



(10) **DE 10 2009 043 421 A1** 2011.04.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 043 421.6**

(22) Anmeldetag: **29.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **07.04.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 6/03 (2006.01)**

**H05G 1/70 (2006.01)**

**H01J 35/06 (2006.01)**

**H05G 1/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Boese, Jan, Dr., 90542 Eckental, DE; Dennerlein,  
Frank, Dr., 91301 Forchheim, DE; Maschke,  
Michael, 91475 Lonnerstadt, DE; Heigl, Benno,  
Dr., 96450 Coburg, DE; Kunze, Holger, Dr., 91088  
Bubenreuth, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2007 037996 A1**

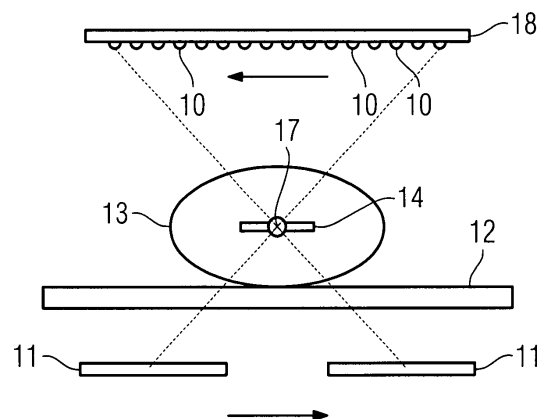
**US 2009/00 22 264 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Für eine besonders schnelle und einfache 3-D-Bildgebung ist ein Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgebildgebung, bei welchem Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufgenommen werden und aus den Tomosynthese-Projektionsbildern dreidimensionale Bilddaten rekonstruiert werden, vorgesehen, wobei ein Tomosynthese-Röntgengerät mit einer Vielzahl von an einer Halterung beabstandet voneinander angeordneten Röntgenquellen verwendet wird, wobei jedes Projektionsbild jeweils mittels einer unterschiedlichen Röntgenquelle erzeugt wird und die Röntgenquellen während des Verfahrens ortsfest sind.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgenbildgebung gemäß dem Patentanspruch 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens gemäß dem Patentanspruch 9.

**[0002]** Um in der Röntgenbildgebung Tiefeninformation eines Untersuchungsobjekts zu erhalten wurde bereits in den 60 – Jahren die sogenannte Schichtaufnahmetechnik entwickelt. Schichtaufnahmen sind überlagerungsfreie Abbildungen aller in einer bestimmten Schicht liegenden Objektdetails. Bei einer Schichtaufnahme wird eine Röntgenquelle in einer ersten Ebene von einem Punkt "A" zu einem Punkt "B" z. B. oberhalb des Untersuchungsobjekts bewegt, während ein Röntgendetektor z. B. unterhalb des Untersuchungsobjekts in einer zu der ersten Ebene parallelen Ebene vom Punkt "B" Punkt "A" bewegt wird. Als Folge der Bewegung bewegen sich in der Bildebene die Projektionen aller Punkte des durchstrahlten Objektes. Scharf abgebildet werden nur Objektbereiche, deren Projektionen sich in der Filmebene genauso schnell bewegen wie der Röntgendetektor. Die ersten Lösungen für die Schichtaufnahmetechnik besaßen eine "Schichtstange" mit der eine mechanische Kopplung zwischen Röntgenquelle und Röntgendetektor erreicht wurde, moderne Lösungen besitzen eine elektronische Steuerung die den motorischen Antrieb für Röntgenquelle und Röntgendetektor ansteuern.

**[0003]** Die Tomosynthese stellt eine Weiterentwicklung der Schichtaufnahmetechnik dar. Hierbei werden die Bilder während der Verschiebung nicht einfach gemittelt sondern einzeln aufgenommen und danach einem 3D-Rekonstruktionsverfahren zugeführt. Der Vorteil ist, dass nicht nur eine einzelne Schicht, sondern mehrere parallele Schichten rekonstruiert werden können. Zudem kann die Röntgenquelle in verschiedenen Abtastbahnen wie zum Beispiel Ellipsen, Schleifen oder Spiralen bewegt werden, wobei die Abtastbahn jedoch stets in einer Ebene liegt. Ein Tomosynthesesystem mit einem C-Bogen ist zum Beispiel aus der DE 10 2007 037 996 A1 bekannt.

