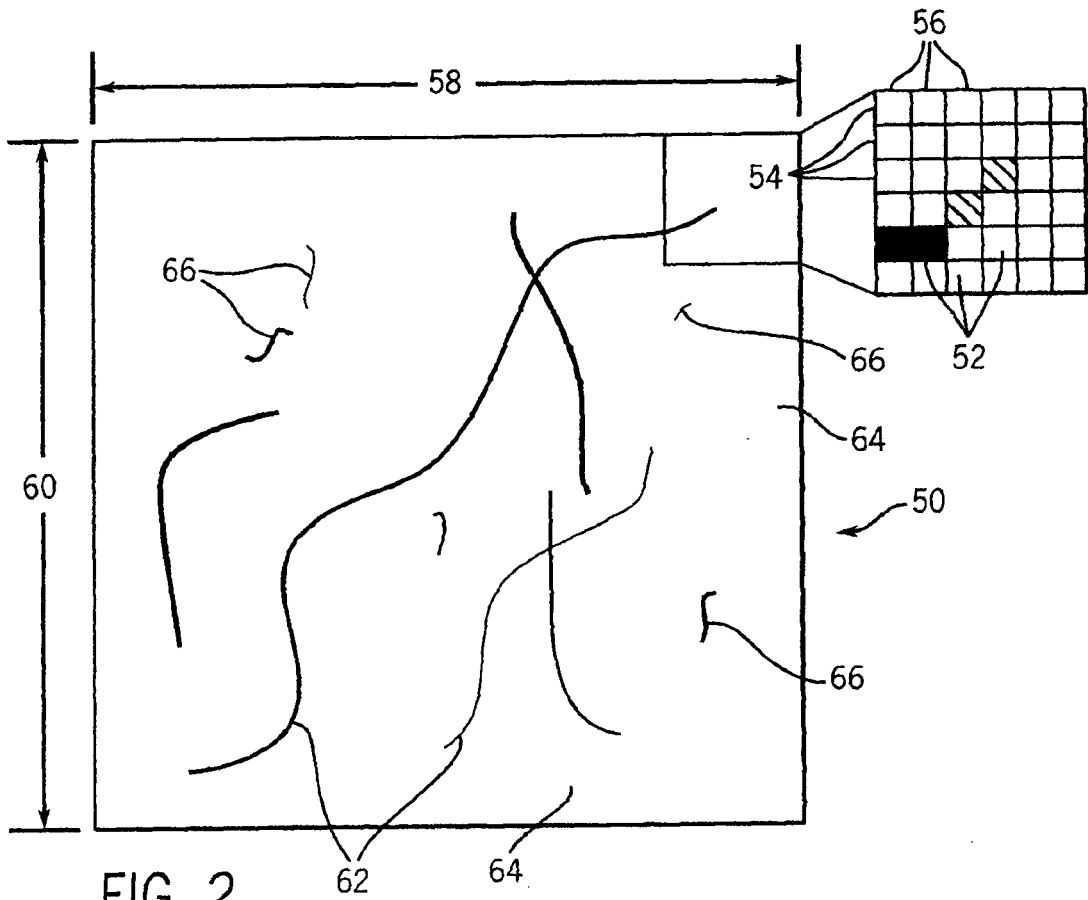


FIG. 2

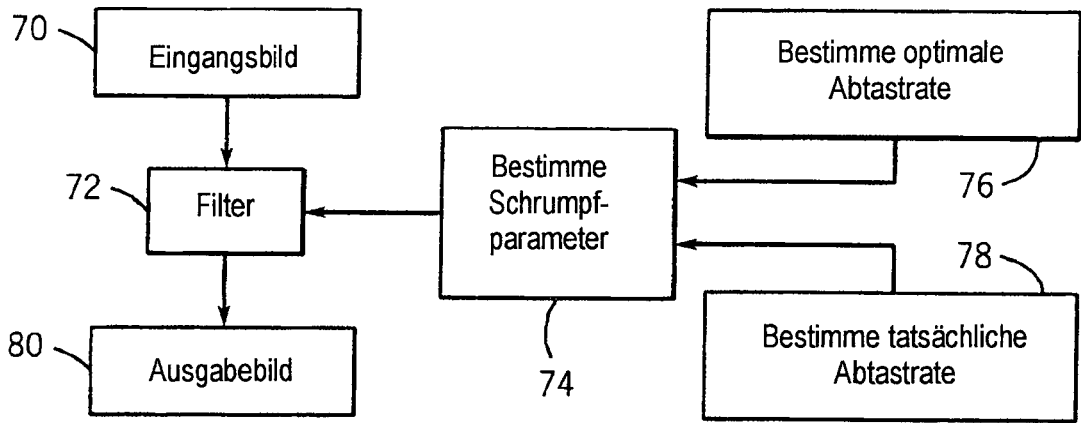


