



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 009 085 B4** 2008.07.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 009 085.0**
(22) Anmeldetag: **28.02.2005**
(43) Offenlegungstag: **14.09.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 6/03** (2006.01)
G01N 23/06 (2006.01)

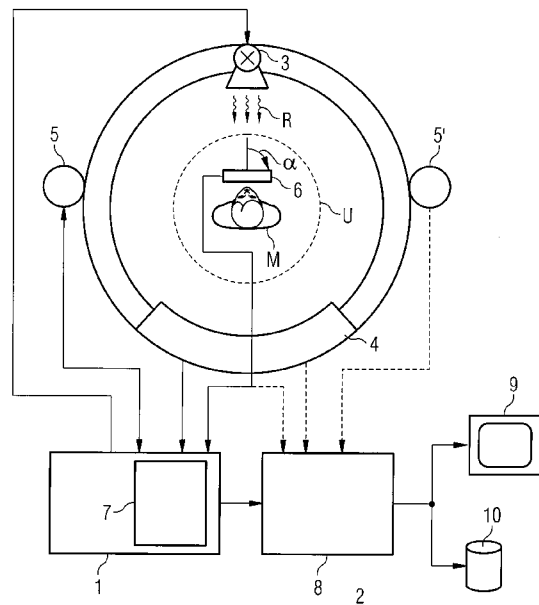
Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE
(72) Erfinder:
Heismann, Björn, Dr., 91052 Erlangen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 103 44 357 A1
DE 102 25 188 A1

(54) Bezeichnung: **Computertomographie-Geräte, Steuereinrichtung für ein Computertomographie-Gerät und Verfahren zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes**

(57) Hauptanspruch: Steuereinrichtung (1) für ein Computertomographie-Gerät (2), wobei die Steuereinrichtung (1) mit einer Röntgenquelle (3) und einer Empfangseinheit (4) des Computertomographie-Gerätes (2) verbindbar ist, um die Intensität und/oder Dosis einer von der Röntgenquelle (3) emittierten Röntgenstrahlung (R) in Abhängigkeit von einer durch die Empfangseinheit (4) empfangenen Röntgenstrahlung (R) zu regeln und um in Folge der durch die Empfangseinheit (4) empfangenen Röntgenstrahlung (R) Volumendatensätze eines Messobjektes (M) zu gewinnen und zu speichern, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) ausgebildet ist, zeitlich nacheinander mehrere Volumendatensätze von dem selben Messobjekt (M) zu gewinnen, um so eine zeitliche Veränderung des Messobjektes (M) zu detektieren, wobei die Steuereinrichtung (1) während der Erstellung eines weiteren Volumendatensatzes von dem selben Messobjekt (M) anhand der durch die Empfangseinheit (4) aktuell empfangenen Röntgenstrahlung (R) automatisch in Echtzeit eine Übereinstimmung zwischen den Projektionsdaten eines gespeicherten, zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes (M) und den Projektionsdaten des gerade zu...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Computertomographie-Gerät, eine Steuereinrichtung für ein Computertomographie-Gerät mit den Merkmalen des Oberbegriffes des unabhängigen Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Steuerung des Computertomographie-Gerätes.

[0002] Computertomographie-Geräte finden heute bei mannigfaltigen Untersuchungen der Medizin Verwendung. Dabei wird Röntgenstrahlung verwendet, welche Festkörper, insbesondere nichtmetallische Körper, zumindest teilweise zu durchdringen vermag. Beim Durchlauf der Strahlung durch ein Messobjekt wird die Strahlung in Abhängigkeit von dem strukturellen Aufbau des Messobjektes teilweise absorbiert, so dass die Intensität der Strahlung nach dem Durchlaufen des betrachteten Messobjektes geringer ist als vor dem Durchlaufen des betrachteten Messobjektes. Dieser Effekt wird auch als Schwächung bezeichnet. Nach dem Durchdringen des betrachteten Messobjektes kann die Strahlung beispielsweise mittels eines Szintillatordetektors detektiert und so die Schwächung der Strahlung durch Vergleich der gemessenen Strahlung mit der durch eine Röntgenquelle emittierten Strahlung bestimmt werden. Auf diese Weise können Erkenntnisse über die Verteilung von Materie innerhalb des Messobjektes gewonnen werden.

[0003] Nachteilig an der bei Computertomographie-Geräten systemimmanenten Verwendung von Röntgenstrahlung ist, dass diese ab einer gewissen Dosis biologisches Gewebe schädigen kann. Deshalb ist es gerade in der Medizin erstrebenswert, die für eine Messung erforderliche Strahlendosis gering zu halten.

[0004] In der Medizintechnik werden Computertomographie-Systeme üblicherweise dazu verwendet, um statische Volumenaufnahmen des menschlichen Körpers zu erstellen. Dabei werden die Röntgenquelle und eine Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes während einer Messung zur Erstellung eines Volumendatensatzes um das möglichst unbewegte Messobjekt bewegt.

[0005] Entscheidend für den diagnostischen Wert eines mittels eines Computertomographie-Gerätes gewonnenen Volumendatensatzes ist die Qualität der mittels des Volumendatensatzes erstellbaren Bilder. Dabei führt die Verwendung einer Röntgenstrahlung mit hoher Intensität im Allgemeinen zu einer besseren Bildqualität, die jedoch mit einer höheren Röntgendosisbelastung für einen Patienten einhergeht.

[0006] Bei bekannten Computertomographen wird vor Beginn einer Messung durch einen Benutzer ein

Wert für die Intensität der von der Röntgenquelle zu emittierenden Strahlung festgelegt. Dabei ist es auch bekannt, diesen Wert nicht fix vorzugeben, sondern gewisse Schwankungen während der Rotation von Röntgenquelle und Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes um das Messobjekt vorzusehen. Hierdurch können beispielsweise verschiedene Querschnittsverhältnisse des Patienten berücksichtigt werden, so dass eine Belastung eines Patienten reduziert werden kann.

[0007] Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 25 188 A1 sind ein Computertomograph und ein Verfahren zur Steuerung eines Computertomographen bekannt. Dabei wird zur Steuerung des Computertomographen zur Erstellung von Projektionen von einem Messobjekt vorgeschlagen, zunächst einen Sollwert für einen für die Qualität der von dem Computertomographen zu erstellenden Projektionen charakteristischen Faktor vorzugeben, danach sequentiell Projektionen von dem Messobjekt zu erstellen und dabei zwischen der Erstellung aufeinanderfolgender Projektionen einen Ist-Wert des für die Qualität der jeweiligen Projektion charakteristischen Faktors zu bestimmen. Abschließend wird die Primärintensität einer Röntgenquelle des Computertomographen zwischen der Erstellung aufeinanderfolgender Projektionen derart geregelt, dass der Ist-Wert des charakteristischen Faktors der von dem Computertomographen erstellten Projektionen jeweils auf dem vorgegebenen Soll-Wert gehalten wird. Hierdurch soll die Röntgendosisbelastung für das Messobjekt möglichst gering gehalten werden. Zusammenfassend schlägt das vorbekannte Verfahren somit vor, die Intensität einer Röntgenquelle eines Computertomographen in Abhängigkeit von den einzelnen, einen Volumendatensatz bildenden Projektionsdaten in Echtheit so einzustellen, dass eine vorgegebene Bildqualität erreicht wird.