**[0004]** Die 3D-Röntgenbildgebung mit einem derartigen Tomosynthesesystem mit einem C-Bogen oder mechanisch unabhängig voneinander angeordneter Röntgenquelle und Röntgendetektor ist deutlich langsamer als zum Beispiel die Computertomographie, da eine CT-Gantry aufgrund ihrer mechanischen Beschaffenheit sehr schnell rotiert werden kann.

**[0005]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Tomosynthese-Verfahren bereitzustellen, welches eine besonders schnelle und aufwandsarme Aufnahme von 3D-Bildern ermöglicht; des weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein für die Durchfüh-

rung des Verfahrens geeignetes Röntgengerät bereitzustellen.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgenbildgebung gemäß dem Patentanspruch 1 und von einer Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 9; vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand der zugehörigen Unteransprüche.

**[0007]** Bei dem Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgenbildgebung werden Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufgenommen und aus den Tomosynthese-Projektionsbildern dreidimensionale Bilddaten rekonstruiert, wobei ein Tomosynthese-Röntgengerät mit einer Vielzahl von an einer Halterung beabstandet voneinander angeordneten Röntgenquellen verwendet wird, wobei jedes Projektionsbild jeweils mittels einer unterschiedlichen Röntgenquelle erzeugt wird und die Röntgenquellen während des Verfahrens ortsfest sind. Es findet also von Seiten der Röntgenquellen keine mechanische Bewegung mehr statt sondern die Änderung der Aufnahmewinkel wird alleine durch die nacheinander erfolgende Aktivierung der Röntgenquellen bewirkt. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können auf schnelle, einfache und aufwandslose Weise und ohne eine Bewegung der Röntgenquellen Projektionsbilder aus mehreren Aufnahmewinkeln aufgenommen werden. Dadurch ist eine sehr schnelle Aufnahmezeit möglich, die nicht durch mechanische Bewegungen sondern höchstens durch die Detektor-Auslesezeit begrenzt wird. Auf dieser Weise sind neue Anwendungen der Echtzeit-Bildgebung wie zum Beispiel tomographische Fluoroskopie, Echtzeit-Lokalisation von interventionellen Instrumenten und 4D-Angiographie möglich.

**[0008]** Zur Durchführung des Verfahrens wird ein Tomosynthese-Röntgengerät, aufweisend eine Halterung mit einer Vielzahl von beabstandet angeordneten Röntgenquellen und einen Röntgendetektor, verwendet, wobei die Röntgenquellen derart angeordnet sind, dass durch abfolgende Aktivierung von einzelnen Röntgenquellen Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufnehmbar sind. Die Röntgenquellen sind also in einer Form angeordnet, welche bei bekannten Tomosynthese-Verfahren von der Abtastbahn der einzigen Röntgenquelle beschrieben wird. Insbesondere befinden sich die Röntgenquellen alle in einer Ebene. Die Röntgenquellen werden für das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend in zeitlicher Abfolge aktiviert, wobei zum Beispiel nebeneinander angeordnete Röntgenquellen direkt nacheinander aktiviert werden können; dabei wird dann jeweils mittels des Röntgendetektors ein Projektionsbild aufgenommen.

**[0009]** Die Röntgenquellen sind nach einer Ausgestaltung der Erfindung in einer elliptischen oder kreisförmigen oder rechteckförmigen oder spiralförmigen oder linearen Anordnung, insbesondere in einer gemeinsamen Ebene, vorgesehen. Entsprechend ist die zugehörige Tomosynthese-Abtastbahn elliptisch oder kreisförmig oder rechteckig oder spiralförmig oder linear ausgebildet. Die Tomosynthese-Abtastbahn kann dabei entweder geschlossen oder nichtgeschlossen sein.

