

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
19. Oktober 2017 (19.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/178144 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*A61B 6/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/054287

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Februar 2017 (24.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 206 071.6  
12. April 2016 (12.04.2016) DE

(71) Anmelder: SIEMENS HEALTHCARE GMBH  
[DE/DE]; Henkestr. 127, 91052 Erlangen (DE).

(72) Erfinder: ERTEL, Dirk; Breitenlohestr. 61a, 91301  
Forchheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,  
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,  
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,  
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW.

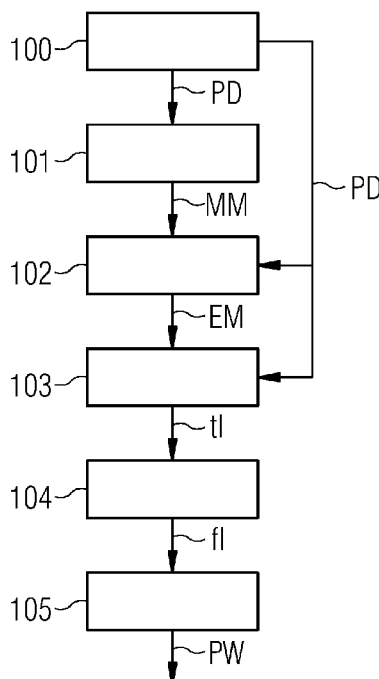
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND X-RAY IMAGING DEVICE FOR AUTOMATICALLY CONTROLLING THE EXPOSURE IN X-RAY IMAGING

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND RÖNTGENBILDGEBUNGSGERÄT ZUR AUTOMATISCHEN REGELUNG DER  
BELICHTUNG BEI EINER RÖNTGENBILDGEBUNG

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for automatically controlling the exposure in an X-ray imaging of a moving object to be irradiated. The method comprises the following steps: 1) generating (100) X-ray images (PD) at different times with a predeterminable pulse width (PW) of X-ray radiation; 2) determining (101, MM) at least one moving image region from at least two of the generated X-ray images (PD); 3) determining (102, EM) at least one moving edge of the moving image region; 4) selecting at least one pixel of the edge; 5) determining (103) the time course of the intensity (tl) of the pixel from the generated X-ray images; 6) evaluating (105, PW) the time course of the intensity (tl); and 7) changing the pulse width (PW) in accordance with the evaluation. Alternatively, the spatial course of the intensity (sl) can also be evaluated close to the edge. The invention provides the advantage of ensuring an optimum image quality and reducing negative influences of a sub-optimum parameter selection, for example, a loss of contrast due to an excessive tube voltage. The invention also relates to an X-ray imaging device and a digital storage medium for carrying out the method according to the invention.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/178144 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung gibt ein Verfahren zur automatischen Belichtungsregelung bei einer Röntgenbildgebung eines sich bewegenden, zu durchstrahlenden Objekts an. Das Verfahren weist folgende Schritte auf: 1) Erzeugung (100) von Röntgenbildern (PD) zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer vorgebbaren Pulsweite (PW) einer Röntgenstrahlung, 2) Ermittlung (101, MM) mindestens eines sich bewegenden Bildbereichs aus mindestens zwei der erzeugten Röntgenbilder (PD), 3) Ermittlung (102, EM) mindestens einer sich bewegenden Kante des sich bewegenden Bildbereichs, 4) Auswahl mindestens eines Pixels der Kante, 5) Ermittlung (103) des zeitlichen Verlaufs der Intensität (tl) des Pixels aus den erzeugten Röntgenbildern, 6) Auswertung (105, PW) des zeitlichen Verlaufs der Intensität (tl) und 7) Änderung der Pulsweite (PW) in Abhängigkeit der Auswertung. Alternativ kann auch der örtliche Verlauf der Intensität (sl) in der Nähe einer Kante ausgewertet werden. Die Erfindung bietet den Vorteil, eine optimale Bildqualität sicherzustellen und negative Einflüsse einer suboptimalen Parameterwahl zu reduzieren, wie zum Beispiel ein Kontrastverlust durch eine zu hohe Röhrenspannung. Ein Röntgenbildgebungsgerät und ein digitales Speichermedium zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden ebenfalls angegeben.

## Beschreibung

Verfahren und Röntgenbildgebungsgerät zur automatischen Regelung der Belichtung bei einer Röntgenbildgebung

5

### Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Röntgenbildgebungsgerät zur automatischen Belichtungsregelung bei der Röntgenbildgebung von sich bewegenden und zu durchstrahlenden Objekten. Die Erfindung betrifft auch ein zugehöriges digitales Speichermedium.

