



(10) **DE 10 2005 006 895 B4** 2010.11.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 006 895.2**
(22) Anmeldetag: **15.02.2005**
(43) Offenlegungstag: **24.08.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.11.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H05G 1/46** (2006.01)
G01N 23/04 (2006.01)
A61B 6/00 (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

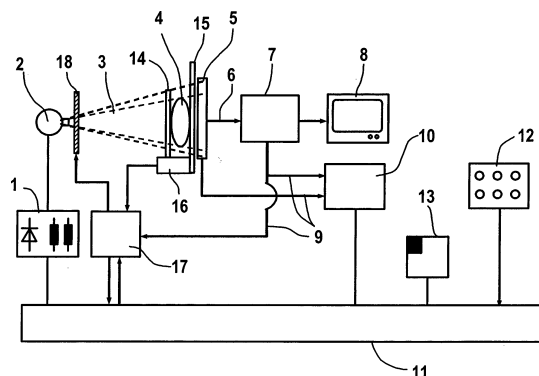
(72) Erfinder:
Bernhardt, Philipp, Dr., 91301 Forchheim, DE;
Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE

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

DE	101 64 170	A1
DE	101 64 170	A1
US	62 95 336	B1
US	62 33 310	B1
US	62 22 907	B1

(54) Bezeichnung: **Röntgendiagnostikeinrichtung sowie Verfahren zu deren Regelung**

(57) Hauptanspruch: Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer durch einen Hochspannungsgenerator (1) betriebenen Röntgenröhre (2) zur Erzeugung einer Röntgenstrahlung (3), mit einem Röntgendetektor (5) zur Umwandlung einfallender Röntgenstrahlung (3) in elektrische Signale (6), mit einem Bildverarbeitungssystem (7) und einer Regelungsvorrichtung (10) für die Dauer der Röntgenpulse, bei der Parameter der Röntgendiagnostikeinrichtung einstellbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelungsvorrichtung (10) eine Recheneinheit (17) zugeordnet ist, die aufgrund der Parameter das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) ermittelt und daraus die Dauer des Röntgenpulses und/oder die übrigen für eine Aufnahme erforderlichen Parameter berechnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer durch einen Hochspannungsgenerator betriebenen Röntgenröhre zur Erzeugung einer Röntgenstrahlung, mit einem Röntgendetektor zur Umwandlung einfallender Röntgenstrahlung in elektrische Signale, mit einem Bildverarbeitungssystem und einer Regelungsvorrichtung für die Dauer der Röntgenpulse, bei der Parameter der Röntgendiagnostikeinrichtung einstellbar sind, sowie ein Verfahren zur Regelung einer derartigen Röntgendiagnostikeinrichtung.

[0002] Röntgenanlagen werden üblicherweise in gepulstem Betrieb eingesetzt, d. h. die Röntgenröhre sendet pro aufzunehmendem Bild einen Röntgenpuls vorbestimmter Dauer aus. Dies ist vor allem für die Darstellung bewegter Objekte von Vorteil. So besteht üblicherweise die Gefahr, dass Details des menschlichen Körpers, die sich von Bild zu Bild durch Herzschlag, Atmung oder andere Bewegungen des Patienten an unterschiedlichen Positionen im Raum befinden, verwischt abgebildet werden.

[0003] Bei der Suche nach Abbildungsparametern, die zu möglichst guter Erkennbarkeit von bewegten Details mit schwachem Bildkontrast führen, ergibt sich ein Dilemma. Kurze Röntgenpulse ergeben zwar eine geringe Bewegungsunschärfe im Bild, liefern aber nur eine geringe Dosis, so dass das Signal/Rausch-Verhältnis des Objektes niedrig ist. Längere Röntgenpulse ermöglichen ein höheres Signal/Rausch-Verhältnis, führen aber zu verwischten Details.

[0004] Bisher wurde eine möglichst kurze Dauer des Röntgenpulses gewählt. Die Dauer des Röntgenpulses ist jedoch auch von anderen Einflüssen bestimmt. So wird die Dosis des Röntgenpulses über die automatische Belichtungsregelung (AEC – Automatic Exposure Control) im Wesentlichen über die Pulsdauer geregelt. Dabei haben die Einstellung von Röhrenspannung, Röhrenstrom, die verwendeten Filter und die Abbildungsgeometrie einen großen Einfluss auf die Dosis, so dass die von der AEC eingestellten Pulsdauern bezüglich der Vermeidung von Bewegungsunschärfen nicht optimal sind. Die Einstellungskriterien, die für die Auslegung der AEC bislang herangezogen wurden, sind häufig empirischer Natur.