**[0010]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der zur Aufnahme der Projektionsbilder verwendete Röntgendetektor während des Verfahrens bewegt. Der Röntgendetektor wird zum Beispiel synchronisiert mit der Aktivierung der Röntgenquellen in einer Ebene parallel zur Ebene der Röntgenquellen-Anordnung bewegt. Dabei ist die Bewegung des Röntgendetektors derart, dass die Projektionen von den Röntgenquellen auf den Röntgendetektor zum Zeitpunkt ihrer Aktivierung einen gemeinsamen virtuellen Drehpunkt aufweisen.

**[0011]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der zur Aufnahme der Projektionsbilder verwendete Röntgendetektor während des Verfahrens ortfest. Dies ist vor allem auch vorteilhaft, wenn die Röntgenquellen und der Röntgendetektor an einem gemeinsamen C-Bogen angeordnet sind, da dann keinerlei mechanische Bewegung notwendig ist. Der Röntgendetektor ist in diesem Fall ausreichend groß und derart angeordnet, dass von allen zu aktivierenden Röntgenquellen eine Projektion durch den aufzunehmenden Bereich des Untersuchungsobjekts bzw. den Drehpunkt auf den Röntgendetektor möglich ist.

**[0012]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die Röntgenquellen von Feldemissionsstrahlern mit Feldemissionskathoden gebildet. Derartige Feldemissionsstrahler sind besonders klein und leicht herstellbar. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Feldemissionskathoden auf der Basis von Kohlenstoff-Nanoröhren (sogenannte CNT-Kathode; carbon nano tube) gebildet. Derartige Materialien weisen eine besonders gute Emissionscharakteristik auf, sind auch bei hohen Strömen stabil und sind zudem besonders klein herstellbar. Feldemissionsstrahler sind auch besonders schnell aktivierbar und erzeugen keine oder wenig Wärme.

**[0013]** In vorteilhafter Weise ist an der Halterung eine weitere zentrale Röntgenquelle angeordnet. So kann zum Beispiel ein C-Bogen-Röntgensystem mit einer herkömmlichen Röntgenquelle derart modifiziert werden, dass zusätzlich eine Anordnung von Röntgenquellen an dem C-Bogen befestigt wird. Auf diese Weise ist sowohl Tomosynthese nach dem erfindungsgemäßen Verfahren als auch herkömmliche Röntgenbildgebung möglich.

**[0014]** Zweckmäßigerweise sind die Röntgenquellen und der Röntgendetektor gemeinsam an einem C-Bogen angeordnet.

**[0015]** Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Tomosynthese-Röntgengerät als Biplan-Röntgengerät mit einer zweiten Halterung mit einer Vielzahl von beabstandet angeordneten Röntgenquellen und einem zweiten Röntgendetektor ausgebildet. Das Tomosynthese-Röntgengerät kann zum Beispiel zwei verstellbare C-Bögen aufweisen, an denen jeweils eine Vielzahl von Röntgenquellen und einen Röntgendetektor angeordnet sind.

**[0016]** Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen gemäß Merkmalen der Unteransprüche werden im Folgenden anhand schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele in der Zeichnung näher erläutert, ohne dass dadurch eine Beschränkung der Erfindung auf diese Ausführungsbeispiele erfolgt; es zeigen:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine Ansicht eines Schichtaufnahme-systems nach dem Stand der Technik;

**[0018]** [Fig. 2](#) eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Tomosynthese-Röntgengeräts;

**[0019]** [Fig. 3](#) eine Seitenansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Tomosynthese-Röntgengeräts; und