[0008] Weiter sind aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 103 44 357 A1 ein Verfahren und Gerät zur automatischen Expositionssteuerung in der Computertomographie bekannt. In dem vorbekannten Computertomographie-Gerät berechnet eine Expositionssteuereinrichtung während einer ersten Hälfte einer Umdrehung eines Röntgenbrennpunkts um einen Patienten ausgehend von elektrischen Signalen, die von einer Strahlungserfassungseinrichtung des Computertomographie-Gerätes während der ersten Hälfte der Umdrehung erzeugt werden, ein tatsächliches Schwächungsprofil eines Röntgenschnittes durch den Patienten. Anhand dieser Daten wird ein extrapoliertes Schwächungsprofil für eine zweite Hälfte der Umdrehung vorausberechnet. Dieses vorausberechnete extrapolierte Schwächungsprofil wird zur Regulierung eines Betriebsparameters der Röntgenquelle verwendet, um die Strahlendosis, die von der Röntgenquelle während der zweiten Hälfte der Umdrehung abgegeben wird, in Abhängig-

keit von dem extrapolierten Schwächungsprofil zu regulieren. Zusammenfassend offenbart dieses Verfahren somit, zunächst einen halben Volumendatensatz mit Hilfe eines vorgegebenen Röntgenstroms für die Röntgenquelle des Computertomographen zu erstellen und diesen Röntgenstrom anhand der in der ersten Hälfte des Volumendatensatzes enthaltenen Information zur Erstellung der zweiten Hälfte des Volumendatensatzes anzupassen. Damit basiert diese Vorgehensweise auf der Erkenntnis, dass die Röntgenstrahlung für die zweite Hälfte des Volumendatensatzes bei unbewegtem Messobjekt ein Volumen durchstrahlt, welches einen spiegelverkehrten Aufbau zu dem während der Erstellung der ersten Hälfte des Volumendatensatzes durchstrahlten Volumen aufweist.

[0009] Auch wenn somit Ansätze bekannt sind, um die während der Erstellung eines Volumendatensatzes auftretende Strahlenbelastung für einen Patienten möglichst gering zu halten, ist die bei der Verwendung von Computertomographie-Geräten auftretende Strahlenbelastung für einen Patienten im allgemeinen noch zu hoch, um das Erstellen von mehreren Volumendatensätzen ein und desselben Messobjektes in kurzen Abständen medizinisch vertretbar zu machen. Der Grund ist, dass sich bei allen vorbekannten Ansätzen die Gesamtröntgenbelastung bei Erstellung mehrerer Volumendatensätze als Summe konstanter Einzelröntgenbelastungen, die jeweils bei der Erstellung eines Volumendatensatzes auftreten, ergibt.

[0010] Moderne Computertomographie-Geräte weisen eine Schichtabdeckung von 5 bis 6 cm auf. Das heißt, sie können in einem Umlauf um das Messobjekt und damit in einem Volumendatensatz ein Volumen von 5 bis 6 cm Dicke fassen. Dabei geht der Trend zu immer größeren Abdeckungen, wobei eine Abdeckung von z. B. 12 cm bereits realisiert werden kann. Bei einer derartigen Abdeckung ist die Erfassung eines vollständigen Organs, wie beispielsweise des menschlichen Herzens, oder zumindest von wesentlichen Teilen menschlicher Organe mittels eines Umlaufes der Röntgenquelle und der Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes und damit mittels eines einzigen Volumendatensatzes möglich.

[0011] Aufgrund der vorstehend diskutierten großen Röntgenstrahlungsbelastung werden Computertomographie-Geräte in der Regel nur zur Erstellung von statischen Bildern verwendet.

[0012] In der Medizin ist es jedoch häufig erforderlich, aktuelle Veränderungen und Bewegungen, wie zum Beispiel den Herzschlag, und damit dynamische Vorgänge zu erfassen.

[0013] Dies geschieht derzeit in der Regel mit Hilfe

der Magnetresonanztomographie oder der Verwendung von Ultraschallsystemen, da eine kontinuierliche Messung oder eine wiederholte Messung in kurzen Abständen mittels eines Röntgengerätes oder eines Computertomographie-Gerätes aufgrund der vorstehenden Schwierigkeiten zu einer unakzeptablen hohen Röntgendosisbelastung eines Patienten führen würde.

[0014] In diesem Zusammenhang ist es beispielsweise für die Führung von Biopsienadeln bekannt, mehrere Röntgenaufnahmen mittels eines Röntgengerätes oder eines Computertomographie-Gerätes innerhalb kurzer zeitlicher Abstände unter Verwendung einer extrem niedrigen Intensität der Röntgenstrahlung durchzuführen. Diese Vorgehensweise eignet sich aber nur für die Führung von Objekten mit einer extrem hohen Absorption, wie zum Beispiel für Objekte aus Metall. Für eine zeitaufgelöste Analyse von Messobjekten mit niedriger oder mittlerer Röntgenabsorption (wie zum Beispiel menschlicher Organe) ist dieses Vorgehen nicht geeignet, da sich derartige Messobjekte bei der Verwendung einer extrem niedrigen Intensität der Röntgenstrahlung praktisch nicht von dem in dem Mess-Signal enthaltenen Rauschsignal unterscheiden lassen.

[0015] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Computertomographie-Gerät, eine Steuereinrichtung für ein Computertomographie-Gerät sowie ein Verfahren zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes vorzuschlagen, welche bei der Erstellung von Volumendatensätzen von demselben Messobjekt innerhalb einer kurzen Zeitspanne eine erhebliche Reduzierung der damit verbundenen Röntgendosisbelastung des Messobjektes bewirken. Gleichzeitig soll die Erfassung von dynamischen Vorgängen in Messobjekten mit niedriger oder mittlerer Absorption sichergestellt werden. Durch diese Reduzierung der Röntgendosisbelastung wird die Erfassung von Bewegungsabläufen im menschlichen Körper mittels eines Computertomographie-Gerätes ermöglicht.

[0016] Die vorstehende Aufgabe wird bei einer Steuereinrichtung für ein Computertomographie-Gerät mit den Merkmalen des Oberbegriffes des unabhängigen Anspruchs 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Die Aufgabe wird auch durch ein Computertomographie-Gerät gemäß dem unabhängigen Anspruch 8 gelöst. Weiter wird die vorstehende Aufgabe durch ein Verfahren mit der Kombination der Merkmale des unabhängigen Anspruchs 11 gelöst.

[0017] Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen.

[0018] Die vorstehende Aufgabe wird durch eine Steuereinrichtung für ein Computertomographie-Ge-

rät gelöst, wobei die Steuereinrichtung mit einer Röntgenquelle und einer Empfangseinheit des Computertomographie-Gerätes verbindbar ist, um die Intensität und/oder Dosis einer von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung in Abhängigkeit von einer durch die Empfangseinheit empfangenen Röntgenstrahlung zu regeln und um in Folge der durch die Empfangseinheit empfangenen Röntgenstrahlung Volumendatensätze eines Messobjektes zu gewinnen und zu speichern. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Steuereinrichtung ausgebildet, zeitlich nacheinander mehrere Volumendatensätze von dem selben Messobjekt zu gewinnen, um so eine zeitliche Veränderung des Messobjektes zu detektieren, wobei die Steuereinrichtung während der Erstellung eines weiteren Volumendatensatzes von dem selben Messobjekt anhand der durch die Empfangseinheit aktuell empfangenen Röntgenstrahlung automatisch in Echtzeit eine Übereinstimmung zwischen den Projektionsdaten eines gespeicherten, zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und den Projektionsdaten des gerade zu erstellenden Volumendatensatzes gleicher Winkelseinstellung (α) feststellt und die festgestellte Übereinstimmung zur Steuerung der Aufnahme der nächsten Projektion bzw. der nächsten Projektionen verwendet wird und die Steuereinrichtung die Röntgenquelle so steuert, dass die für die Erstellung des gerade zu erstellenden Volumendatensatzes verwendete Röntgenstrahlung eine Intensität und/oder Dosis aufweist, die umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung ist.