FIG. 3

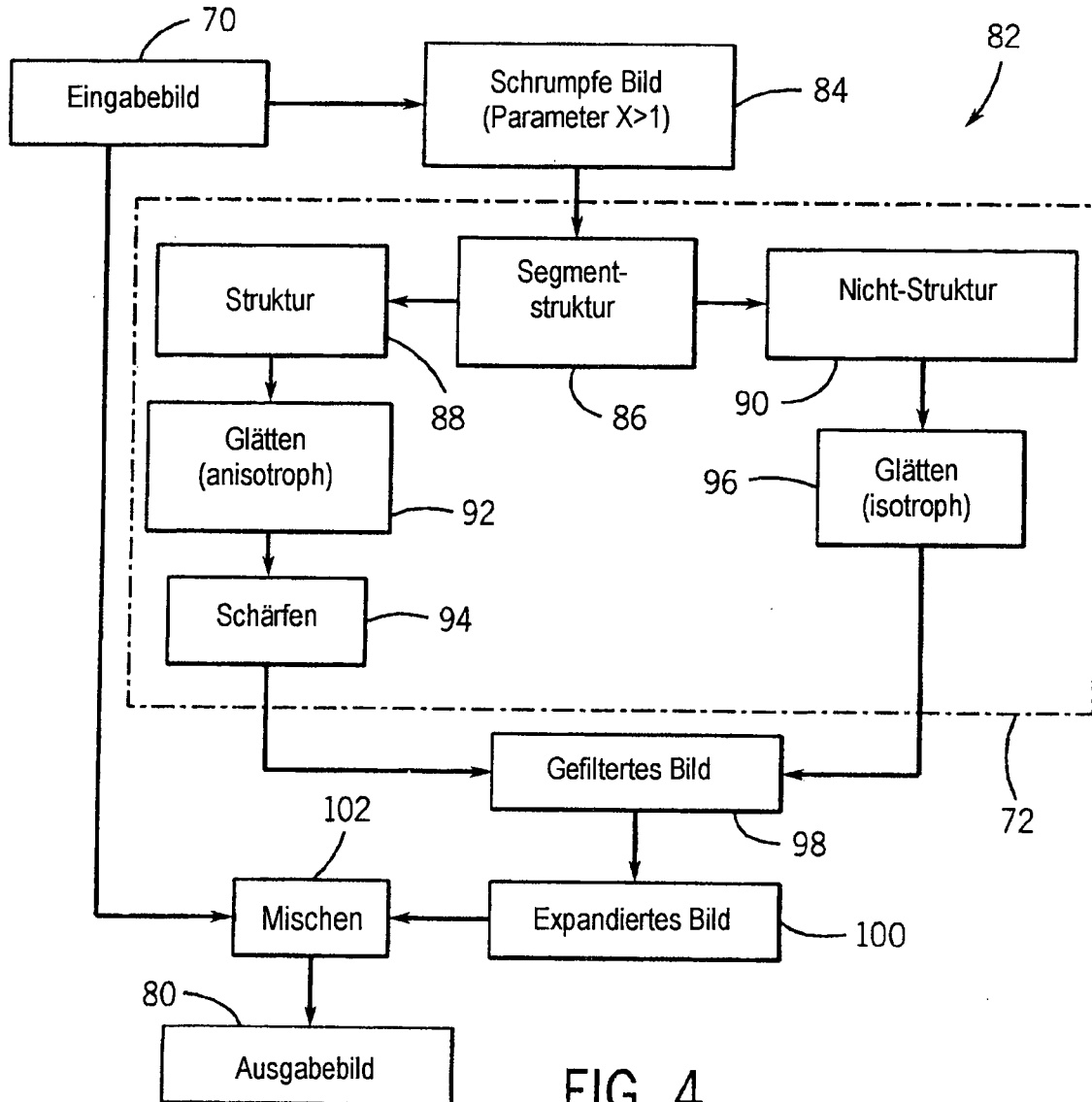


FIG. 4