**[0020]** [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Tomosynthese-Röntgengeräts.

**[0021]** In der [Fig. 1](#) ist ein bekanntes Schichtaufnahme- bzw. Tomosynthese-Röntgengerät gezeigt. Auf einer Patientenliege **12** ist ein Untersuchungsobjekt **13** angeordnet. Auf einer Seite des Untersuchungsobjekts (im gezeigten Fall oberhalb) ist ein Röntgenstrahler **10** und auf der gegenüberliegenden Seite (im gezeigten Fall unterhalb) ist ein Röntgendetektor **11** angeordnet, wobei auch eine umgekehrte Anordnung möglich ist. Röntgenquelle und Röntgendetektor sind derart angeordnet, dass ein Projektionsbild des Untersuchungsobjekts aufgenommen werden kann. Anschließend wird der Röntgenstrahler über das Untersuchungsobjekt in einer sogenannten Abtastbahn in einer ersten Ebene parallel zur Ebene des Untersuchungsobjekts bewegt, z. B. in einer linearen oder kreisförmigen Abtastbahn. Gleichzeitig wird der Röntgendetektor in einer zweiten Ebene parallel zu der Ebene des Untersuchungsobjekts und parallel zur ersten Ebene bewegt, allerdings derart, dass Projektionen des Röntgenstrahlers auf den Röntgendetektor einen gemeinsamen virtuellen Drehpunkt durchlaufen. An einer Vielzahl von Punkten auf der Abtastbahn, also bei unterschiedlichen Aufnahmewinkeln des Röntgenstrahlers bezüglich des zentralen Drehpunktes, werden Projektionsbilder aufgenommen. Die Projektionsbilder werden zu 3D-Bildern von

Schichten **14** des Untersuchungsobjekts rekonstruiert.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist im Gegensatz zu dem bekannten Tomosynthese-Verfahren deutlich schneller und ohne mechanische Bewegung durchführbar. Dadurch kann deutlich schneller ein rekonstruiertes 3D-Bild erhalten werden und der Verschleiß der mechanischen Bauteile ist deutlich geringer. In **Fig. 2** bis **Fig. 4** sind die wichtigsten Bauteile erfindungsgemäßer Tomosynthese-Röntgengeräte gezeigt. An einer Halterung **18** ist eine Vielzahl von Röntgenstrahlern **10** hintereinander angeordnet. Die Anordnung der Röntgenstrahler ist dabei bevorzugt in einer Ebene. Die Röntgenstrahler können in einer linearen Anordnung wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** oder in einer elliptischen Anordnung wie in **Fig. 4** vorgesehen sein, weitere Anordnungen wie kreisförmig, schleifenförmig, spiralförmig, L-förmig, im n-Eck oder rautenförmig sind ebenfalls möglich. Durch die Anordnung wird die Abtastbahn vorgegeben.

**[0023]** Die Röntgenstrahler werden insbesondere von Feldemissionsstrahlern gebildet, welche besonders klein, leicht und effizient ausgebildet sind. Ein Feldemissionsstrahler weist jeweils eine Feldemissionskathode zur Erzeugung und Aussendung von Elektronen auf. Bei einer Feldemissionskathode werden Elektronen durch das Anlegen eines ausreichend hohen elektrischen Feldes emittiert. Feldemissionskathoden erlauben einen sehr hohen, gut kontrollierbaren und leicht fokussierbaren Elektronenstrahlstrom. Den Röntgenstrahlern können jeweils Kollimatoren zugeordnet sein, welche den jeweiligen von den Röntgenstrahlern erzeugten Röntgenstrahl derart formen, dass der Röntgenstrahl in die gewünschte Richtung ausgesendet wird.

**[0024]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden, insbesondere gesteuert von einer Systemsteuerung des Tomographie-Röntgengeräts, die in der Anordnung angeordneten Röntgenstrahler nacheinander zur Aussendung von Röntgenstrahlung aktiviert und jeweils ein Projektionsbild für jeden Röntgenstrahler aufgenommen. Die Röntgenstrahler werden dabei insbesondere in der Reihenfolge ihrer Anordnung aktiviert. Bei der linearen Anordnung in **Fig. 2** oder **Fig. 3** wird zum Beispiel als erstes der am Beginn der Anordnung befindliche Röntgenstrahler aktiviert, danach der zweite, daneben angeordnete, danach der dritte Röntgenstrahler usw. bis zum letzten Röntgenstrahler der linearen Anordnung. Synchron zur Aktivierung der Röntgenstrahler wird nach einer ersten Alternative – gezeigt in **Fig. 2** – der Röntgendetektor **11** in die entgegengesetzte Richtung der Aktivierung der Röntgenstrahler parallel zu der Röntgenstrahler-Anordnung bewegt. Die Bewegung ist derart mit der Aktivierung der Röntgenstrahler abgestimmt, dass bei jeder Aktivierung ein Projektionsbild aufgenommen und ausgelesen werden kann. Idealerweise