[0005] Aus der US 6,233,310 B1 sowie der US 6,222,907 B1 ist bekannt, die Aufnahmeparameter automatisch zu bestimmen und einzustellen. Hier wird allerdings die Bewegung der zu untersuchenden Objekte nicht berücksichtigt, so dass eine Minimierung von Verwischungsartefakten nicht möglich ist.

[0006] In der DE 101 64 170 A1 ist eine Röntgendi-

agnostikeinrichtung mit einer automatischen Belichtungssteuerung beschrieben, die eine Belichtungssteuerungseinrichtung umfasst, die zur Erzeugung von interessierenden Daten innerhalb der durch den Detektor erzeugten Daten und zur Anpassung der Dosis an Röntgenstrahlen auf einen vorbestimmten Pegel in Abhängigkeit von den interessierenden Daten vorgesehen ist, sodass ein Röntgenbild eines Patienten unter Verwendung des vorbestimmten Pegels erzeugt wird. Dabei wird, nachdem der kV Wert aufgrund von Ortsfrequenz-unabhängigen SNR Überlegungen einmal bestimmt wurde, eine Aufspaltung von mAs zwischen mA und ms aufgrund von Patientenbewegung und Röhrenlebensdauer vorgenommen.

[0007] In der [Fig. 1](#) ist eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung dargestellt, die eine von einem Hochspannungsgenerator **1** gespeiste Röntgenröhre **2** aufweist, die ein Strahlenbündel **3** erzeugt, das einen zu untersuchenden Patienten **4** durchdringt und entsprechend seiner Transparenz geschwächt auf einen Röntgendetektor **5** trifft, der beispielsweise ein bekannter Festkörper-Flachdetektor sein kann. Die vom Röntgendetektor **5** in elektrische Signale **6** gewandelten Röntgenstrahlen werden von einem Bildsystem **7** verarbeitet und auf einem Monitor **8** dargestellt. Der Röntgendetektor **5** oder das Bildsystem **7** liefern ein Ausgangssignal **9**, das ein Maß für die vom Röntgendetektor **5** empfangene Röntgendosis darstellt, an eine Belichtungsregelung (AEC **10**). Diese ist mit einem Kommunikationssystem **11** verbunden, durch welches Steuersignale an den Hochspannungsgenerator **1** übermittelt werden, die gewährleisten, dass die Systemdosis den gewünschten Wert einnimmt.

[0008] Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, eine Röntgendiagnostikeinrichtung sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass eine maximale Erkennbarkeit von bewegten Details gewährleistet ist.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß für eine Röntgendiagnostikeinrichtung dadurch gelöst, dass der Regelungsvorrichtung eine Recheneinheit zugeordnet ist, die aufgrund der Parameter das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) ermittelt und daraus die Dauer des Röntgenpulses und/oder die übrigen für eine Aufnahme erforderlichen Parameter berechnet. Dadurch wird erreicht, dass man eine optimale Erkennbarkeit von bewegten Objekten erhält.

[0010] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn ein Speicher vorgesehen ist, in dem Eigenschaften der aufzunehmenden Objekte, wie beispielsweise die Bewegungsgeschwindigkeit, eingespeichert sind.

[0011] In vorteilhafter Weise kann der Regelungs-

vorrichtung eine Vorrichtung zur Messung der Dicke eines zu untersuchenden Objekts zugeordnet sein.

[0012] Erfindungsgemäß kann die Röntgendiagnostikeinrichtung eine Filtervorrichtung aufweisen, die aufgrund der Berechnung der Recheneinheit das optimale Filter in den Strahlengang der Röntgenröhre einführt.

[0013] Die genaue Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts kann errechnet werden, wenn der Recheneinheit die elektrischen Signale des Röntgendetektors aufeinander folgender Bilder zugeführt werden, die daraus die Bewegungsgeschwindigkeit bestimmt.