[0019] Somit basiert die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung darauf, dass bei der sequentiellen Erstellung mehrerer Volumendatensätze von demselben Messobjekt innerhalb einer kurzen Zeitspanne zumindest der vorangegangene Volumendatensatz gespeichert wird. Während der Erstellung eines jeweiligen neuen Volumendatensatzes werden fortlaufend die durch die Empfangseinheit empfangene Röntgenstrahlung und damit die aktuellen Messdaten mit den entsprechenden Messdaten des gespeicherten, vorangegangenen Volumendatensatzes verglichen, um Übereinstimmungen festzustellen.

[0020] Im Falle einer hohen Übereinstimmung zwischen den gespeicherten und den aktuell gewonnenen Messdaten enthält die aktuell mittels der Empfangseinheit empfangene Röntgenstrahlung keine gegenüber dem bereits gespeicherten älteren Volumendatensatz neue Information. Daher steuert die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die Röntgenquelle automatisch im Falle einer hohen Übereinstimmung so, dass die Intensität bzw. Dosis der emittierten Röntgenstrahlung gering ist.

[0021] Ist die Übereinstimmung zwischen der aktuell durch die Empfangseinheit empfangenen Rönt-

genstrahlung und dem gespeicherten älteren Volumendatensatz jedoch gering, so ist davon auszugehen, dass zusätzliche Information gewonnen wird. In der Folge steuert die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die Röntgenquelle automatisch im Falle einer geringen Übereinstimmung so, dass Röntgenstrahlung mit einer hohen Intensität bzw. Röntgendosis emittiert wird, damit die neu gewonnenen Volumendaten eine ausreichende Qualität aufweisen.

[0022] Dabei ist offensichtlich, dass sich eine Erhöhung oder Absenkung der Intensität der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung nicht auf Absolutwerte der Intensität bzw. Röntgendosis beziehen muss, sondern sich vorzugsweise relativ auf eine für die Erstellung eines Volumendatensatzes von einem bestimmten Messobjekt voraus berechnete, optimale Intensität bzw. Röntgendosis bezieht. In diesem Fall wird die Röntgenquelle im Falle einer geringen Übereinstimmung durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung automatisch so gesteuert, dass Röntgenstrahlung mit der optimalen Intensität bzw. Röntgendosis emittiert wird. Im Falle einer hohen Übereinstimmung wird die Röntgenquelle durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung automatisch so gesteuert, dass Röntgenstrahlung mit einer gegenüber der optimalen Intensität bzw. Röntgendosis herabgesetzten Intensität bzw. Röntgendosis emittiert wird.

[0023] Da die Intensität bzw. Röntgendosis der für die Erstellung eines Volumendatensatzes verwendeten Röntgenstrahlung durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung somit in Abhängigkeit von einem jeweiligen Informationsgewinn geregelt wird, kann eine erhebliche Ersparnis der das Messobjekt beaufschlagenden Röntgendosis erzielt werden.

[0024] Somit erlaubt die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die Verwendung eines Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von einer Vielzahl von Volumendatensätzen innerhalb einer kurzen Zeitspanne und somit zur Erfassung einer zeitaufgelösten Sequenz von einem Messobjekt.

[0025] Dabei ist es vorteilhaft, wenn jeder Volumendatensatz aus einer Vielzahl von Projektionsdaten besteht, wobei die einzelnen Projektionsdaten das von der Empfangseinheit des Computertomographie-Gerätes empfangene Intensitätsprofil der das Messobjekt durchdrungenen Röntgenstrahlung für unterschiedliche Winkelstellungen der Röntgenquelle und der Empfangseinheit relativ zu einem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt enthalten. Dabei stellt die Steuereinrichtung die Übereinstimmung zwischen einem gespeicherten Volumendatensatz und dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz vorzugsweise durch Vergleich gespeicherter Projek-

tionsdaten mit aktuellen Projektionsdaten für das selbe Messobjekt und die selbe Winkelstellung der Röntgenquelle und der Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt fest.

[0026] Indem die erfindungsgemäße Steuereinrichtung gespeicherte Projektionsdaten eines vorangegangenen älteren Volumendatensatzes mit aktuell gewonnenen Projektionsdaten eines gerade zu erstellenden Volumendatensatzes für das selbe Messobjekt und die selbe Winkelseinstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Messobjekt vergleicht, wird sichergestellt, dass die in den Projektionsdaten enthaltene Information bezüglich des Messobjektes die selbe räumliche Ansicht und Lage aufweist. Somit können festgestellte Unterschiede nur auf einer zeitlichen Veränderung des Messobjektes zwischen dem vorangegangenen, gespeicherten Volumendatensatz und dem aktuell zu erstellenden Volumendatensatz beruhen. Besonders einfach kann die erfindungsgemäße Steuereinrichtung diese Übereinstimmung durch Differenzbildung von gespeicherten und aktuellen Projektionsdaten für die identische Winkelstellung bestimmen. In der Folge steuert die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die Intensität der von der Röntgenquelle zu emittierenden Röntgenstrahlung für die zeitlich nachfolgenden Projektionsdaten in umgekehrter Abhängigkeit von der Übereinstimmung vorangegangener gespeicherter Projektionsdaten mit den aktuell gewonnenen Projektionsdaten für die jeweils identische Winkelstellung.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuereinrichtung ferner mit einer Dreheinrichtung für die Röntgenquelle und die Empfangseinheit des Computertomographie-Gerätes verbindbar, um so eine aktuelle Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt zu bestimmen.

[0028] Indem die Steuereinrichtung mit einer Dreheinrichtung des Computertomographie-Gerätes verbindbar ist, kann die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die aktuelle Winkelstellung der Röntgenquelle und der Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes direkt feststellen. In diesem Falle ist es somit nicht nötig, die Winkelstellung indirekt (beispielsweise aus den Projektionsdaten oder dem Volumendatensatz) herzuleiten.

[0029] Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung ferner ausgebildet, um die aktuelle Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt

und/oder einen aktuellen Röhrenstrom der Röntgenquelle und/oder die aktuelle Intensität und/oder Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung zu erfassen und zusammen mit einem jeweiligen Volumendatensatz zu speichern.

[0030] Indem die erfindungsgemäße Steuereinrichtung diese Parameter erfasst, eignet sich ein aktuell erstellter Volumendatensatz gut zur Feststellung von Übereinstimmungen mit sowohl vorangegangenen als auch zukünftig nachfolgenden Volumendatensätzen. Weiter wird so sichergestellt, dass die für eine Rekonstruktion von Bilddaten aus einem jeweiligen Volumendatensatz erforderliche Informationen zur Verfügung stehen.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform steuert die Steuereinrichtung die Röntgenquelle so, dass die für die Erstellung nachfolgender Projektionsdaten eines Volumendatensatzes verwendete Intensität und/oder Dosis der Röntgenstrahlung umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der vorangegangenen Projektionsdaten des selben Volumendatensatzes mit den entsprechenden Projektionsdaten des gespeicherten Volumendatensatzes ist.