schneidet die Verbindungslinie zwischen dem jeweiligen Fokus des aktivierten Röntgenstrahlers und dem Mittelpunkt des Röntgendetektors zum Zeitpunkt der Aufnahme des Projektionsbildes den Drehpunkt **17**.

**[0025]** Nach einer zweiten Alternative – gezeigt in **Fig. 3** – ist der Röntgendetektor ausreichend groß ausgebildet, um sicherzustellen, dass der Röntgenstrahl jedes möglichen Röntgenstrahlers nach Durchlauf des Drehpunkts noch auf dem Röntgendetektor ankommt. Bei dem Verfahren werden die Röntgenstrahler wie oben beschrieben der Reihe nach aktiviert und Projektionsbilder aufgenommen, wobei hier bei jedem Projektionsbild lediglich ein Teil des Röntgendetektors bestrahlt wird.

**[0026]** In der **Fig. 4** ist eine elliptische Anordnung von Röntgenstrahlern gezeigt, entsprechend sind die Abtastbahn **16** und bei bewegtem Röntgendetektor dessen Bewegungsbahn **15** ebenfalls elliptisch. Bei einer elliptischen und allgemeiner bei einer geschlossenen Anordnung der Röntgenstrahler wird zuerst ein (im allgemeinen beliebiger) Röntgenstrahler aktiviert, anschließend reihum der jeweils auf einer Seite daneben angeordnete Röntgenstrahler, bis jeder Röntgenstrahler einmal aktiviert wurde und Projektionsbilder von allen Röntgenstrahlern vorliegen.

**[0027]** Aus den aufgenommen Projektionsbildern können anschließend zum Beispiel mittels einer Bildverarbeitungseinheit oder einer Datenverarbeitungseinheit mit einer entsprechenden Software in bekannter Weise Schichten **14** des Untersuchungsobjekts rekonstruiert und damit ein 3D-Bild erstellt werden. Die Schichten bzw. das 3D-Bild können anschließend an einer Anzeigeeinheit angezeigt werden.

**[0028]** Das erfindungsgemäße Tomosynthese-Röntgengerät kann auch als modifiziertes Angiographiesystem ausgebildet sein, bei welchem neben einer ersten Haupt-Röntgenquelle zusätzlich eine Anordnung mit einer Vielzahl von Röntgenquellen wie oben beschrieben vorhanden ist. Die Haupt-Röntgenquelle ist dabei gemeinsam mit einem Röntgendetektor an einem C-Bogen angeordnet, die Vielzahl von Röntgenquellen in einer Anordnung wie beschrieben (linear, elliptisch, spiralförmig usw.) neben oder um die Haupt-Röntgenquelle herum mit oder ohne zusätzliche Halterung angeordnet. Auf diese Weise kann alternativ Bildgebung mit der Haupt-Röntgenquelle (z. B. Angiographiebildgebung) oder mit der Anordnung von Röntgenquellen (z. B. Tomosynthese) durchgeführt werden. Angiographie wird insbesondere für 3D-Aufnahmen von Herz und Gefäßen sowie für eine Überwachung minimalinvasiver Eingriffe verwendet. Ein Angiographiesystem kann zum Beispiel einen an einem Knickarmroboter beweglich gehaltenen C-Bogen mit einem Feldemissionsstrahler und einem Flachbilddetektor aufweisen, wobei der C-Bogen durch den Knickarmroboter zu beliebigen

Translationen und Rotationen bewegbar ist und insbesondere zur Aufnahme von einer Vielzahl von Projektionsbildern bei einer Rotation um ein Untersuchungsobjekt ausgebildet ist, wobei die Projektionsbilder anschließend zu einem 3D-Bild rekonstruierbar sind.

