



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 36 105 A1** 2004.04.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 36 105.7**

(22) Anmeldetag: **06.08.2003**

(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**

(51) Int Cl.⁷: **A61B 6/00**
A61B 6/03

(30) Unionspriorität:

10/265489 07.10.2002 US

(71) Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München

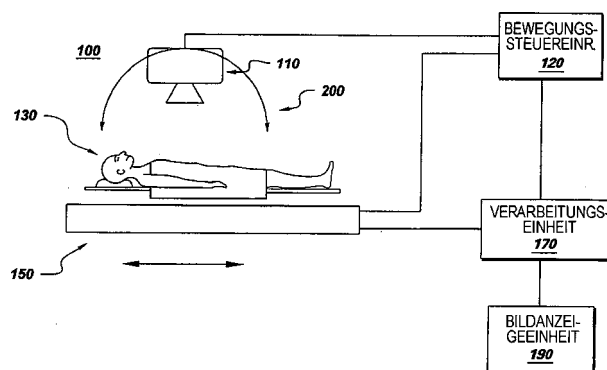
(72) Erfinder:

Claus, Bernhard Erich Hermann, Niskayuna, N.Y., US; Kapur, Ajay, Clifton Park, N.Y., US; Eberhard, Jeffrey Wayne, Albany, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Tomosynthesystem zur kontinuierlichen Abtastung und zugehöriges Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Ein Abbildungssystem (100) zur Durchführung einer Tomosynthese bei einer Region eines Objekts (130) umfasst eine Röntgenquelle (110), eine Bewegungssteuereinrichtung (120), eine Röntgenerfassungseinrichtung (150) und eine Verarbeitungseinheit (170). Die Röntgenquelle (110) ist an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt (130) positioniert und bewegt sich kontinuierlich entlang eines Weges (200) relativ zum Objekt (130) an eine Vielzahl vorbestimmter Orte. Die Röntgenquelle (110) schickt Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts (130). Die Bewegungssteuereinrichtung (120) ist mit der Röntgenquelle (110) verbunden und bewegt die Röntgenquelle (110) kontinuierlich entlang des Weges (200) relativ zum Objekt (130). Die Röntgenquelle (110) minimiert aufgrund der kontinuierlichen Bewegung eine Vibration im Abbildungssystem (100). Die Röntgenerfassungseinrichtung (150) ist an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle (110) positioniert und erfasst die durch die Region des Objekts (130) geschickte Röntgenstrahlung, wodurch Röntgenbilddaten erfasst werden, die die Region des Objekts (130) darstellen. Die Verarbeitungseinheit (170) ist mit der Röntgenerfassungseinrichtung (150) zur Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesbild der Region des Objekts (130) verbunden.



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Tomosynthesysteme, und insbesondere auf ein System und ein Verfahren zur kontinuierlichen Abtastung in Tomosynthesystemen.

Stand der Technik

[0002] Tomosynthesysteme werden oft auf dem Gebiet der Medizin zur Erzeugung dreidimensionaler (3D-) Bilder eines Objekts verwendet. Ein typisches Tomosynthesystem umfasst eine Röntgenquelle, eine Röntgenerfassungseinrichtung, eine Bewegungssteuereinrichtung und eine Verarbeitungseinheit. Die Röntgenquelle wird entlang eines Weges bewegt und projiziert Röntgenstrahlen auf das Objekt, üblicherweise einen Patienten. Die Röntgenerfassungseinrichtung erfasst die Röntgenstrahlen und erzeugt einen entsprechenden Tomosynthesedatensatz, der Projektionsröntgenbilder bzw. -radiographien umfasst. Die Verarbeitungseinheit verarbeitet das Projektionsröntgenbild zur Erzeugung eines 3D-Bildes des Objekts.

[0003] Ein Ansatz zur Projektion von Röntgenstrahlen auf das Objekt ist der Schritt- und Aufnahmeansatz. Bei diesem Ansatz wird die Röntgenquelle an eine Position am Objekt bewegt und darauf gerichtet. Röntgenstrahlen werden auf die Position projiziert und ein Projektionsröntgenbild wird erfasst. Die Röntgenquelle wird dann an eine zweite Position bewegt, und ein zweites Projektionsröntgenbild wird erfasst. Die Röntgenquelle wird dann an mehrere Positionen relativ zum Objekt zur Erfassung eines Satzes von Projektionsröntgenbildern bewegt. Die Projektionsröntgenbilder werden dann zum Erhalten eines 3D-Bildes verarbeitet.

[0004] Im Allgemeinen soll das abgebildete Objekt an einer stationären Position gehalten werden, während die Projektionsröntgenbilder erfasst werden. Zur Minimierung der Objektbewegung muss die für die Erfassung erforderliche Zeit ("Erfassungszeit") der Projektionsröntgenbilder verkürzt werden. Bei dem Schritt- und Aufnahmeverfahren ist die Erfassungszeit merklich lang, da die Erfassungszeit die Summe der Belichtungszeit für jede Position und der Zeit ist, die die Röntgenquelle zur Bewegung an verschiedene Positionen braucht.

[0005] Ein weiteres Problem des Schritt- und Aufnahmeansatzes besteht darin, dass Bilder erzeugt werden, die aufgrund der Systemvibration verschmiert sind. Zur Verringerung der Systemvibration ist ein kurzer Zeitabschnitt zum Dämpfen der Restvibration auf einen annehmbaren Pegel vor der Erfassung des Projektionsröntgenbildes erforderlich. Der kurze Zeitabschnitt addiert sich zur Erfassungszeit, was auch nicht erwünscht ist.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, die Erfassungszeit zur Erzeugung von 3D-Bildern durch ein Tomosynthesystem bei gleichzeitiger Reduzierung der Systemvibration zu minimieren.

[0007] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst ein Abbildungssystem, das eine Tomosynthese einer Region eines Objekts durchführt, eine Röntgenquelle, eine Bewegungssteuereinrichtung, eine Röntgenerfassungseinrichtung und eine Verarbeitungseinheit. Die Röntgenquelle ist an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt positioniert und bewegt sich kontinuierlich entlang eines Weges relativ zum Objekt. Die Röntgenquelle sendet Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts an einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges, während die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt bewegt wird. Die Bewegungssteuereinrichtung ist mit der Röntgenquelle verbundene und bewegt die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt. Die Bewegungssteuerung der Röntgenquelle minimiert die Vibration im Abbildungssystem aufgrund der kontinuierlichen Bewegung. Die Röntgenerfassungseinrichtung ist an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle positioniert. Die Röntgenerfassungseinrichtung erfasst die durch die Region des Objekts geschickte Röntgenstrahlung und erfasst somit Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen. Die Verarbeitungseinheit ist mit der Röntgenerfassungseinrichtung zur Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objektes verbunden.