[0032] Somit werden die aktuellen Projektionsdaten mit den Projektionsdaten eines vorangegangenen Volumendatensatzes und damit eines vorangegangenen Umlaufes von Röntgenquelle und Empfangseinheit um das Messobjekt bei jeweils identischer Winkelstellung verglichen. Je stärker sich die Projektionsdaten unterscheiden, was beispielsweise über die Differenz der Logarithmen festgestellt werden kann, desto mehr Intensität bzw. Röntgendosis wird für die Röntgenstrahlung durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung von der Röntgenquelle zur Erstellung der nächsten Projektionsdaten angefordert. Umgekehrt wird die Intensität bzw. Röntgendosis der durch die erfindungsgemäße Steuereinrichtung von der Röntgenquelle angeforderten Röntgenstrahlung reduziert, wenn die Übereinstimmung der Projektionsdaten hoch ist. Diese erfindungsgemäße Lösung basiert darauf, dass bei Projektionsdaten mit hoher Übereinstimmung und damit bei Projektionsdaten, die Bereiche des Messobjektes betreffen, die zeitlich konstant geblieben sind, zur Rekonstruktion eines Bildes dieses Bereiches bereits gespeicherte, vorangegangene Projektionsdaten genutzt werden können. Somit muss kein vollständig neues, hochauflösendes Bild erstellt werden.

[0033] Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinrichtung die festgestellte Übereinstimmung zwischen einem gespeicherten Volumendatensatz desselben Messobjektes und dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz automatisch als Übereinstimmungsfaktor in dem aktuell zu erstellenden Volumendatensatz speichert.

[0034] Dieser Übereinstimmungsfaktor kann beispielsweise in Form von Prozent an Übereinstimmung angegeben werden und sich beispielsweise aus der Differenz der Logarithmen der zu vergleichenden Projektionsdaten oder direkt aus der Differenz der Projektionsdaten ergeben. Indem die Übereinstimmung in Form eines Übereinstimmungsfaktors für die jeweiligen Projektionsdaten in den jeweiligen Volumendatensätzen gespeichert wird, lässt sich anhand des Übereinstimmungsfaktors feststellen, welche Projektionsdaten für eine Bildrekonstruktion aus einem vorangegangenen Volumendatensatz übernommen werden können und welche Projektionsdaten zeitliche Veränderungen des Messobjektes enthalten und somit bei der Bildrekonstruktion neu berücksichtigt werden müssen.

[0035] In diesem Falle entscheidet die Steuereinrichtung aufgrund des Übereinstimmungsfaktors, ob zur Aufnahme des darauf folgenden Projektionsdatensatzes die Dosis erhöht oder vermindert wird.

[0036] Diese Rekonstruktion kann beispielsweise durch Beimischung von einem anhand eines älteren Volumendatensatzes erstellten Bild zu dem anhand des aktuellen Volumendatensatzes erstellten Bild erfolgen, wobei die Beimischung für verschiedene Bereiche des Bildes jeweils in Abhängigkeit von dem Übereinstimmungsfaktor erfolgt. Beträgt die Übereinstimmung in einem Bereich des Bildes 100%, so kann das anhand des älteren Volumendatensatzes erstellte Bild in diesem Bereich vollständig übernommen werden. Beträgt die Übereinstimmung in einem Bereich hingegen 0%, so sind in diesem Bereich lediglich die in dem aktuellen Volumendatensatz enthaltenen Projektionsdaten für die Erstellung des Bildes heranzuziehen. Dabei ist offensichtlich, dass die Beimischung nicht linear, sondern beispielsweise auch logarithmisch erfolgen kann.

[0037] Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe wird ferner die Verwendung einer Steuereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einem Computertomographie-Gerät vorgeschlagen, das eine Röntgenquelle zum Emittieren einer Röntgenstrahlung, wobei die Intensität und/oder Dosis der Röntgenstrahlung einstellbar ist, eine Empfangseinheit zum Empfangen der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung, wobei zwischen der Röntgenquelle und der Empfangseinheit ein Untersuchungsbereich für ein Messobjekt vorgesehen ist.

[0038] Somit ist es erfindungsgemäß möglich, ein Computertomographie-Gerät zur Verfügung zu stellen, welches die Erstellung von zeitaufgelösten Sequenzen eines Messobjektes erlaubt und gleichwohl die Röntgenstrahlenbelastung für das Messobjekt gering hält.

[0039] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das

Computertomographie-Gerät eine Dreheinrichtung aufweist, um eine Rotation von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes zu bewirken, wobei im Rahmen einer Rotation von Röntgenquelle und Empfangseinheit um 360° durch die Empfangseinheit in Folge empfangener Röntgenstrahlung ein Volumendatensatz eines in dem Untersuchungsbereich angeordneten Messobjektes gewonnen wird.

[0040] Bevorzugt weist das Computertomographie-Gerät einen zwischen Röntgenquelle und Empfangseinrichtung angeordneten Dosismonitor zur Bestimmung einer von der Röntgenquelle emittierten Röntgendosis auf, wobei der Dosismonitor mit der Steuereinrichtung verbindbar ist.

[0041] Derartige Dosismonitore sind bei nahezu sämtlichen herkömmlichen Computertomographie-Geräten vorgesehen. Die mittels des Dosismonitors bestimmte Röntgendosis eignet sich ebenso wie die Intensität gut zur Bestimmung und Beeinflussung der auf das Messobjekt im Rahmen einer Untersuchung einwirkenden Röntgenbelastung. Dabei ist es an der Einstellung der Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung gegenüber der Einstellung der Intensität der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung vorteilhaft, dass bei der Einstellung der Röntgendosis unmittelbar auch die zeitliche Belastung des Messobjektes durch die Röntgenstrahlung berücksichtigt wird.

[0042] Die vorstehende Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes zur Erstellung eines aktuellen Volumendatensatzes von einem Messobjekt, von dem bereits ein zeitlich zurückliegender Volumendatensatz gespeichert ist, gelöst, wobei jeder Volumendatensatz aus einer Vielzahl von Projektionsdaten besteht und die Projektionsdaten die von einer Empfangseinheit des Computertomographie-Gerätes empfangene Röntgenstrahlung für unterschiedliche Winkelstellungen einer Röntgenquelle des Computertomographie-Gerätes und der Empfangseinheit relativ zu einem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt enthalten. Erfindungsgemäß weist das Verfahren die folgenden Schritte auf:

- Steuerung der Röntgenquelle und der Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von aktuellen Projektionsdaten für den aktuell zu erstellenden Volumendatensatz;
- automatische Feststellung einer Übereinstimmung zwischen den aktuell erstellten Projektionsdaten des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes und entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten des zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und dersel-

ben Winkelstellung; und

– automatische Steuerung der Intensität und/oder Dosis der von der Röntgenquelle zur Erstellung von nachfolgenden Projektionsdaten des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes emittierten Röntgenstrahlung, so dass die für die Erstellung des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes der nachfolgend zu messenden Projektionsdaten verwendete Röntgenstrahlung eine Intensität und/oder Dosis aufweist, die umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der aktuell erstellten Projektionsdaten mit den entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten des zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und der selben Winkelstellung ist.