**[0029]** Es kann auch ein Biplansystem zum Beispiel mit zwei C-Bögen vorgesehen sein, wobei an beiden C-Bögen jeweils eine Vielzahl von Röntgenquellen in einer entsprechenden Anordnung (z. B. Feldemissionsstrahler) und ein Röntgendetektor angeordnet sind. Möglich ist auch ein Biplansystem, bei dem an jedem C-Bogen eine Hauptröntgenquelle sowie eine Vielzahl von weiteren Röntgenstrahlern in entsprechender Anordnung vorgesehen sind.

**[0030]** Mittels eines erfindungsgemäßen Tomosynthese-Röntgengeräts oder eines kombinierten Angiographie-Tomosynthese-Röntgengeräts können neben der Tomosynthese zum Beispiel die folgenden Anwendungen durchgeführt werden:

- Tomographische Echtzeit-Fluoroskopie: Tomosynthetische Rekonstruktion von 3D-Projektionsbildern und sofortige Anzeige der erhaltenen rekonstruierten Daten in schneller Abfolge, z. B. schichtweise oder als Volume-Rendering. Dies kann z. B. für die Verlaufskontrolle von Embolisationen benutzt werden,
- Echtzeit-Kompensation von Patientenbewegungen durch 2D/3D oder 3D/3D-Registrierung der Bilddaten der Vielzahl von Röntgenquellen mit vorher aufgenommenen 3D-Rotationsangiographiebilddaten,
- Echtzeit-Lokalisation von interventionellen Instrumenten,
- 4D Angiographie: Rekonstruktion von Zeitserien mittels Tomosynthese zur dynamischen Rekonstruktion von Blutgefäßen,
- 4D Angiographie mit Auswertung von Zeitkurven: Rekonstruktion von Zeitserien mittels Tomosynthese zur Kontrolle der Behandlung von Stenosen, verwendbar zur Beurteilung des Blutflusses in Gefäßen,
- Dynamische Perfusionsbildgebung: Rekonstruktion von Zeitserien mittels Tomosynthese zur Verfolgung der Dynamik einer Kontrastmittel-Injektion zur Ermittlung von funktionalen Gewebe-Parametern,
- Tomosynthetische-Temperaturbildgebung: Es werden sequentielle 3D-Volumen mittels Tomosynthese während einer thermischen Therapie (z. B. RF-Ablation) aufgenommen, um daraus die dynamische Temperaturverteilung zu rekonstruieren.
- Echtzeit Stereo-Fluoroskopie: Durch Aktivierung jeweils zweier Röhren können Stereo-Bildpaare ohne mechanisches Verfahren der Röntgenröhre durchgeführt werden.

**[0031]** Im Rahmen der Erfindung werden die Röntgenquellen, zum Beispiel die Feldemissionsstrahler, der Anordnung jeweils zeitlich synchronisiert mit der Bewegung des Röntgendetektors aktiviert, während der Röntgendetektor sich unterhalb des Patienten z. B. linear bewegt. Durch die Bewegung des Röntgendetektors und die synchronisierte Aktivierung der Röntgenquellen werden lineare Schichtaufnahmen erzeugt. In einer weiteren Alternative kann ein ausreichend großer Röntgendetektor auch statisch verbleiben. Es können dann beliebige Schichten des Untersuchungsbereichs rekonstruiert werden, der von allen Röntgenquellen durchgestrahlt wird.