[0008] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung eines Tomosynthesebildes einer Region eines Objekts unter Verwendung eines Abbildungssystems ausgebildet. Das Verfahren umfasst den ersten Schritt der kontinuierlichen Bewegung einer Röntgenquelle entlang eines Weges, der an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt positioniert ist, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle die Vibration im Abbildungssystem minimiert. Im zweiten Schritt wird Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts von einer Vielzahl von vorbestimmten Orten entlang des Weges geschickt, während die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt bewegt wird. Der dritte Schritt umfasst die Erfassung der durch die Region des Objekts geschickten Röntgenstrahlung und der vierte Schritt umfasst die Erfassung von Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen. Der fünfte Schritt umfasst die Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts.

[0009] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel ist ein Abbildungssystem zur Durchführung einer Tomosynthese bei einer Region eines Objekts ausgestaltet. Das Abbildungssystem umfasst eine an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt positionierte

Röntgenquelle, die sich kontinuierlich entlang eines Weges relativ zum Objekt bewegt, während Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts von einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges geschickt wird. Eine Bewegungssteuereinrichtung ist mit der Röntgenquelle verbunden und bewegt die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges. Die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle minimiert die Vibration im Abbildungssystem. Eine Röntgenerfassungseinrichtung ist an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle positioniert und erfasst die durch die Region des Objekts geschickte Röntgenstrahlung. Die Röntgenerfassungseinrichtung erfasst Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen. Eine mit der Röntgenerfassungseinrichtung verbundene Verarbeitungseinheit verarbeitet die Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts.

[0010] Ein alternatives Ausführungsbeispiel stellt ein Verfahren zur Erzeugung eines Tomosynthesebildes einer Region eines Objekts unter Verwendung eines Abbildungssystems bereit. Das Verfahren umfasst die Schritte der kontinuierlichen Bewegung einer Röntgenquelle entlang eines an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt positionierten Weges, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle die Vibration im Abbildungssystem minimiert. Der nächste Schritt umfasst das Schicken von Röntgenstrahlen durch die Region des Objekts an einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges, während sich die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt bewegt.

[0011] Das Verfahren umfasst ferner den Schritt der Erfassung der durch die Region des Objekts geschickten Röntgenstrahlung, die Erfassung von Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen, und die Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts.

[0012] Diese und weitere Merkmale, Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung ersichtlich, in der gleichen Bezugszeichen gleiche Komponenten bezeichnen. Es zeigen:

[0013] **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung implementierten Abbildungssystems,

[0014] **Fig. 2** eine schematische Darstellung der Bewegung der Röntgenquelle relativ zum Objekt gemäß einem Ausführungsbeispiel des Abbildungssystems, und

[0015] **Fig. 3** ein Ablaufdiagramm des allgemeinen Verfahrens zur Erzeugung eines Tomosynthesebildes.

[0016] Wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, enthält ein Abbildungssystem **100** eine mit einer Bewegungssteuereinrichtung **120** verbundene Röntgenquelle **110**. Eine Verarbeitungseinheit **170** ist zwischen die Bewe-

gungssteuereinrichtung **120**, eine Röntgenerfassungseinrichtung **150** und eine Bildanzeigeeinheit **190** geschaltet. Die Verarbeitungseinheit **170** kann einen Mikroprozessor, eine Zentralverarbeitungseinheit, einen Personalcomputer, eine Workstation, einen Minicomputer, einen Mainframecomputer oder einen Supercomputer umfassen. Die Bewegungssteuereinrichtung **120** kann in der Verarbeitungseinheit **170** als Software unter Verwendung einer Befehlssprache zur Bewegung der Röntgenquelle **110** enthalten sein. Die Verarbeitungseinheit **170** kann mit der Bewegungssteuereinrichtung **120**, der Röntgenerfassungseinrichtung **150** und der Bildanzeigeeinheit **190** beispielsweise über ein Telefon- oder Kabelnetz, ein Ethernet, lokales Netz (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN), ein Dienste integriertes digitales Fernmeldenetz (ISDN) oder eine digitale Teilnehmerleitung (DSL) verbunden sein. Die Bildanzeigeeinheit kann beispielsweise einen Videomonitor, eine Flüssigkristallanzeige oder einen anderen Anzeigemonitor umfassen. Da das Abbildungssystem **100** die Röntgenquelle **110** während der Abtastung und Übertragung der Röntgenstrahlung kontinuierlich bewegt, sind die mit dem Aufbau und den Komponenten eines derartigen Abbildungssystems **100** verbundenen Kosten typischerweise geringer als die herkömmlicher Abbildungssysteme, wie der Schritt- und Aufnahmesysteme.

[0017] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Röntgenquelle **110** an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenerfassungseinrichtung **150** und einer Ebene des Objekts **130** positioniert. Beispielsweise ist die vorbestimmte Entfernung eine feste Entfernung, die während des gesamten Röntgenabbildungsprozesses (der Abtastung) konstant bleibt. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann sich die vorbestimmte Entfernung relativ zur Röntgenerfassungseinrichtung **150** und/oder zum Objekt **130** verändern, wenn sich die Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** bewegt. Beispielsweise kann sich die vorbestimmte Entfernung verändern, wenn sich die Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130** bewegt, wenn das Objekt **130** eine irreguläre oder variierende Form/Profil hinsichtlich des Weges **200** hat. Die Röntgenquelle **110** wird von der Bewegungssteuereinrichtung **120** zur kontinuierlichen Bewegung entlang eines Weges **200** relativ zum Objekt **130** angewiesen und schickt Röntgenstrahlung (Röntgenstrahlen) durch verschiedene Regionen des Objekts **130**. Die Bewegungssteuereinrichtung **120** ist mit der Röntgenquelle **110** verbunden und steuert die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130**. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Röntgenquelle **110** gelenkig gelagert, wobei die Röntgenquelle **110** auf einen gemeinsamen und/oder festen Punkt auf dem oder bezüglich des Objekts **130** zeigt. Das Objekt kann einen Menschen, ein Tier oder andere Objekte (organisch oder anorganisch) umfassen, wie mechanische/metallische Komponenten