[0014] In vorteilhafter Weise können die einstellbaren Parameter Röhrenspannung, Röhrenstrom, Röntgenpulsdauer und/oder Filter sein.

[0015] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß für ein Verfahren dadurch gelöst, dass die Dauer des Röntgenpulses aufgrund des durch eine Recheneinheit auf Basis der Parameter ermittelten ortsfrequenzabhängigen Signal/Rausch-Verhältnisses derart geregelt wird, dass die Erkennbarkeit von interessierenden, bewegten Objekten maximal ist.

[0016] Die das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis beeinflussende Dicke des zu untersuchenden Objekts kann als bekannt vorausgesetzt, aus dem Wasserwert des Objekts oder mit Hilfe einer Messvorrichtung bestimmt werden, wobei die Messvorrichtung die Dicke mittels mechanischer Begrenzer, Lichtschranken und/oder elektromagnetischen Sensoren bestimmen kann.

[0017] Die das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis beeinflussende Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts kann als bekannt vorausgesetzt, je nach Organprogramm situationsabhängig angenommen oder durch Bilderkennung aus den Inhalten aufeinander folgender Bilder bestimmt werden.

[0018] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung und

[0020] [Fig. 2](#) eine erfindungsgemäße Röntgendiagnostikeinrichtung.

[0021] Die in [Fig. 2](#) dargestellte Röntgendiagnostikeinrichtung **1** bis **11** arbeitet grundsätzlich wie die in [Fig. 1](#) beschriebene. Der Arzt gibt nun die gewünschte Projektionsrichtung, den Abstand zwischen Röntgenstrahler und Detektor (SID), das Organprogramm

etc. über eine Bedienkonsole **12** ein. Ist es bekannt, welches Organ gewählt wurde, sind auch die typischerweise auftretenden Geschwindigkeiten der interessierenden Details bekannt, die beispielsweise in einem Speicher **13** hinterlegt sein können.

[0022] Da es für die weiter unten beschriebene Berechnung wünschenswert ist, die Dicke des Patienten zu kennen, wird diese möglichst nach einem der nachfolgenden Verfahren bestimmt. Die Dicke kann beispielsweise mit Hilfe von zwei Begrenzungen **14** und **15** an einem Messsystem **16** gemessen werden, wobei diese Begrenzungen mechanischer Art sein können, aber auch durch Lichtschranken, elektromagnetische Sensoren oder durch eine andere Weise realisiert werden können. Die Dicke kann aber auch in bekannter Weise rechnerisch aus dem so genannten Wasserwert, der Dicke einer Wasserschicht mit äquivalenter Röntgenabsorption, abgeschätzt werden.

[0023] Die geometrische Information über den Patienten **4** wird zusammen mit den anderen Aufnahmeparametern der Röntgenanlage, die über das Kommunikationssystem **11** übermittelt werden, in einer Recheneinheit **17** verarbeitet. Dort werden die optimalen Parameter für die Röntgenabbildung bestimmt und an den Hochspannungsgenerator **1** übermittelt. Außerdem wird das sich aus der Berechnung ergebende, optimale Filter **18** in den Strahlengang eingefahren.

[0024] Anstelle der situationsabhängigen Festlegung der Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts **4** je nach über die Bedienkonsole **12** angewähltem Organprogramm kann auch die Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts online automatisch errechnet werden. Dazu wird das Signal **6** der Recheneinheit **17** zugeführt, die durch Bilderkennung aus den Inhalten aufeinander folgender Bilder die Bewegungsgeschwindigkeit bestimmt.

[0025] In einem gepulsten Röntgensystem sind folgende -Parameter relevant für das Signal/Rausch-Verhältnis (S/N):

- Objektart (Guide Wires, Stents, mit Kontrastmittel gefüllte Adern mit Jod oder CO₂, etc.),
- Material, Geometrie und Bewegungsgeschwindigkeit des Objekts,
- Abstand Röntgenquelle/Detektor (SID – source-to-image distance),
- geometrischer Vergrößerungsfaktor des Objekts,
- Detektorgröße,
- Patientendicke,
- Röhrenspannung U,
- Röhrenstrom I,
- Vorfilter, Material und Dicke und
- Belichtungszeit t (Pulsdauer).