10

### Hintergrund der Erfindung

15

Geräte zur Röntgenbildgebung weisen eine automatische Belichtungssteuerung auf. Dadurch wird sichergestellt, dass stets eine adäquate Signalstärke am Eingang eines Röntgendetektors vorhanden ist. Dies wird durch eine Einstellung von verschiedenen Röntgenparametern erreicht, vor allem durch eine Anpassung der Röhrenspannung, des Röhrenstroms, des Röntgenvorfilters und der Pulsweite der Röntgenstrahlung.

20

Verändert sich also das Absorptionsverhalten des zu untersuchenden bzw. zu durchstrahlenden Objekts, beispielsweise durch eine Veränderung des Durchleuchtungswinkels, werden automatisch die vorgenannten Röntgenparameter angepasst, wodurch eine konstante Signalstärke am Eingang des Röntgendetektors gewährleistet wird.

25

30

Jede Änderung der Röntgenparameter ist aber auch mit Nachteilen verbunden, die eine Röntgenbildgebung negativ beeinflussen, wie beispielsweise:

35

- ein geringerer Bildkontrast bei einer Signalanhebung durch eine höhere Röhrenspannung,

- ein größerer Röntgenfokus und somit eine geringere Ortsauflösung durch eine Signalanhebung durch einen höheren Röhrenstrom
- eine höhere Hautdosis durch eine Signalanhebung durch eine geringere Röntgenvorfilterung sowie
- eine geringere Zeitauflösung durch eine Signalanhebung durch eine längere Pulsweite der Röntgenstrahlung.

Die Anpassung der Röntgenparameter unterliegt in der Regel einem fest eingestellten Schema, das als Grundlage für die Regelung der Röntgenparameter angewendet wird. Spezifische Anforderungen an das Regelverhalten, beispielsweise eine kurze Pulsweite bei einer kardiologischen Anwendung, werden lediglich durch entsprechende Grenzwerte berücksichtigt, wie zum Beispiel eine Pulsweite kleiner 10 ms. Bei der Änderung der Röntgenparameter wird dieser Grenzwert nicht überschritten und die anwendungsspezifische Anforderung an die Röntgenbilder ist sichergestellt, wie beispielsweise eine hohe zeitliche Auflösung bei einer kardiologischen Anwendung.

Durch derartige feste Grenzwerte ist aber nur eine allgemeingültige anwendungsspezifische Anpassung der Pulsweite möglich, eine tatsächliche patientenspezifische Situation kann nicht berücksichtigt werden. Gerade während einer kardiologischen Anwendung, bei der kurzzeitig keine hohe Zeitauflösung erforderlich ist, führt dies zu suboptimalen Bedingungen. Es erfolgt zum Beispiel auch dann eine Signalanhebung auf Basis der übrigen Röntgenparameter, obwohl eine längere Pulsweite durchaus eine akzeptable Bildqualität bereitgestellt hätte.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren, ein Röntgenbildgebungsgerät und ein digitales Speichermedium zur automatischen Regelung der Belichtung bei der Röntgenbildgebung anzugeben.

Gemäß der Erfindung wird die gestellte Aufgabe mit den Verfahren, dem Röntgenbildgebungsgerät und dem digitalen Speichermedium der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird die Belichtung bei der Röntgenbildgebung mit einer automatischen Regelung der Pulsweite der Röntgenstrahlung optimiert, wobei der örtliche oder der zeitliche Intensitätsverlauf eines Pixels einer sich bewegenden Kante eines sich bewegenden Bildbereichs analysiert wird. In Abhängigkeit der Analyse wird die Pulsweite verändert.

Die Erfindung bietet den Vorteil, eine optimale Bildqualität sicherzustellen und negative Einflüsse einer suboptimalen Parameterwahl zu reduzieren, wie zum Beispiel ein Kontrastverlust durch eine zu hohe Röhrenspannung.

Die Erfindung beansprucht ein Verfahren zur automatischen Belichtungsregelung bei einer Röntgenbildgebung eines sich bewegenden, zu durchstrahlenden Objekts. Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- 1) Erzeugung von Röntgenbildern zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer vorgebbaren Pulsweite einer Röntgenstrahlung,
- 2) Ermittlung mindestens eines sich bewegenden Bildbereichs aus mindestens zwei der erzeugten Röntgenbilder,
- 3) Ermittlung mindestens einer sich bewegenden Kante des sich bewegenden Bildbereichs,
- 4) Auswahl mindestens eines Pixels der Kante,
- 5) Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Intensität des Pixels aus den erzeugten Röntgenbildern,
- 6) Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Intensität und
- 7) Änderung der Pulsweite in Abhängigkeit der Auswertung.