oder Gepäck. Die Röntgenquelle **110** kann zur Bewegung entlang einer beliebigen Achse relativ zum Objekt **130** durch Neupositionierung des Objekts **130** und/oder des Abbildungssystems **100** zueinander eingerichtet sein. Beispielsweise kann der Weg **200** vom Kopf bis zu den Zehen oder von Schulter zu Schulter verlaufen, wenn das Objekt **130** ein Patient ist. Da sich die Röntgenquelle **110** kontinuierlich relativ zum Objekt **130** bewegt, ist die Vibration im Abbildungssystem **100** hinsichtlich des Startens und Stoppens der Röntgenquelle **110** an verschiedenen Punkten wesentlich reduziert. Ein weiterer Vorteil des Abbildungssystems **100** besteht darin, dass die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle **110** die Abtastzeit für das Objekt **130** verkürzt. Daher sind Fehlinterpretationen in den Bilddaten verursacht durch die Bewegung des Objekts **130** während der Belichtungszeit verringert, da die Gesamtabtastzeit verglichen mit herkömmlichen Systemen, wie Schritt- und Aufnahmesystemen, verkürzt ist.

[0018] Wenn die Röntgenquelle **110** kontinuierlich über das Objekt **130** bewegt wird, erfasst die Röntgenerfassungseinrichtung **150** die von der Röntgenquelle **110** und durch das Objekt **130** in verschiedenen Regionen geschickte Röntgenstrahlung. Dementsprechend erfasst die Röntgenerfassungseinrichtung **150** Röntgenbilddaten, die die Regionen des Objekts **130** darstellen. Typischerweise ist die Röntgenerfassungseinrichtung **110** an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle **150** positioniert. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Röntgenerfassungseinrichtung **150** bezüglich des Objekts **130** vor, nach und/oder während der Belichtung des Objekts **130** mit den Röntgenstrahlen von der Röntgenquelle **110** stationär. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann sich die Röntgenerfassungseinrichtung **150** relativ zum Objekt **130** vor, nach und/oder während der Belichtung des Objekts **130** mit den Röntgenstrahlen von der Röntgenquelle **110** bewegen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Röntgenerfassungseinrichtung **150** mit der Bewegungssteuereinrichtung **120** verbunden. Des Weiteren kann die Röntgenerfassungseinrichtung **150** bei diesem Ausführungsbeispiel zur linearen Bewegung mit der Röntgenquelle **110** oder mit anderen Mustern eingerichtet sein, wie auf eindimensionalen, zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Wegen relativ zur Röntgenquelle **110**. Die Röntgenerfassungseinrichtung **150** kann eine digitale Röntgenerfassungseinrichtung oder eine Flachfelderfassungseinrichtung umfassen.

[0019] Die Verarbeitungseinrichtung **170** ist mit der Röntgenerfassungseinrichtung **190** verbunden und verarbeitet Röntgenbilddaten (beispielsweise eine Vielzahl von Röntgenprojektionen), die durch die Röntgenerfassungseinrichtung **150** erfasst werden, um ein entsprechendes Tomosynthesebild der Region und/oder von Regionen des Objekts **130** zu erzeugen. Die Erzeugung des Tomosynthesebildes beinhaltet eine Rekonstruktion der Röntgenbilddaten

(Röntgenprojektionen) in ein dreidimensionales (3D-) Volumen, das das Objekt **130** darstellt, das abgetastet wird. Bei einem Ausführungsbeispiel wird das Tomosynthesebild für einen Benutzer über die Bildanzeigeeinheit **190** angezeigt. Wie vorstehend allgemein beschrieben erzeugt die Verarbeitungseinheit **170** auch Steuersignale für die Bewegungssteuereinrichtung **120** zur Steuerung der Bewegung der Röntgenquelle **110**. Nachstehend werden einige Beispiele näher beschrieben, in denen die Bewegungssteuereinrichtung **120** die Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130** bewegen kann.

[0020] In Fig. 2 ist die Bewegung der Röntgenquelle **110** relativ zum Objekt **130** vorgesehen, wobei sich die Röntgenquelle **110** auf einem Bogen über dem Objekt **130** bewegt. Der Weg **200**, entlang dem sich die Röntgenquelle **110** bewegt, kann ein Bogen um das Objekt **130**, ein linearer Weg über dem Objekt **130** oder eine Sinuskurve oder ein anderer Wegtyp über dem und/oder um das Objekt **130** sein. In anderen Ausführungsbeispielen kann sich die Röntgenquelle **110** auch auf einem eindimensionalen, zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Weg relativ zur Röntgenerfassungseinrichtung **150** während der Abtastung bewegen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Röntgenerfassungseinrichtung **150** unter dem Objekt **130** positioniert.

[0021] Die Röntgenquelle **110** ist an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt **130** und der Röntgenerfassungseinrichtung **150** positioniert. Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die vorbestimmte Entfernung ungefähr gleich 60 Zentimeter (cm) vom Objekt **130** und ungefähr 66 cm von der Röntgenerfassungseinrichtung **150**. Die Röntgenquelle **110** bewegt sich kontinuierlich entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130**. Bei einem Ausführungsbeispiel wird die Röntgenquelle **110** kontinuierlich mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit vom Punkt S1 zum Punkt S2 bewegt. Der Ausdruck kontinuierliche Bewegung ist als Bewegung der Röntgenquelle **110** von Punkt S1 zu Punkt S2 ohne Halt definiert. Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die Entfernung, die die Röntgenquelle **110** zwischen dem Punkt S1 und dem Punkt S2 zurücklegt, 130 Zentimeter (cm). Die Röntgenquelle **110** schickt Röntgenstrahlung durch Regionen des Objekts **130** an vorbestimmte Orten A, B und C jeweils entlang des Weges **200**, während sich die Röntgenquelle **110** kontinuierlich entlang des Weges **200** vom Punkt S1 zum Punkt S2 relativ zum Objekt **130** bewegt. Befindet sich die Röntgenquelle **110** bei diesem Ausführungsbeispiel an anderen Orten als den vorbestimmten Orten A, B und C, wird die Röntgenquelle **110** nicht zum Senden von Röntgenstrahlen angewiesen. Bei einem Ausführungsbeispiel kann sich die Abtastzeit, die die Röntgenquelle **110** zur Bewegung von Punkt S1 zu S2 braucht, beispielsweise im Bereich von ungefähr 5 – 10 Sekunden liegen. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann sich die durchschnittliche Geschwindigkeit der Röntgenquelle **110** während der Abtastung im Bereich von