[0043] Vorzugsweise beinhaltet der Schritt der Steuerung der Röntgenquelle und der Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von aktuellen Projektionsdaten eine Erfassung einer aktuellen Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt und/oder eines aktuellen Röhrenstroms der Röntgenquelle und/oder einer aktuellen Intensität und/oder Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung sowie eine Speicherung der erfassten Werte zusammen mit den jeweiligen Projektionsdaten.

[0044] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beinhaltet der Schritt der automatischen Feststellung einer Übereinstimmung zwischen den aktuell erstellten Projektionsdaten und entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten die Speicherung der festgestellten Übereinstimmung als Übereinstimmungsfaktor zu den jeweiligen Projektionsdaten in dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz.

[0045] In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn das Verfahren weiter den Schritt einer Rekonstruktion eines jeweiligen aktuellen Volumendatensatzes unter Verwendung des darin gespeicherten Übereinstimmungsfaktors und des gespeicherten, zeitlich zurückliegenden Volumendatensatzes aufweist.

[0046] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes anhand von Figuren erläutert. Dabei zeigt

[0047] Fig. 1 schematisch den Aufbau eines Computertomographie-Gerätes, in das die erfindungsgemäße Steuereinrichtung integriert ist; und

[0048] Fig. 2 ein Flussdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0049] Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Computertomographie-Gerätes **2**, in das die erfindungsgemäße Steuereinrichtung **1** integriert ist.

[0050] Wie ersichtlich, ist die Steuereinrichtung **1** mit einer Röntgenquelle **3**, einer Empfangseinheit **4**, einer Dreheinrichtung **5** und einem Dosismonitor **6** des Computertomographie-Gerätes **2** verbunden.

[0051] Gesteuert von der Steuereinrichtung **1** emittiert die Röntgenquelle **3** eine Röntgenstrahlung **R** von vorgegebener Intensität und/oder Dosis. Dabei sind die vorgegebenen Werte für Intensität und/oder Dosis vorzugsweise nicht konstant sondern folgen einem vorgegebenen Zeitverlauf.

[0052] Die von der Röntgenquelle **3** emittierte Röntgenstrahlung **R** durchleuchtet ein in einem Untersuchungsbereich **U** des Computertomographie-Gerätes **2** angeordnetes Messobjekt **M** und den Dosismonitor **6**. Anschließend wird die in Abhängigkeit von der Materieverteilung des Messobjektes **M** abgeschwächte Röntgenstrahlung **R** von der Empfangseinheit **4**, bei der es sich hier um einen Halbleitersensor handelt, empfangen. Die so empfangene Röntgenstrahlung wird von der Empfangseinheit **4** in Form von Projektionsdaten an die Steuereinrichtung **1** ausgegeben.

[0053] Gleichzeitig gibt der Dosismonitor **6** an die Steuereinrichtung **1** eine Information über die emittierte Röntgendosis aus.

[0054] Über die Dreheinrichtung **5** ist die erfindungsgemäße Steuereinrichtung **1** ausgebildet, die Röntgenquelle **3** zusammen mit der Empfangseinheit **4** relativ zu dem in dem Untersuchungsbereich **U** angeordneten Messobjekt **M** um 360° zu verschwenken.

[0055] Im Rahmen einer Rotation von Röntgenquelle **3** und Empfangseinheit **4** relativ zu dem im Untersuchungsbereich **U** angeordneten Messobjekt **M** um etwa 360° erstellt die Steuereinrichtung **1** aus den von der Empfangseinheit **4** ausgegebenen Projektionsdaten einen Volumendatensatz für das betrachtete Messobjekt **M**.

[0056] Bei der Dreheinrichtung **5** handelt es sich vorzugsweise um einen Schrittmotor, so dass die Steuereinrichtung **1** in Echtzeit genaue Kenntnis über eine Winkelstellung α von Röntgenquelle **3** und Empfangseinheit **4** relativ zu dem Messobjekt **M** hat. Alternativ kann die Steuereinrichtung auch ausgebildet sein, um die Winkelstellung den empfangenen Projektionsdaten herzuleiten.

[0057] Zur Erfassung einer zeitaufgelösten Sequenz des Messobjektes **M** steuert die Steuereinrichtung **1** die Röntgenquelle **3** und die Empfangseinheit

4 sowie die Dreheinrichtung **5** so, dass in mehreren zeitlich aufeinanderfolgenden Umläufen von Röntgenquelle **3** und Empfangseinheit **4** um das Messobjekt **M** mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Volumendatensätze gewonnen werden. Die gewonnenen Volumendatensätze werden in einem FIFO-Speicher **7** der Steuereinrichtung **1** gespeichert.

[0058] Gemäß der vorliegenden Erfindung stellt die Steuereinrichtung **1** während der Erstellung eines Volumendatensatzes von demselben Messobjekt **M** anhand der durch die Empfangseinheit **4** aktuell empfangene Röntgenstrahlung **R** automatisch in Echtzeit Übereinstimmungen zwischen dem vorausgegangenen, im FIFO-Speicher **7** gespeicherten Volumendatensatz des selben Messobjektes und dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz fest.

[0059] Dies erfolgt im vorliegenden Beispiel dadurch, dass die Steuereinrichtung **1** die in den in dem FIFO-Speicher **7** gespeicherten Volumendatensatz enthaltenen Projektionsdaten für das selbe Messobjekt **M** und die selbe Winkelstellung α der Röntgenquelle **3** und der Empfangseinheit **4** mit den gerade von der Empfangseinheit **4** erstellten Projektionsdaten vergleicht. Somit werden im vorliegenden Beispiel die Projektionsdaten derselben räumlichen Ansicht und Lage desselben Messobjektes verglichen. Dies erfolgt im vorliegenden Beispiel dadurch, dass die Differenz der Logarithmen für die jeweiligen Positionsdaten bestimmt wird. Alternativ wäre es beispielsweise auch möglich, die Übereinstimmung durch direkte Differenzbildung der jeweiligen Projektionsdaten zu bestimmen.

[0060] Für die Erstellung der nachfolgenden Projektionsdaten steuert die erfindungsgemäße Steuereinrichtung die Röntgenquelle **3** automatisch so, dass die für die Erstellung der nachfolgenden Projektionsdaten verwendete Intensität und/oder Dosis der von der Röntgenquelle **3** emittierten Röntgenstrahlung umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung ist. Je stärker sich die Projektionsdaten unterscheiden, desto mehr Intensität bzw. Dosis der Röntgenstrahlung wird von der Steuereinrichtung **1** von der Röntgenquelle **3** für die Erstellung der nächsten Projektionsdaten angefordert. Umgekehrt steuert die Steuereinrichtung **1** die Röntgenquelle **3** automatisch so, dass Röntgenstrahlung mit niedrigerer Intensität bzw. Dosis für die Erstellung der nächsten Projektionsdaten angefordert wird, wenn die Übereinstimmung der Projektionsdaten hoch ist.

[0061] In diesem Zusammenhang kann es sich bei den nachfolgenden/nächsten Projektionsdaten entweder um die bezüglich der Winkelstellung α der Röntgenquelle **3** und der Empfangseinheit **4** relativ zum dem Messobjekt **M** benachbarten (und damit nachfolgenden) Projektionsdaten des gleichen Volumendatensatzes handeln, oder auch um Projektions-

daten der identischen Winkelstellung eines nachfolgenden Volumendatensatzes.