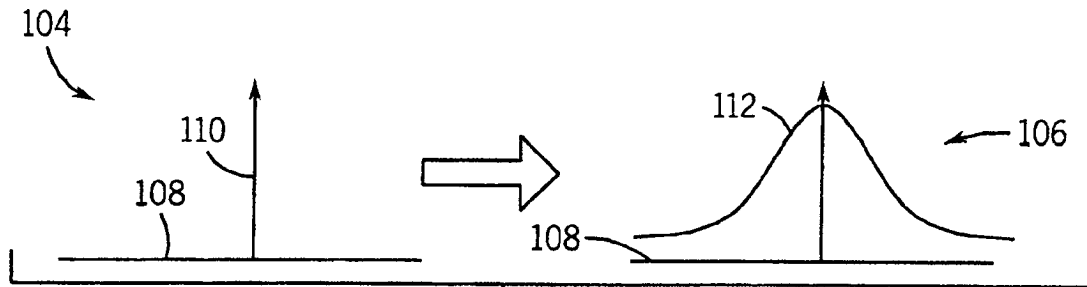


FIG. 5

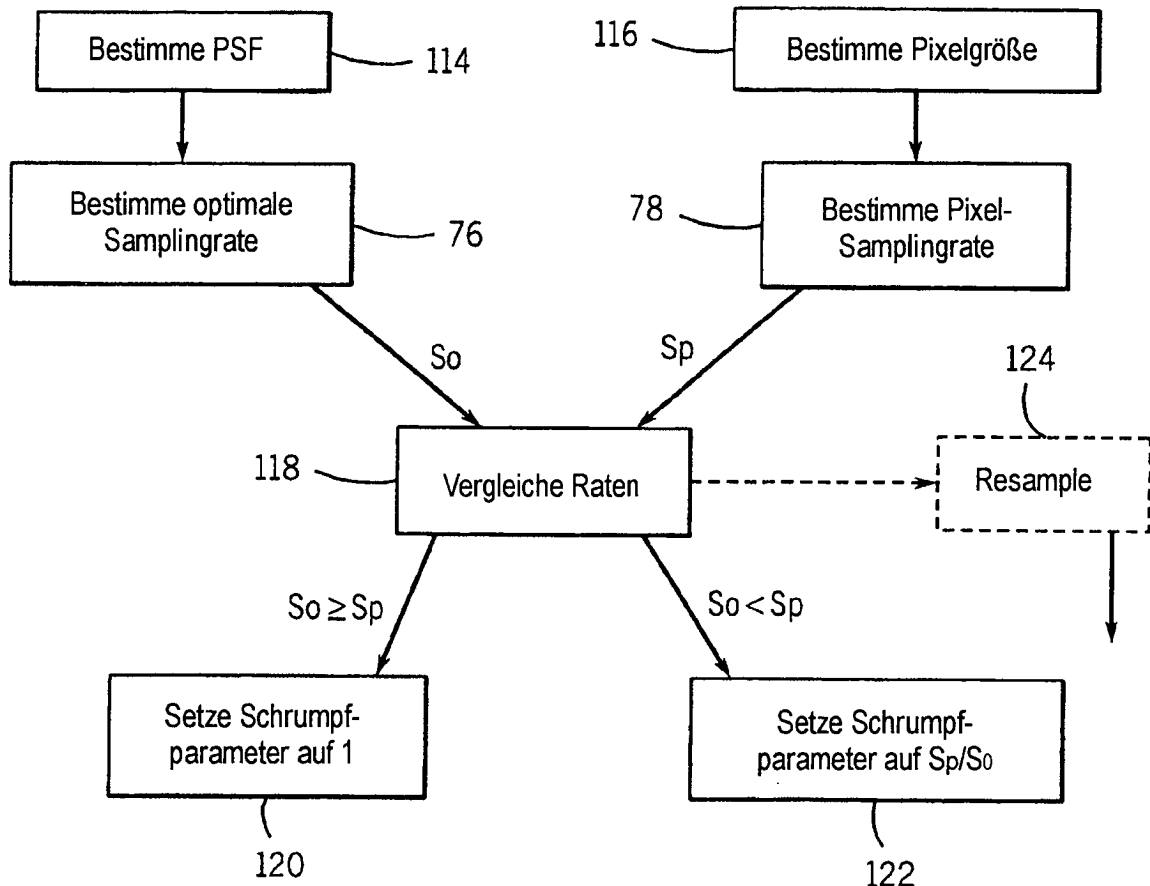


FIG. 6