ungefähr 8 – 12 Grad pro Sekunde bewegen. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Durchschnittsgeschwindigkeit der Röntgenquelle **110** ungefähr 10 Grad pro Sekunde umfassen. Die Zeitdauer, in der die Röntgenquelle **110** an jedem vorbestimmten Ort Röntgenstrahlen durch das Objekt **130** schickt (Belichtungszeit), beträgt ungefähr 7,5 Millisekunden (msec). Die Röntgenerfassungseinrichtung **150** erfasst die Röntgenbilddaten aus den Röntgenstrahlen, die durch das Objekt **130** an den vorbestimmten Orten A, B und C geschickt werden. Die Röntgenquelle **110** kann Röntgenstrahlung an mehr oder weniger vorbestimmten Orten als in **Fig. 2** gezeigt senden. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel erfasst die Röntgenerfassungseinrichtung **150** Röntgenbilddaten in vorbestimmten Zeitintervallen während der kontinuierlichen Bewegung der Röntgenquelle **110** vom Punkt S1 zum Punkt S2. Bei diesem Ausführungsbeispiel können die vorbestimmten Zeitintervalle, in denen die Röntgenerfassungseinrichtung **150** die Röntgenbilddaten erfasst, Zeiten entsprechen, wenn die Röntgenquelle **110** an vorbestimmten Orten, beispielsweise den Punkten A, B und C positioniert ist.

[0022] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel bewegt die Bewegungssteuereinrichtung **120** die Röntgenquelle **110** mit verschiedenen Geschwindigkeiten, wenn sich die Röntgenquelle **110** kontinuierlich vom Punkt S1 zum Punkt S2 bewegt. Bei diesem Ausführungsbeispiel bewegt sich die Röntgenquelle **110** beispielsweise mit einer ersten Geschwindigkeit vom Punkt S1 zum Punkt A. Wenn die Röntgenquelle **110** den Punkt A erreicht, bewegt sich die Röntgenquelle mit einer zweiten Geschwindigkeit während eines vorbestimmten Zeitabschnitts. Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die Belichtungszeit an jedem Punkt ungefähr 7,5 msec. Nachdem sich die Röntgenquelle **110** mit einer zweiten Geschwindigkeit während der vorbestimmten Zeit bewegt hat, kann sich die Röntgenquelle **110** wieder mit der ersten Geschwindigkeit vom Punkt A zum Punkt B bewegen. Hat die Röntgenquelle **110** den Punkt B erreicht, kann sich die Röntgenquelle **110** wieder mit der zweiten Geschwindigkeit während einer vorbestimmten Zeit bewegen. Ist die vorbestimmte Zeit abgelaufen, kann sich die Röntgenquelle **110** mit der ersten Geschwindigkeit von Punkt B zu Punkt C bewegen. Erreicht die Röntgenquelle **110** den Punkt C, bewegt sich die Röntgenquelle **110** mit der zweiten Geschwindigkeit während einer vorbestimmten Zeit. Nachdem die vorbestimmte Zeit abgelaufen ist, kann sich die Röntgenquelle **110** vom Punkt C zum Punkt S2 mit der ersten Geschwindigkeit bewegen, und dann kann die Röntgenquelle **110** am Punkt S2 anhalten. Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Röntgenquelle **110** Röntgenstrahlen senden, während sie sich mit der zweiten Geschwindigkeit bewegt, und die Röntgenerfassungseinrichtung **150** kann die Röntgenbilddaten erfassen, während sich die Röntgenquelle mit der zweiten Geschwindigkeit bewegt.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel sendet die Röntgenquelle **110** kontinuierlich Röntgenstrahlen, wenn sie sich entlang des Weges **200** bewegt. Gemäß einer Ausgestaltung dieses Ausführungsbeispiels erfasst die Röntgenerfassungseinrichtung **150** kontinuierlich Röntgenbilddaten, wenn sich die Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** bewegt und Röntgenstrahlen sendet. Gemäß einer anderen Ausgestaltung dieses Ausführungsbeispiels erfasst die Röntgenerfassungseinrichtung **150** Bilder zu vorbestimmten Zeiten, und die vorbestimmten Zeiten entsprechen den Zeiten, wenn sich die Röntgenquelle **110** mit der zweiten Geschwindigkeit bewegt. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die erste Geschwindigkeit größer als die zweite Geschwindigkeit. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Röntgenquelle **110** mit einer Vielzahl von Geschwindigkeiten bewegt werden, wenn sie sich kontinuierlich vom Punkt S1 zum Punkt S2 bewegt. Bei einem Ausführungsbeispiel kann die erste Geschwindigkeit in einem Bereich von ungefähr 8 Grad pro Sekunde bis ungefähr 12 Grad pro Sekunde liegen, und die zweite Geschwindigkeit kann die Hälfte der ersten Geschwindigkeit umfassen.

[0023] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst die erste Geschwindigkeit eine Geschwindigkeit von mehr als ungefähr 10 Grad pro Sekunde (**10** Grad pro Sekunde plus ein vorbestimmtes Delta), und die zweite Geschwindigkeit umfasst eine Geschwindigkeit von ungefähr 5 Grad pro Sekunde. Bei anderen Ausführungsbeispielen müssen die erste Geschwindigkeit und die zweite Geschwindigkeit an den verschiedenen vorbestimmten Orten entlang des Weges **200** nicht gleich sein. Bei anderen Ausführungsbeispielen beinhaltet der Übergang von der ersten Geschwindigkeit auf die zweite Geschwindigkeit und von der zweiten Geschwindigkeit auf die erste Geschwindigkeit jeweils eine Übergangsverlangsamung und Beschleunigung der Röntgenquelle **110** zum Minimieren der Vibration im Abbildungssystem **100**.