[0062] Somit steuert die Steuereinrichtung **1** in der in Fig. 1 gezeigten bevorzugten Ausführungsform die Röntgenquelle **3** so, dass die für die Erstellung nachfolgender Projektionsdaten eines Volumendatensatzes verwendete Intensität bzw. Dosis der Röntgenstrahlung umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der vorangegangenen Projektionsdaten des selben aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes mit den entsprechenden Projektionsdaten des vorangegangenen, im FIFO-Speicher **7** gespeicherten Volumendatensatzes ist.

[0063] In dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel erfasst die Steuereinrichtung **1** während der Erstellung eines jeweiligen Volumendatensatzes über die Dreheinrichtung **5** automatisch die aktuelle Winkelstellung α von Röntgenquelle **3** und Empfangseinheit **4** relativ zu dem Untersuchungsgebiet **U** des Computertomographie-Gerätes **2** und speichert die Winkel zu den Projektionsdaten im jeweiligen Volumendatensatz. Weiter erfasst die Steuereinrichtung **1** in dem vorliegenden Beispiel mittels des Dosismonitors **6** während der Erstellung eines Volumendatensatzes jeweils die Intensität und Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung sowie den für die Steuerung der Röntgenquelle **3** verwendeten Röhrenstrom und speichert auch diese Werte zusammen mit den dazugehörigen Projektionsdaten in dem jeweiligen Volumendatensatz.

[0064] Weiter speichert die Steuereinrichtung **1** die festgestellte Übereinstimmung zwischen den in dem im FIFO-Speicher **7** gespeicherten vorangegangenen Volumendatensatz enthaltenen Projektionsdaten und den gerade erstellten Projektionsdaten automatisch als Übereinstimmungsfaktor in dem aktuell zu erstellenden Volumendatensatz. Im vorliegenden Beispiel ist der Übereinstimmungsfaktor eine dimensionslose Zahl, welche die Übereinstimmung in Prozent angibt. Selbstverständlich kann der Übereinstimmungsfaktor auch anders gewählt sein.

[0065] Weiter weist das in Fig. 1 gezeigte Computertomographie-Gerät **2** eine REKON-Einheit **8** zur Rekonstruktion von Bildern auf.

[0066] Dazu liest die REKON-Einheit **8** die in dem FIFO-Speicher **7** der Steuereinrichtung **1** gespeicherten Volumendatensätze aus und verwendet den in den Volumendatensätzen enthaltenen Übereinstimmungsfaktor zur Rekonstruktion von Bildern aus den Volumendatensätzen. In dem vorliegenden Beispiel erfolgt dies, indem die einzelnen Bilder durch gewichtete Mittelung der Projektionsdaten erstellt werden, die in dem einem jeweiligen Bild zugrundeliegenden Volumendatensatz und in dem diesem Volumenda-

tensatz zeitlich vorangegangenen Volumendatensatz enthalten sind. Die Gewichtung der Mittelung erfolgt dabei mittels des Übereinstimmungsfaktors. Dies hat zur Folge, dass in Bereichen, in denen zwischen einem aktuellen Bild und dem vorangegangenen Bild eine hohe Übereinstimmung besteht, die in dem vorangegangenen Volumendatensatz enthaltenen Projektionsdaten mit einem hohen Gewicht in die Rekonstruktion des Bildes einfließen. In Bereichen, in denen jedoch nur eine geringe Übereinstimmung besteht, fließen die in dem vorangegangenen Volumendatensatz enthaltenen Projektionsdaten jedoch nur mit einem geringen Gewicht in das neu zu erstellende Bild ein. Alternativ kann auch ein Schwellwert für die Übereinstimmung vorgesehen sein. Liegt die Übereinstimmung unter dem Schwellwert, so wird das Bild ausschließlich anhand der aktuellen Projektionsdaten erstellt. Liegt die Übereinstimmung jedoch über dem Schwellwert, wird das Bild ausschließlich anhand der vorangegangenen Projektionsdaten erstellt.

[0067] In Fig. 1 ist die REKON-Einheit **8** weiter mit einem Monitor **9** zur Ausgabe der rekonstruierten Bilder und einer Festplatte **10** zur Speicherung der rekonstruierten Bilder verbunden.

[0068] Gemäß einer alternativen Ausführungsform, die in Fig. 1 gestrichelt dargestellt ist, kann die REKON-Einheit **8** auch selber mit der Empfangseinheit **4**, einem Drehsensor **5'** für die Feststellung der Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit **4** relativ zum Messobjekt **M** und dem Dosismonitor **6** verbunden sein.

[0069] In diesem Fall ist die Steuereinrichtung **1** nur für die Regelung der Intensität bzw. Dosis der von der Röntgenquelle **3** emittierten Röntgenstrahlung zuständig und gibt lediglich die zu den jeweiligen Volumendatensätzen gehörigen Übereinstimmungsfaktoren an die REKON-Einheit **8** weiter.

[0070] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes beschrieben.

[0071] In einem ersten Schritt **S1** werden die Röntgenquelle und die Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von aktuellen Projektionsdaten für einen aktuell zu erstellenden Volumendatensatz gesteuert.

[0072] Zeitgleich erfolgt in Schritt **S2** eine Erfassung einer aktuellen Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt und eine Erfassung eines aktuellen Röhrenstroms der Röntgenquelle und einer aktuellen Intensität sowie Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung

und eine Speicherung der erfassten Werte zusammen mit den jeweiligen Projektionsdaten.

[0073] Im anschließenden Schritt **S3** wird automatisch eine Übereinstimmung zwischen den aktuell erstellten Projektionsdaten und entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten eines zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und derselben Winkelstellung festgestellt.

[0074] Diese Übereinstimmung wird in Schritt **S4** als Übereinstimmungsfaktor zu den jeweiligen Projektionsdaten in dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz gespeichert.

[0075] Anschließend wird die Intensität und/oder Dosis der von der Röntgenquelle zur Erstellung von nachfolgenden aktuellen Projektionsdaten emittierten Röntgenstrahlung so gesteuert, dass die für die Erstellung der nachfolgend zu erstellenden Projektionsdaten verwendete Röntgenstrahlung eine Intensität bzw. Dosis aufweist, die umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der aktuell erstellten Projektionsdaten ist.

[0076] Danach wird in Schritt **S6** entschieden, ob der aktuell zu erstellende Volumendatensatz vollständig ist. Ist dies nicht der Fall, kehrt das Verfahren zu den Schritten **S1** und **S2** zurück.

[0077] Anderenfalls wird im folgenden Schritt **S7** entschieden, ob eine Rekonstruktion von Bilddaten anhand des gerade gewonnenen Volumendatensatzes gewünscht wird. Ist dies nicht der Fall, terminiert das Verfahren.

[0078] Anderenfalls erfolgt im Schritt **S8** eine Rekonstruktion des jeweiligen aktuellen Volumendatensatzes unter Verwendung des darin gespeicherten Übereinstimmungsfaktors und des gespeicherten zeitlich zurückliegenden Volumendatensatzes, um ein Bild zu rekonstruieren, bevor das Verfahren terminiert.

[0079] Dabei beträgt die zeitliche Abfolge der mittels des Computertomographie-Gerätes mittels des vorstehend beschriebenen Verfahrens hintereinander zu erstellenden Volumendatensätze vorzugsweise weniger als 1 Stunde und vorzugsweise weniger als 10 Minuten und besonders bevorzugt weniger als 60 Sekunden.