**[0032]** Die Erfindung lässt sich in folgender Weise kurz zusammenfassen: Für eine besonders schnelle und einfache 3D-Bildgebung ist ein Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgenbildgebung, bei welchem Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufgenommen werden und aus den Tomosynthese-Projektionsbildern dreidimensionale Bilddaten rekonstruiert werden, vorgesehen, wobei ein Tomosynthese-Röntgengerät mit einer Vielzahl von an einer Halterung beabstandet voneinander angeordneten Röntgenquellen verwendet wird, wobei jedes Projektionsbild jeweils mittels einer unterschiedlichen Röntgenquelle erzeugt wird und die Röntgenquellen während des Verfahrens ortsfest sind.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102007037996 A1 [[0003](#)]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur dreidimensionalen tomographischen Röntgenbildgebung, bei welchem Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufgenommen werden und aus den Tomosynthese-Projektionsbildern dreidimensionale Bilddaten rekonstruiert werden, wobei ein Tomosynthese-Röntgengerät mit einer Vielzahl von an einer Halterung beabstandet voneinander angeordneten Röntgenquellen verwendet wird, wobei jedes Projektionsbild jeweils mittels einer unterschiedlichen Röntgenquelle erzeugt wird und die Röntgenquellen während des Verfahrens ortsfest sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln durch abfolgende Aktivierung der Röntgenquellen aufgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein zur Aufnahme der Projektionsbilder verwendeter Röntgendetektor (**11**) während des Verfahrens bewegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein zur Aufnahme der Projektionsbilder verwendeter Röntgendetektor (**11**) während des Verfahrens statisch ist.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Tomosynthese-Abtastbahn geschlossen ist.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Tomosynthese-Abtastbahn zirkular, elliptisch, schleifenförmig oder spiralförmig ausgebildet ist.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Tomosynthese-Abtastbahn nichtgeschlossen ist.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Tomosynthese-Abtastbahn spiralförmig oder linear ausgebildet ist.

9. Tomosynthese-Röntgengerät zur Durchführung eines Verfahrens gemäß den Ansprüchen 1 bis 8, aufweisend eine Halterung (**18**) mit einer Vielzahl von beabstandet angeordneten Röntgenquellen und einen Röntgendetektor (**11**), wobei die Röntgenquellen derart angeordnet sind, dass durch abfolgende Aktivierung von einzelnen Röntgenquellen Tomosynthese-Projektionsbilder aus unterschiedlichen Aufnahmewinkeln entlang einer Tomosynthese-Abtastbahn aufnehmbar sind.

10. Tomosynthese-Röntgengerät nach Anspruch 9, wobei die Röntgenquellen in einer elliptischen oder

kreisförmigen oder rechteckförmigen oder spiralförmigen oder linearen Anordnung vorgesehen sind.

11. Tomosynthese-Röntgengerät nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei die Röntgenquellen von Feldemissionsstrahlern mit Feldemissionskathoden gebildet werden.

12. Tomosynthese-Röntgengerät nach Anspruch 11, wobei die Feldemissionskathoden jeweils ein nanostrukturiertes Material mit Kohlenstoff-Nanoröhren aufweisen.

13. Tomosynthese-Röntgengerät nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei an der Halterung (**18**) eine weitere zentrale Röntgenquelle angeordnet ist.

14. Tomosynthese-Röntgengerät nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Röntgenquellen und der Röntgendetektor (**11**) gemeinsam an einem qC-Bogen angeordnet sind.

15. Tomosynthese-Röntgengerät nach einem der Ansprüche 9 bis 14, welches als Biplan-Röntgengerät mit einer zweiten Halterung mit einer Vielzahl von beabstandet angeordneten Röntgenquellen und einem zweiten Röntgendetektor ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