[0024] Wie es in **Fig. 3** gezeigt ist, ist ein Verfahren zur kontinuierlichen Bewegung einer Röntgenquelle **110** um ein Objekt **130** zur Erfassung von Röntgenbilddaten ausgestaltet. Die Röntgenquelle **110** wird kontinuierlich entlang des Weges **200** bewegt (Schritt 310). Die Röntgenquelle **110** ist an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt **130** positioniert. Durch die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** werden Vibrationen im Abbildungssystem **100** minimiert, da die Röntgenquelle **110** entlang des Weges **200** nicht angehalten und neu gestartet wird. Röntgenstrahlung wird durch eine Region des Objekts **130** geschickt (Schritt 330). Bei einem Ausführungsbeispiel wird die Röntgenstrahlung von der Röntgenquelle **110** gesendet, wenn die Röntgenquelle **110** jeweils die Vielzahl der Orte entlang des Weges **200** erreicht. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird die Röntgenstrahlung von der Röntgenquelle **110** und durch die Region des Ob-

jekts **130** geschickt, wenn sich die Röntgenquelle **110** kontinuierlich entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130** bewegt. Die Röntgenerfassungseinrichtung **150** erfasst die Röntgenstrahlung, die durch die Region des Objekts **130** geschickt wird (Schritt 350). Eine Verarbeitungseinheit **170** erfasst Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts **130** darstellen (Schritt 370). Die Verarbeitungseinheit **170** verarbeitet die Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts **130** (Schritt 390).

[0025] Wie vorstehend beschrieben wird das Bildverschmieren, das aufgrund einer Vibration des Abbildungssystems **100** erzeugt wird, verglichen mit herkömmlichen Schritt- und Aufnahmesystemen und -verfahren verringert. Des Weiteren könnte ein Verschmieren verursacht werden, da sich die Röntgenquelle **110** bewegt, während die Röntgenerfassungseinrichtung **130** die Röntgenbilddaten erfasst, jedoch kann ein derartiges Verschmieren durch Verringern der Röntgensendezeit während der Abtastung verringert oder beseitigt werden. Allerdings kann das erzeugte Tomosynthesebild aufgrund verschiedener anderer Faktoren verschmiert sein, wie einer Vibration aufgrund der Bewegung der Röntgenquelle **110**, einer durch die Bewegung der Röntgenerfassungseinrichtung **130** verursachten Vibration und der Bewegung des Objekts **130** während der Abtastung. Typischerweise kann die Bewegung des Objekts **130** während der Abtastung in drei Bewegungstypen charakterisiert werden, wenn das Objekt **130** ein Patient ist. Diese Bewegung kann als Gesamtbewegung (große Bewegung des Patienten), Herzbewegung (Herzschlag) und Atmungsbewegung (Bewegung der Lungen) bezeichnet werden. Alle Bewegungstypen können Fehldarstellungen der Patientenstrukturen während der Algorithmusrekonstruktion verursachen, jedoch ist die Gesamtbewegung die unangenehmste. Das Abbildungssystem **100** verwendet eine kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle **110** zur Verringerung der Gesamterfassungszeit, und daher zur Verringerung der Gesamtzeit, die für eine Patientenbewegung verfügbar ist. Als solches liefert das Abbildungssystem **100** einen Vorteil gegenüber anderen Systemen durch die Verringerung der Gesamterfassungszeit, die die Zahl von Fehldarstellungen von Patientenstrukturen verringern kann, die durch eine Patientenbewegung verursacht werden.

[0026] Wie vorstehend beschrieben kann ein derartiges Verschmieren in Röntgenbilddaten durch Verändern der Geschwindigkeit verringert werden, mit der sich die Röntgenquelle **110** bewegt, wenn die Röntgenbilddaten von der Röntgenerfassungseinrichtung **130** erfasst werden. Typischerweise kann das durch die Bewegung der Röntgenquelle **110** verursachte Verschmieren unter Verwendung der Geschwindigkeit der Bewegung der Röntgenquelle **110**, der Geometrie des Abbildungssystems **100** und der bekannten Eigenschaften des abgebildeten Objekts, wie Röntgenabsorptionseigenschaften charakterisiert werden. Typischerweise beseitigt die Bewegung

der Röntgenerfassungseinrichtung **150** das Verschmieren und/oder erlaubt eine Steuerung des Verschmierens, das während der Abtastung durch die Röntgenquelle **110** verursacht wird, die sich während der Abtastung bewegt. Die unter Verwendung der erfassten Röntgenbilddaten erzeugten Tomosynthesebilder und/oder das resultierende Tomosynthesebild kann unter Verwendung verschiedener Datenrekonstruktionsverfahren entschmiert werden.

[0027] Wie vorstehend beschrieben umfasst ein Abbildungssystem **100** zur Durchführung einer Tomosynthese bei einer Region eines Objekts **130** eine Röntgenquelle **110**, eine Bewegungssteuereinrichtung **120**, eine Röntgenerfassungseinrichtung **150** und eine Verarbeitungseinheit **170**. Die Röntgenquelle **110** ist an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt **130** positioniert und bewegt sich kontinuierlich entlang eines Weges **200** relativ zum Objekt **130** an eine Vielzahl vorbestimmter Orte. Die Röntgenquelle **110** schickt Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts **130**. Die Bewegungssteuereinrichtung **120** ist mit der Röntgenquelle **110** verbunden und bewegt die Röntgenquelle **110** kontinuierlich entlang des Weges **200** relativ zum Objekt **130**. Die Röntgenquelle **110** minimiert aufgrund der kontinuierlichen Bewegung eine Vibration im Abbildungssystem **100**. Die Röntgenerfassungseinrichtung **150** ist an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle **110** positioniert und erfasst die durch die Region des Objekts **130** geschickte Röntgenstrahlung, wodurch Röntgenbilddaten erfasst werden, die die Region des Objekts **130** darstellen. Die Verarbeitungseinheit **170** ist mit der Röntgenerfassungseinrichtung **150** zur Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts **130** verbunden.

[0028] Die vorstehende Beschreibung der Erfindung dient der Veranschaulichung. Die Beschreibung soll die Erfindung nicht auf die hier beschriebene Form einschränken. Demnach liegen verschiedene Abwandlungen und Modifikationen im Schutzbereich der Erfindung. Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele sollen ferner den gegenwärtig bekannten Bestmode zur Ausübung der Erfindung beschreiben, und den Fachmann in die Lage versetzen, die Erfindung als solche oder in anderen Ausführungen und mit verschiedenen Modifikationen zur Anpassung an die bestimmte Anwendung der Erfindung zu benutzen. Die beigefügten Patentansprüche sollen alternative Ausführungsbeispiele in dem Ausmaß umfassen, wie es der Stand der Technik erlaubt.