[0080] In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass die vorstehend beschriebenen Schritte **S1** bis **S6** nicht sequentiell zeitlich versetzt hintereinander ablaufen müssen, sondern auch in Echtzeit ablaufen können. In diesem Fall werden nicht sequentiell nacheinander voneinander getrennte Projektionsdaten eines Volumendatensatzes erstellt, sondern die Projektionsdaten des Volumendatensatzes kontinu-

ierlich gewonnen. Dann wird eine Verbindung der in dem jeweiligen Volumendatensatz enthaltenen Daten zu den jeweiligen Projektionsdaten über die jeweilige Winkelstellung der Röntgenquelle und Empfangseinheit während der Erstellung der jeweiligen Projektionsdaten hergestellt.

[0081] Da die erfindungsgemäße Steuereinrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes bei Durchführung von zeitlich aufeinander folgenden Messungen zur Erstellung von Volumendatensätzen sicherstellen, dass nur zur Erfassung von neuen Informationen in Folge einer zeitlichen Veränderung eines Messobjektes eine Röntgenstrahlung mit hoher Dosis bzw. Intensität verwendet wird, kann die Gesamtdosis für die Erstellung der aufeinanderfolgenden Volumendatensätze so gering wie möglich gehalten werden.

[0082] Hierdurch wird die Verwendung eines Computertomographie-Gerätes zur zeitaufgelösten Erfassung eines Messobjektes ermöglicht. Weiter tritt so eine Ersparnis der auf die Röhre der Röntgenquelle wirkenden Last ein, wodurch die Lebensdauer der Röhre erhöht und die Betriebskosten gesenkt werden können. Weiter kann so die Erwärmung der Röntgenquelle bei den unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen gering gehalten werden, wodurch Hitze-probleme vermieden werden.

Patentansprüche

1. Steuereinrichtung (1) für ein Computertomographie-Gerät (2), wobei die Steuereinrichtung (1) mit einer Röntgenquelle (3) und einer Empfangseinheit (4) des Computertomographie-Gerätes (2) verbindbar ist, um die Intensität und/oder Dosis einer von der Röntgenquelle (3) emittierten Röntgenstrahlung (R) in Abhängigkeit von einer durch die Empfangseinheit (4) empfangenen Röntgenstrahlung (R) zu regeln und um in Folge der durch die Empfangseinheit (4) empfangenen Röntgenstrahlung (R) Volumendatensätze eines Messobjektes (M) zu gewinnen und zu speichern, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (1) ausgebildet ist, zeitlich nacheinander mehrere Volumendatensätze von dem selben Messobjekt (M) zu gewinnen, um so eine zeitliche Veränderung des Messobjektes (M) zu detektieren, wobei die Steuereinrichtung (1) während der Erstellung eines weiteren Volumendatensatzes von dem selben Messobjekt (M) anhand der durch die Empfangseinheit (4) aktuell empfangenen Röntgenstrahlung (R) automatisch in Echtzeit eine Übereinstimmung zwischen den Projektionsdaten eines gespeicherten, zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes (M) und den Projektionsdaten des gerade zu erstellenden Volumendatensatzes gleicher Winkelseinstellung (α) feststellt und die fest-

gestellte Übereinstimmung zur Steuerung der Aufnahme der nächsten Projektion bzw. der nächsten Projektionen verwendet wird und die Steuereinrichtung (1) die Röntgenquelle (3) so steuert, dass die für die Erstellung des gerade zu erstellenden Volumendatensatzes verwendete Röntgenstrahlung (R) eine Intensität und/oder Dosis aufweist, die umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung ist.

2. Steuereinrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Volumendatensatz aus einer Vielzahl von Projektionsdaten besteht, wobei die einzelnen Projektionsdaten das von der Empfangseinheit (4) des Computertomographie-Gerätes (2) empfangene Intensitätsprofil der das Messobjekt durchdrungenen Röntgenstrahlung (R) für unterschiedliche Winkelstellungen (α) der Röntgenquelle (3) und der Empfangseinheit (4) relativ zu einem Untersuchungsbereich (U) des Computertomographie-Gerätes (2) und damit relativ zu dem Messobjekt (M) enthalten, und die Steuereinrichtung (1) die Übereinstimmung zwischen einem gespeicherten Volumendatensatz und dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz durch Vergleich gespeicherter Projektionsdaten mit aktuellen Projektionsdaten für das selbe Messobjekt (M) und die selbe Winkelstellung (α) der Röntgenquelle (3) und der Empfangseinheit (4) relativ zu dem Untersuchungsbereich (U) des Computertomographie-Gerätes (2) und damit relativ zu dem Messobjekt (M) feststellt.

3. Steuereinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) ferner mit einer Dreheinrichtung (5) für die Röntgenquelle (3) und die Empfangseinheit (4) des Computertomographie-Gerätes (2) verbindbar ist, um so eine aktuelle Winkelstellung (α) von Röntgenquelle (3) und Empfangseinheit (4) relativ zu dem Untersuchungsbereich (U) des Computertomographie-Gerätes (2) und damit relativ zu dem Messobjekt (M) zu bestimmen.

4. Steuereinrichtung (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) ferner ausgebildet ist, um die aktuelle Winkelstellung (α) von Röntgenquelle (3) und Empfangseinheit (4) relativ zu dem Untersuchungsbereich (U) des Computertomographie-Gerätes (2) und damit relativ zu dem Messobjekt (M) und/oder einen aktuellen Röhrenstrom der Röntgenquelle (3) und/oder die aktuelle Intensität und/oder Röntgendosis der von der Röntgenquelle (3) emittierten Röntgenstrahlung (R) zu erfassen und zusammen mit einem jeweiligen Volumendatensatz zu speichern.

5. Steuereinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) die Röntgenquelle (3) so steuert, dass die für die Erstellung nachfolgender Projektionsdaten eines Volumendatensatzes ver-

wendete Intensität und/oder Dosis der Röntgenstrahlung (R) umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der vorangegangenen Projektionsdaten desselben Volumendatensatzes mit den entsprechenden Projektionsdaten des gespeicherten Volumendatensatzes ist.

6. Steuereinrichtung (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) die festgestellte Übereinstimmung zwischen einem gespeicherten Volumendatensatz desselben Messobjektes (M) und dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz automatisch als Übereinstimmungsfaktor in dem aktuell zu erstellenden Volumendatensatz speichert.

7. Steuereinrichtung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (1) aufgrund des Übereinstimmungsfaktors entscheidet, ob zur Aufnahme des darauffolgenden Projektionsdatensatzes die Dosis erhöht oder vermindert wird.

8. Computertomographiegerät (2) mit einer Steuereinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend

- eine Röntgenquelle (3) zum Emittieren einer Röntgenstrahlung (R), wobei die Intensität und/oder Dosis der Röntgenstrahlung (R) einstellbar ist; und
- eine Empfangseinheit (4) zum Empfangen der von der Röntgenquelle (3) emittierten Röntgenstrahlung (R), wobei zwischen der Röntgenquelle (3) und der Empfangseinheit (4) ein Untersuchungsbereich (U) für ein Messobjekt (M) vorgesehen ist.

9. Computertomographie-Gerät (2) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Computertomographie-Gerät (2) eine Dreheinrichtung (5) aufweist, um eine Rotation von Röntgenquelle (3) und Empfangseinheit (4) relativ zu dem Untersuchungsbereich (U) des Computertomographie-Gerätes (2) zu bewirken, wobei im Rahmen einer Rotation von Röntgenquelle (3) und Empfangseinheit (4) um 360° durch die Empfangseinheit (4) in Folge empfangener Röntgenstrahlung (R) ein Volumendatensatz eines in dem Untersuchungsbereich (U) angeordneten Messobjektes (M) gewonnen wird.