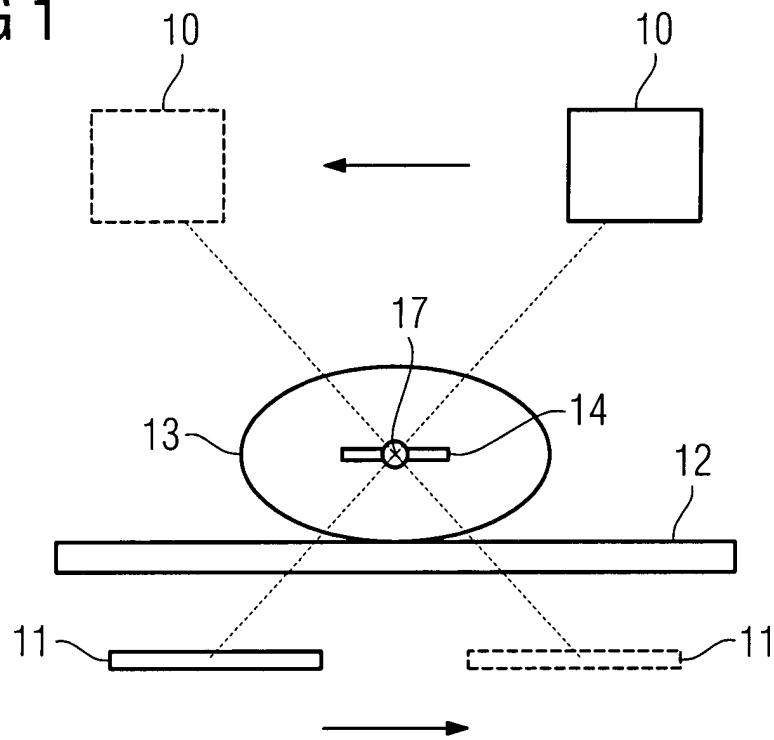


FIG 2

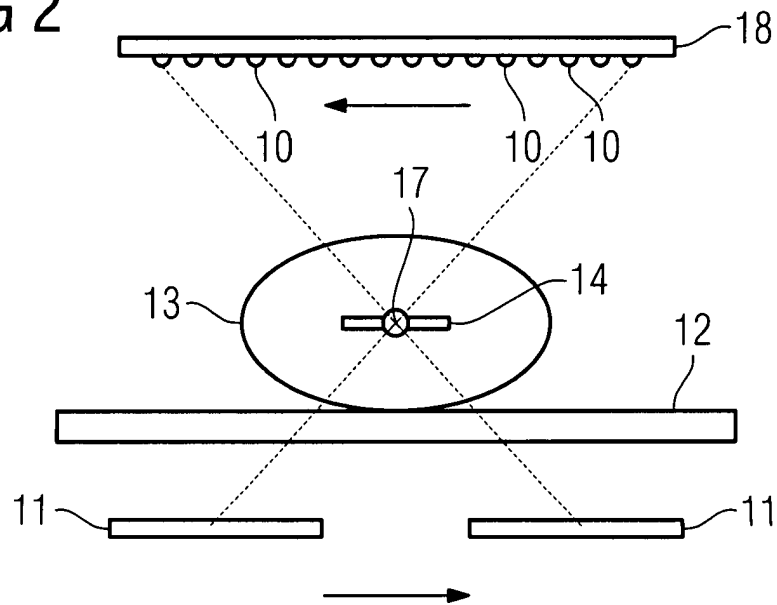




FIG 3

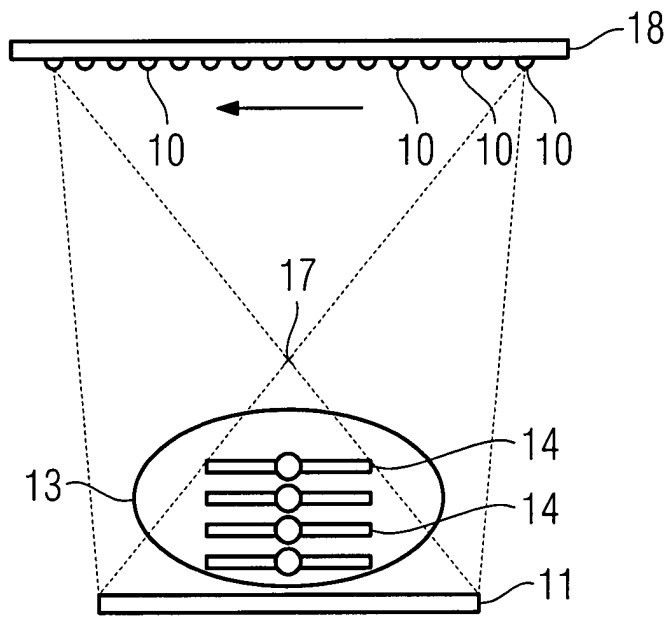


FIG 4