Patentansprüche

1. Abbildungssystem (**100**) zur Durchführung einer Tomosynthese bei einer Region eines Objekts (**130**), mit einer Röntgenquelle (**110**), die an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt (**130**) positioniert ist, und sich kontinuierlich entlang eines Weges (**200**) relativ

zum Objekt (130) bewegt, wobei die Röntgenquelle (110) Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts (130) an einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges (200) sendet, während sich die Röntgenquelle (110) kontinuierlich entlang des Weges (200) relativ zum Objekt (130) bewegt, einer Bewegungssteuereinrichtung (120), die mit der Röntgenquelle (110) verbunden ist und die Röntgenquelle (110) kontinuierlich entlang des Weges (200) relativ zum Objekt (130) bewegt, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle (110) die Vibration im Abbildungssystem (100) minimiert, einer Röntgenerfassungseinrichtung (150), die an einer vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle (110) positioniert ist, und die durch die Region des Objekts (130) geschickte Röntgenstrahlung erfasst, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) Röntgenbilddaten erfasst, die die Region des Objekts (130) darstellen, und einer Verarbeitungseinheit (170), die mit der Röntgenerfassungseinrichtung (150) verbunden ist, zur Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts (130).

2. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Bewegungssteuereinrichtung (120) die Röntgenquelle (110) mit einer ersten Geschwindigkeit an der Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges (200) bewegt, und die Bewegungssteuereinrichtung (100) die Röntgenquelle (110) mit einer zweiten Geschwindigkeit außerhalb der Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges (200) bewegt.

3. Abbildungssystem nach Anspruch 2, wobei die zweite Geschwindigkeit größer als die erste Geschwindigkeit ist.

4. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Röntgenbilddaten eine Vielzahl von Projektionsröntgenbildern mit geringer Dosis umfassen.

5. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitungseinheit (170) einen Entschmiervorgang bei den Röntgenbilddaten zur Verringerung der Effekte des Verschmierens durchführt, die zumindest durch die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle (110) verursacht werden.

6. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Belichtungszeit des Sendens der Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts (130) an der Vielzahl vorbestimmter Orte eine vorbestimmte Zeit ist.

7. Abbildungssystem nach Anspruch 6, wobei die vorbestimmte Zeit 7,5 Millisekunden beträgt.

8. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) eine digitale Röntgenerfassungseinrichtung umfasst.

9. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) mit der Bewegungssteuereinrichtung (120) verbunden ist, und wahlweise relativ zum Objekt (130) bewegbar ist.

10. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) stationär bezüglich des Objekts (130) ist.

11. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die vorbestimmte Entfernung, mit der die Röntgenquelle (110) relativ zu einer Ebene des Objekts (130) positioniert ist, eine feste Entfernung umfasst.

12. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei der Weg (200), auf dem sich die Röntgenquelle (110) kontinuierlich bewegt, einen Bogen umfasst.

13. Abbildungssystem nach Anspruch 1, wobei die Röntgenquelle (110) eine Röntgenröhre umfasst.

14. Verfahren zur Erzeugung eines Tomosynthesebildes einer Region eines Objekt unter Verwendung eines Abbildungssystems, mit den Schritten
kontinuierliches Bewegen einer Röntgenquelle entlang eines an einer vorbestimmten Entfernung von dem Objekt positionierten Weges, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle eine Vibration im Abbildungssystem minimiert,
Senden von Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts von einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges, während sich die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt bewegt,
Erfassen der durch die Region des Objekts gesendeten Röntgenstrahlung,
Erfassen von Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen, und
Verarbeiten der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt der kontinuierlichen Bewegung der Röntgenquelle die Schritte umfasst
kontinuierliches Bewegen der Röntgenquelle mit einer ersten Geschwindigkeit an der Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges und
kontinuierliches Bewegen der Röntgenquelle mit einer zweiten Geschwindigkeit außerhalb der Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die zweite Geschwindigkeit größer als die erste Geschwindigkeit ist.

17. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Röntgenbilddaten mehrere Projektionsröntgenbilder mit geringer Dosis umfassen.

18. Verfahren nach Anspruch 14, ferner mit dem

Schritt der Durchführung einer Entschmieroperation bei den Röntgenbilddaten zur Verringerung der Effekte des Verschmierens, das zumindest durch die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle verursacht wird.

19. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Sendens der Röntgenstrahlung das Senden der Röntgenstrahlung eine vorbestimmte Zeit lang an der Vielzahl vorbestimmter Orte umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die vorbestimmte Zeit ungefähr 7,5 Millisekunden umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt der Erfassung der Röntgenstrahlung die Verwendung einer Röntgenerfassungseinrichtung zur Erfassung der Röntgenstrahlung umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung eine digitale Röntgenerfassungseinrichtung umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 21, ferner mit dem Schritt der wahlweisen Bewegung der Röntgenerfassungseinrichtung relativ zum Objekt.

24. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung relativ zum Objekt stationär bleibt.

25. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die vorbestimmte Entfernung, mit der die Röntgenquelle relativ zu einer Ebene des Objekts positioniert ist, eine feste Entfernung umfasst.

26. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt der kontinuierlichen Bewegung der Röntgenquelle die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle entlang eines Bogens umfasst.

27. Abbildungssystem (100) zur Durchführung einer Tomosynthese bei einer Region eines Objekts (130), mit einer an einer vorbestimmten Entfernung vom Objekt (130) positionierten Röntgenquelle (110), die sich kontinuierlich entlang eines Weges (200) relativ zum Objekt (130) bewegt, wobei die Röntgenquelle (110) Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts (130) an einer Vielzahl vorbestimmter Objekte sendet, während sich die Röntgenquelle (110) kontinuierlich entlang des Weges (200) relativ zum Objekt (130) bewegt, einer Bewegungssteuereinrichtung (120), die mit der Röntgenquelle (110) verbunden ist, und die Röntgenquelle (110) kontinuierlich entlang des Weges (200) relativ zum Objekt (130) bewegt, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle (110) eine Vibration im Abbildungssystem (100) minimiert, einer Röntgenerfassungseinrichtung (150), die an ei-

ner vorbestimmten Entfernung von der Röntgenquelle (110) positioniert ist, und die durch die Region des Objekts (130) gesendete Röntgenstrahlung erfasst, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) Röntgenbilddaten erfasst, die die Region des Objekts (130) darstellen, und einer Verarbeitungseinheit (170), die mit der Röntgenerfassungseinrichtung (150) verbunden ist, zur Verarbeitung der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts (130).

28. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Röntgenbilddaten eine Vielzahl von Projektionsröntgenbildern geringer Dosis umfassen.

29. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Verarbeitungseinheit (170) eine Entschmieroperation bei den Röntgenbilddaten zur Verringerung der Effekte des Verschmierens durchführt, die zumindest durch die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle (110) verursacht werden.

30. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei eine Belichtungszeit des Sendens der Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts (130) an der Vielzahl vorbestimmter Orte eine vorbestimmte Zeit ist.

31. Abbildungssystem nach Anspruch 32, wobei die vorbestimmte Zeit 7,5 Millisekunden beträgt.

32. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) eine digitale Röntgenerfassungseinrichtung umfasst.

33. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) mit der Bewegungssteuereinrichtung (120) verbunden ist, und selektiv relativ zum Objekt (130) beweglich ist.

34. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung (150) relativ zum Objekt (130) stationär ist.

35. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die vorbestimmte Entfernung, mit der die Röntgenquelle (110) relativ zu einer Ebene des Objekts (130) positioniert ist, eine feste Entfernung umfasst.

36. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei der Weg, auf dem sich die Röntgenquelle (110) kontinuierlich bewegt, einen Bogen umfasst.

37. Abbildungssystem nach Anspruch 27, wobei die Röntgenquelle (110) eine Röntgenröhre umfasst.

38. Verfahren zur Erzeugung eines Tomosynthesebildes einer Region eines Objekts unter Verwendung eines Abbildungssystems, mit den Schritten kontinuierliches Bewegen einer Röntgenquelle entlang eines an einer vorbestimmten Entfernung von

dem Objekt positionierten Weges, wobei die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle eine Vibration im Abbildungssystem minimiert,
Senden von Röntgenstrahlung durch die Region des Objekts an einer Vielzahl vorbestimmter Orte entlang des Weges, während sich die Röntgenquelle kontinuierlich entlang des Weges relativ zum Objekt bewegt,
Erfassen der durch die Region des Objekts gesendeten Röntgenstrahlung,
Erfassen von Röntgenbilddaten, die die Region des Objekts darstellen, und
Verarbeiten der Röntgenbilddaten in zumindest ein Tomosynthesebild der Region des Objekts.

39. Verfahren nach Anspruch 38, wobei die Röntgenbilddaten mehrere Projektionsröntgenbilder geringer Dosis umfassen.

40. Verfahren nach Anspruch 38, ferner mit dem Schritt der Durchführung einer Entschmierungsoperation bei den Röntgenbilddaten zur Verringerung der Effekte der Verschmierung, die zumindest durch die kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle verursacht wird.

41. Verfahren nach Anspruch 38, wobei der Schritt des Sendens der Röntgenstrahlung das Senden der Röntgenstrahlung eine vorbestimmte Zeit lang umfasst.

42. Verfahren nach Anspruch 41, wobei die vorbestimmte Zeit 7,5 Millisekunden umfasst.

43. Verfahren nach Anspruch 38, wobei der Schritt der Erfassung der Röntgenstrahlung die Verwendung einer Röntgenerfassungseinrichtung zur Erfassung der Röntgenstrahlung umfasst.

44. Verfahren nach Anspruch 43, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung eine digitale Röntgenerfassungseinrichtung umfasst.

45. Verfahren nach Anspruch 43, ferner mit dem Schritt der wahlweisen Bewegung der Röntgenerfassungseinrichtung relativ zum Objekt.

46. Verfahren nach Anspruch 43, wobei die Röntgenerfassungseinrichtung relativ zum Objekt stationär bleibt.

47. Verfahren nach Anspruch 38, wobei die vorbestimmte Entfernung, mit der die Röntgenquelle relativ zu einer Ebene des Objekts positioniert ist, eine feste Entfernung umfasst.

48. Verfahren nach Anspruch 38, wobei der Schritt der kontinuierlichen Bewegung der Röntgenquelle eine kontinuierliche Bewegung der Röntgenquelle entlang eines Bogens umfasst.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