10. Computertomographie-Gerät (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Computertomographie-Gerät (2) einen zwischen Röntgenquelle (3) und Empfangseinrichtung angeordneten Dosismonitor (6) zur Bestimmung einer von der Röntgenquelle (3) emittierten Röntgendosis aufweist, wobei der Dosismonitor (6) mit der Steuereinrichtung (1) verbindbar ist.

11. Verfahren zur Steuerung eines Computertomographie-Gerätes zur Erstellung eines aktuellen Volumendatensatzes von einem Messobjekt, von

dem bereits ein zeitlich zurückliegender Volumendatensatz gespeichert ist, wobei jeder Volumendatensatz aus einer Vielzahl von Projektionsdaten besteht und die Projektionsdaten die von einer Empfangseinheit des Computertomographie-Gerätes empfangenen Intensitätsprofile der das Messobjekt durchdrungenen Röntgenstrahlung für unterschiedliche Winkelstellungen einer Röntgenquelle des Computertomographie-Gerätes und der Empfangseinheit relativ zu einem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt enthalten, aufweisend die folgenden Schritte:

- (S1) Steuerung von der Röntgenquelle und der Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von aktuellen Projektionsdaten für den aktuell zu erstellenden Volumendatensatz;
- (S3) automatische Feststellung einer Übereinstimmung zwischen den aktuell erstellten Projektionsdaten des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes und entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten des zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und derselben Winkelstellung; und
- (S5) automatische Steuerung der Intensität und/oder Dosis der von der Röntgenquelle zur Erstellung von nachfolgenden Projektionsdaten des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes emittierten Röntgenstrahlung, so dass die für die Erstellung des aktuell zu erstellenden Volumendatensatzes nachfolgend zu messenden Projektionsdaten verwendete Röntgenstrahlung eine Intensität und/oder Dosis aufweist, die umgekehrt abhängig von der festgestellten Übereinstimmung der aktuell erstellten Projektionsdaten mit den entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten des zeitlich früheren Volumendatensatzes desselben Messobjektes und derselben Winkelstellung ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt (S1) der Steuerung von der Röntgenquelle und der Empfangseinrichtung des Computertomographie-Gerätes zur Erstellung von aktuellen Projektionsdaten eine Erfassung (S2) einer aktuellen Winkelstellung von Röntgenquelle und Empfangseinheit relativ zu dem Untersuchungsbereich des Computertomographie-Gerätes und damit relativ zu dem Messobjekt und/oder eines aktuellen Röhrenstroms der Röntgenquelle und/oder einer aktuellen Intensität und/oder Röntgendosis der von der Röntgenquelle emittierten Röntgenstrahlung sowie eine Speicherung der erfassten Werte zusammen mit den jeweiligen Projektionsdaten beinhaltet.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt (S3) der automatischen Feststellung einer Übereinstimmung zwischen den aktuell erstellten Projektionsdaten und entsprechenden gespeicherten Projektionsdaten die Speicherung (S4) der festgestellten Übereinstimmung als Übereinstimmungsfaktor zu den jeweiligen

Projektionsdaten in dem gerade zu erstellenden Volumendatensatz beinhaltet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren weiter den Schritt (S8) einer Rekonstruktion eines jeweiligen aktuellen Volumendatensatzes unter Verwendung des darin gespeicherten Übereinstimmungsfaktors und des gespeicherten zeitlich zurückliegenden Volumendatensatzes aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

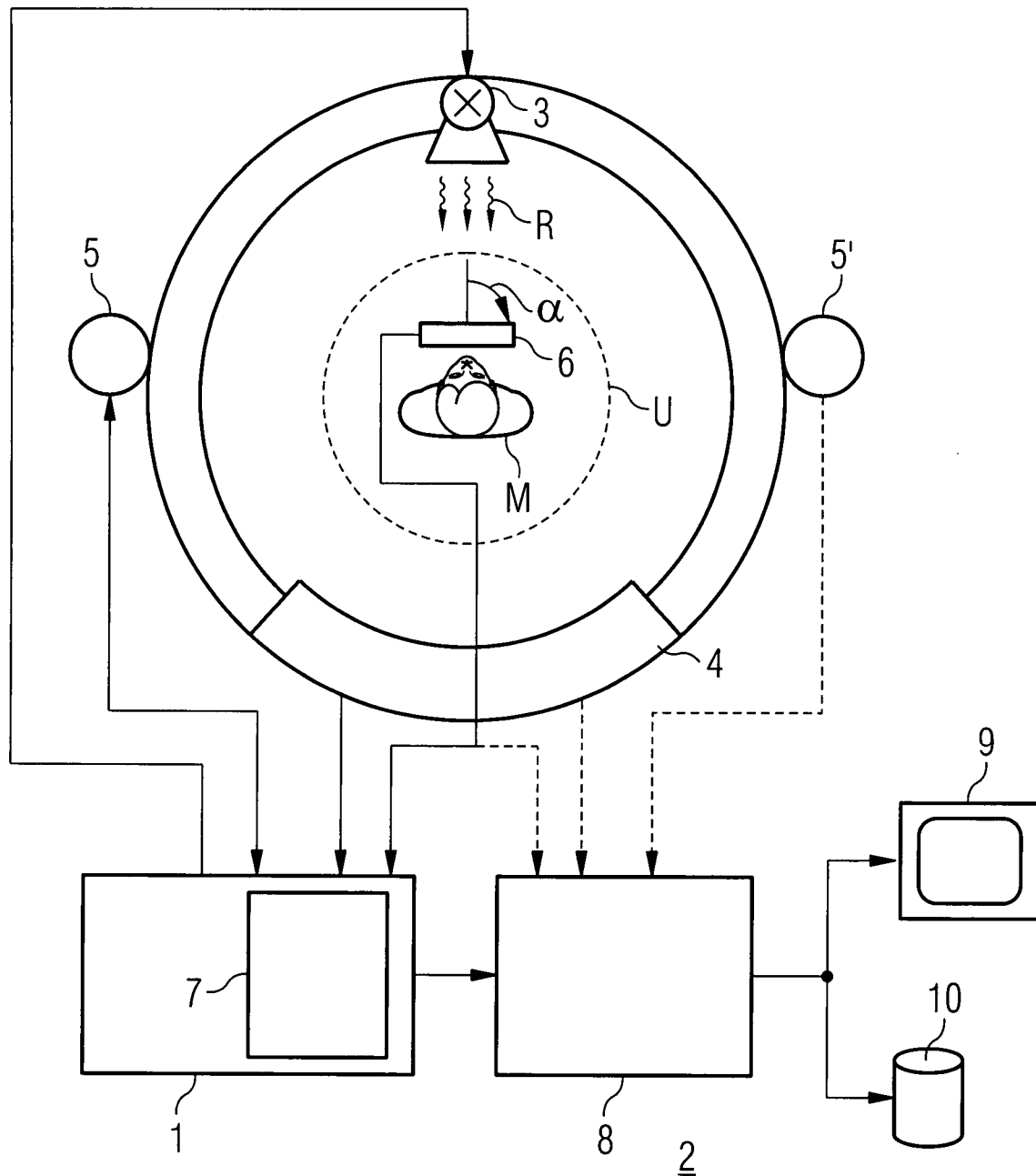


FIG 2