[0026] Die Zusammenhänge zwischen diesen relevanten Parametern der Röntgenanlage sowie den Eigenschaften des aufzunehmenden Objektes wurden durch Simulationen untersucht und dabei gefunden, dass der entscheidende Parameter das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis ist, der vorteilhaft benutzt werden kann, um die Einstellparameter der Röntgenanlage zu optimieren. Dies erlaubt für die Erkennbarkeit von bewegten Details, den besten Kompromiss für Pulsdauer und Dosis zu finden.

[0027] Erfindungsgemäß soll nun folgendermaßen vorgegangen werden: Das Objekt **4** ist vorgegeben, d. h. die zu untersuchenden Körperteile des Patienten in der vom Arzt gewünschten Projektionsrichtung und die dabei interessierenden Organe oder anderen Objekte, wie beispielsweise Führungsdrähte (Guide Wires), Katheter und/oder Stents sind bekannt. Diese Daten werden, soweit quantitativ erfasst, beispielsweise über die Bedienkonsole **12** in das Röntgensystem eingegeben. Ebenfalls wird die Geschwindigkeit eingegeben, mit der sich die interessierenden Objekte in der Bildebene bewegen. Diese Daten werden beispielsweise im Speicher **13** zwischengespeichert. Die Bewegungsgeschwindigkeiten können aber auch bereits in einer Tabelle für die verschiedenen Organe in dem Speicher **13** abgespeichert sein.

[0028] Aus diesen Angaben werden nun die Pulsdauer sowie die übrigen Aufnahmeparameter für den Hochspannungsgenerator der Röntgenanlage berechnet, bei denen sich die bestmögliche Sichtbarkeit des interessierenden bewegten Objekts gegen den Hintergrund ergibt.

[0029] In einer erweiterten Ausführungsvariante dieser Erfindung wird mittels Bilderkennung eine Analyse der aufgenommenen Bilder vorgenommen, um die Geschwindigkeit der bewegten Objekte zu bestimmen. Diese so bestimmte Geschwindigkeit wird in der Folge dazu herangezogen, um die Pulsdauer sowie die übrigen Aufnahmeparameter zu bestimmen.

[0030] Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung der Röntgendiagnostikeinrichtung wird die Dauer der Röntgenpulse derart geregelt, dass die Erkennbarkeit von interessierenden, bewegten Objekten maximal ist, wobei als Kriterium für die Erkennbarkeit das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis herangezogen wird.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, in dem komplexen Parameterraum einer Röntgenanlage einen Satz optimaler Einstellwerte zu finden, die bewegten Objekte, insbesondere mit schwachem Kontrast, bestmöglich sichtbar zu machen.

Patentansprüche

1. Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer durch einen Hochspannungsgenerator (**1**) betriebenen Röntgenröhre (**2**) zur Erzeugung einer Röntgenstrahlung (**3**), mit einem Röntgendetektor (**5**) zur Umwandlung einfallender Röntgenstrahlung (**3**) in elektrische Signale (**6**), mit einem Bildverarbeitungssystem (**7**) und einer Regelungsvorrichtung (**10**) für die Dauer der Röntgenpulse, bei der Parameter der Röntgendiagnostikeinrichtung einstellbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regelungsvorrichtung (**10**) eine Recheneinheit (**17**) zugeordnet ist, die aufgrund der Parameter das ortsfrequenzabhängige Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) ermittelt und daraus die Dauer des Röntgenpulses und/oder die übrigen für eine Aufnahme erforderlichen Parameter berechnet.

2. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Speicher (**13**) vorgesehen ist, in dem Eigenschaften der aufzunehmenden Objekte (**4**) eingespeichert sind.

3. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelungsvorrichtung (**10**) eine Vorrichtung (**14 bis 16**) zur Messung der Dicke eines zu untersuchenden Objekts (**4**) zugeordnet ist.

4. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Filtervorrichtung aufweist, die aufgrund der Berechnung der Recheneinheit (**17**) das optimale Filter (**18**) in den Strahlengang (**3**) der Röntgenröhre (**2**) einführt.

5. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Recheneinheit (**17**) die elektrischen Signale (**6**) des Röntgendetektors (**5**) aufeinander folgender Bilder zugeführt werden, die daraus die Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts (**4**) bestimmt.

6. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die einstellbaren Parameter Röhrenspannung, Röhrenstrom, Röntgenpulsdauer und/oder Filter sind.

7. Verfahren zur Regelung einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer durch einen Hochspannungsgenerator (**1**) betriebenen Röntgenröhre (**2**) zur Erzeugung einer Röntgenstrahlung (**3**), mit einem Röntgendetektor (**5**) zur Umwandlung einfallender Röntgenstrahlung (**3**) in elektrische Signale (**6**), mit einem Bildverarbeitungssystem (**7**) und einer Regelungsvorrichtung (**10**) für die Dauer der Röntgenpulse, bei der Parameter der Röntgendiagnostikeinrichtung einstellbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass

die Dauer des Röntgenpulses aufgrund des durch eine Recheneinheit (17) auf Basis der Parameter ermittelten ortsfrequenzabhängigen Signal/Rausch-Verhältnisses (S/N) derart geregelt wird, dass die Erkennbarkeit von interessierenden, bewegten Objekten (4) maximal ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des zu untersuchenden Objekts (4) als bekannt vorausgesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des zu untersuchenden Objekts (4) aus dem Wasserwert des Objekts bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des zu untersuchenden Objekts (4) mit Hilfe einer Messvorrichtung (14 bis 16) bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung (14 bis 16) die Dicke mittels mechanischer Begrenzer (14, 15), Lichtschranken und/oder elektromagnetischer Sensoren bestimmt.

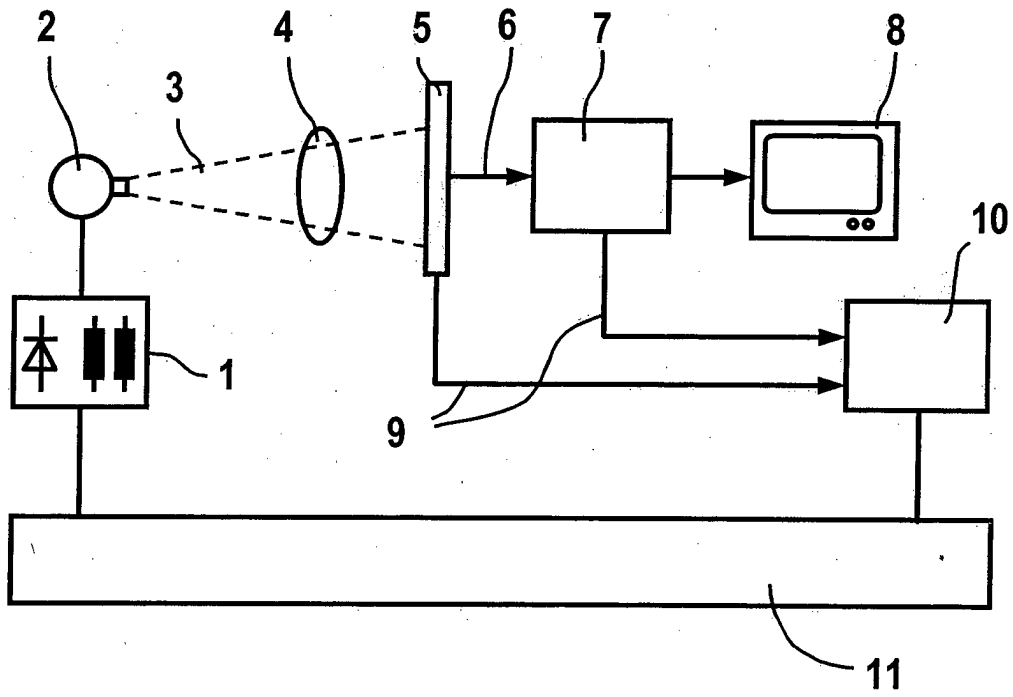
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts (4) als bekannt vorausgesetzt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts (4) je nach Organprogramm situationsabhängig angenommen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsgeschwindigkeit des zu untersuchenden Objekts (4) durch Bilderkennung aus den Inhalten aufeinander folgender Bilder bestimmt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1



Stand der Technik

FIG 2