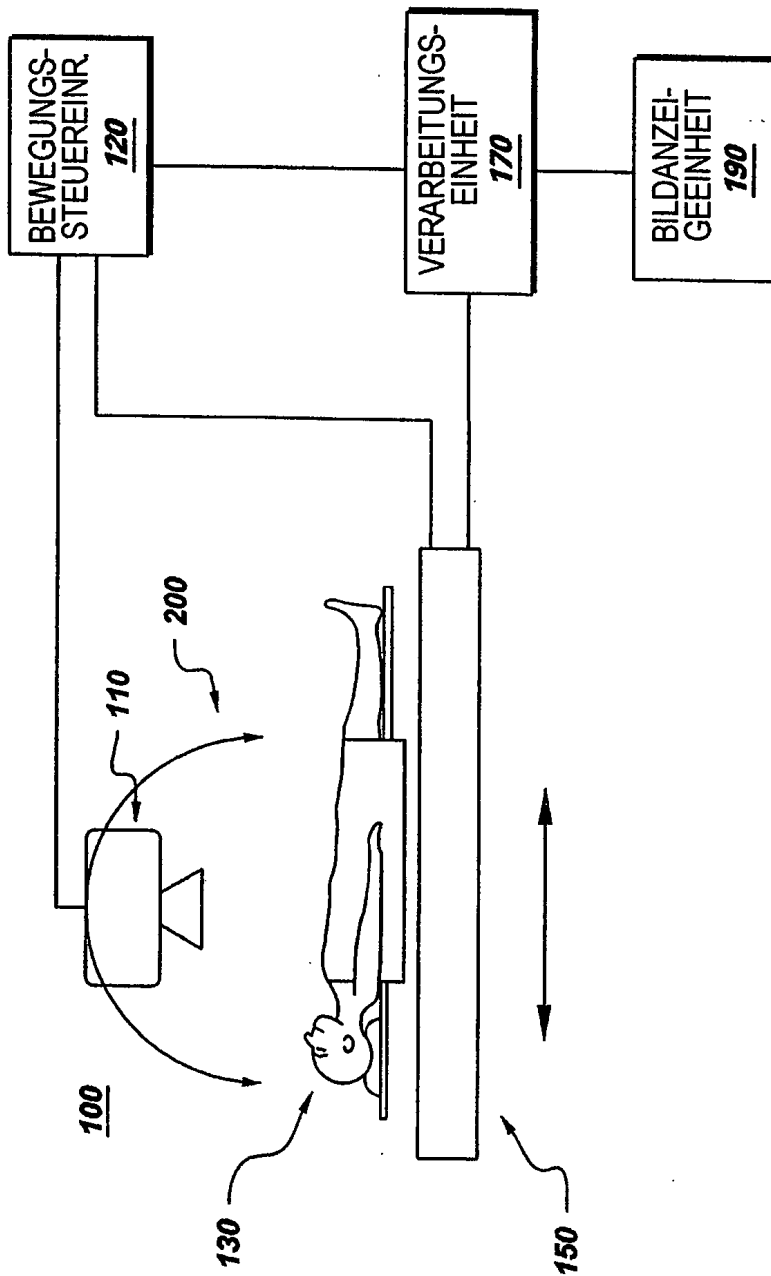


Fig. 1

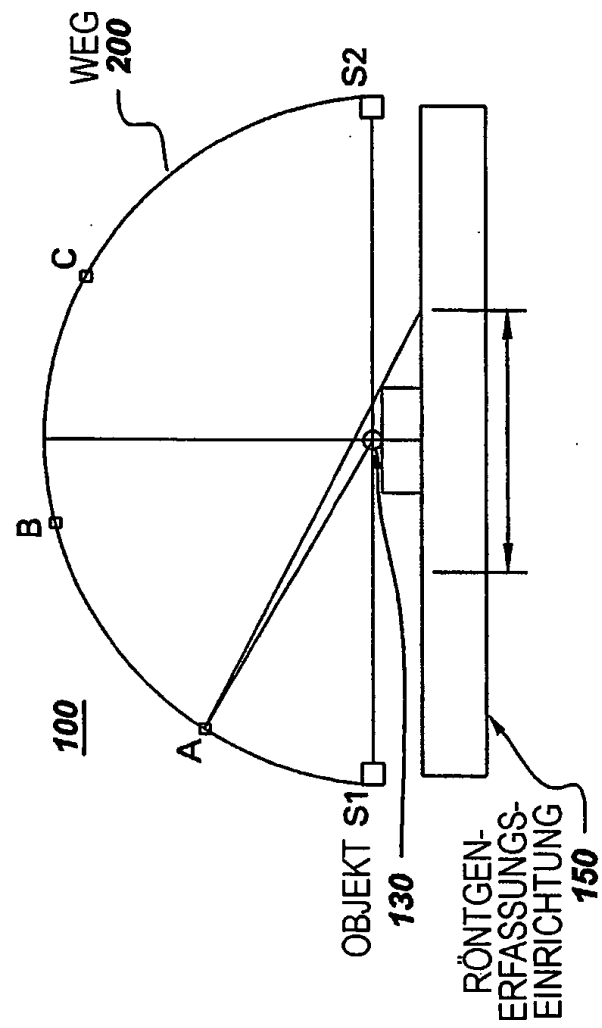


Fig. 2

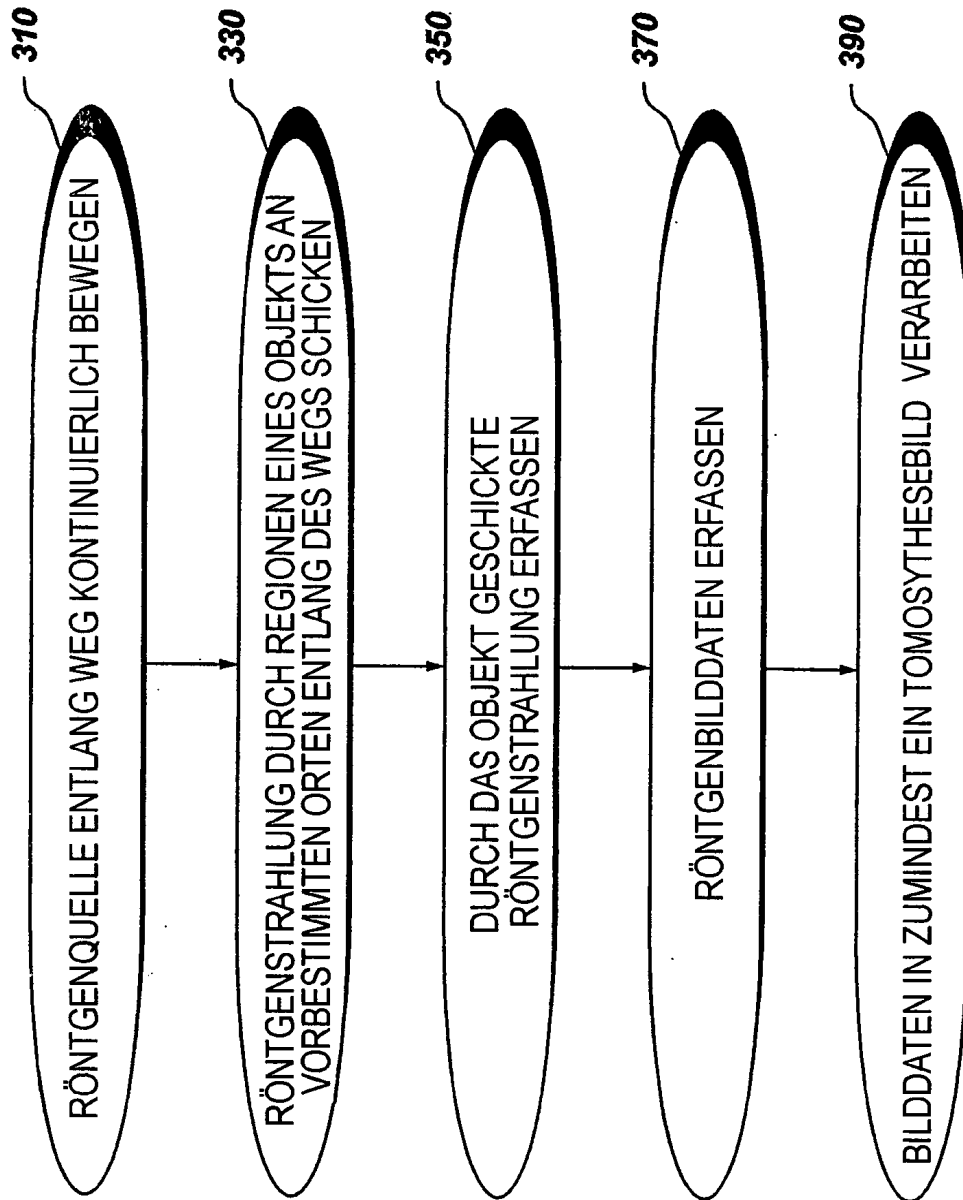


Fig. 3