Die Kantendetektion (englisch edge detection) ist Teil einer Segmentierung von Elementen in der Bildverarbeitung. Sie ver-

sucht, flächige Bereiche in einem digitalen Bild voneinander zu trennen, wenn sie sich entlang gerader oder gekrümmter Linien ausreichend in Farb- oder Grauwert, Helligkeit oder Textur unterscheiden. Spezielle Kantenoperatoren erkennen die  
5 Übergänge zwischen diesen Bereichen und markieren diese als Kanten.

In einer Weiterbildung kann der Verfahrensschritt 6) durch folgende Schritte ersetzt werden:

10

6a) Fouriertransformation des zeitlichen Verlaufs der Intensität und

6b) Auswertung des Frequenzverlaufs des  
fouriertransformierten zeitlichen Verlaufs der Intensität.  
15

In einer weiteren Ausgestaltung kann im Verfahrensschritt 6b) eine Grenzfrequenz ermittelt werden und im Verfahrensschritt 7) in Abhängigkeit der Grenzfrequenz die Pulsweite verändert  
20 werden.

In einer weiteren Ausführungsform kann die Grenzfrequenz als 3 dB Grenzfrequenz oder als 6 dB Grenzfrequenz ermittelt werden.  
25

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens kann die Pulsweite invers proportional der Grenzfrequenz sein.

In einer Weiterbildung können zeitliche Verläufe der Intensität mehrerer Pixel ermittelt und daraus ein durchschnittlicher zeitlicher Verlauf ermittelt werden, wobei mit der Mittelung die daran anschließende Auswertung erfolgt. Dadurch können unerwünschte Einflüsse des Bildrauschens verringert werden.  
30

35

Die Erfindung beansprucht auch ein Verfahren zur automatischen Belichtungsregelung bei einer Röntgenbildgebung eines

sich bewegenden, zu durchstrahlenden Objekts. Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- 5 - Erzeugung von Röntgenbildern zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer vorgebbaren Pulsweite einer Röntgenstrahlung,
- Ermittlung mindestens eines sich bewegenden Bildbereichs aus mindestens zwei der erzeugten Röntgenbilder,
- Ermittlung mindestens einer sich bewegenden Kante des  
10 sich bewegenden Bildbereichs,
- Auswahl mindestens eines Pixels der Kante,
- Ermittlung des örtlichen Verlaufs der Intensität entlang einer Strecke durch das Pixel aus einem der erzeugten Röntgenbilder,
- 15 - Auswertung des örtlichen Verlaufs der Intensität,
- Änderung der Pulsweite in Abhängigkeit der Auswertung.

In einer Weiterbildung des Verfahrens kann die Strecke derart gewählt werden, dass sie in der Bildebene senkrecht auf der  
20 Kante steht.

In einer weiteren Ausführungsform kann bei der Auswertung des örtlichen Verlaufs der Intensität die Halbwertsbreite ermittelt und die Pulsweite in Abhängigkeit der Halbwertsbreite  
25 geändert werden.

Die Halbwertsbreite einer Funktion mit einem Maximum ist die Differenz zwischen den beiden Argumentwerten, für die die Funktionswerte auf die Hälfte des Maximums abgesunken sind,  
30 anschaulich also die „Breite bei halber Höhe“. Entsprechend ist im Englischen und in der Technik für die Halbwertsbreite auch die Bezeichnung FWHM (Full Width at Half Maximum) gebräuchlich.

35 In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens kann die Pulsweite indirekt proportional zur Halbwertsbreite sein.

In einer weiteren Ausführungsform können örtliche Verläufe der Intensität mehrerer Pixel ermittelt und daraus ein durchschnittlicher örtlicher Verlauf ermittelt werden, der für die weitere Auswertung bzw. Analyse verwendet wird. Dadurch können unerwünschte Einflüsse des Signalrauschens reduziert werden.

Die Erfindung beansprucht auch ein Röntgenbildgebungsgerät mit einem Röntgenstrahler und einem Röntgendetektor, beispielsweise ein C-Bogen Röntgengerät, wobei in einer Rechen- und Steuereinheit das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt wird.

Außerdem beansprucht die Erfindung ein digitales Speichermedium mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen, die so mit der programmierbaren Rechen- und Steuereinheit zusammenwirken, dass das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt wird.

Weitere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden aus den nachfolgenden Erläuterungen mehrerer Ausführungsbeispiele anhand von schematischen Zeichnungen ersichtlich.

Es zeigen:

Fig. 1: ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur automatischen Belichtungsregelung mit einer Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Intensität,

Fig. 2: ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur automatischen Belichtungsregelung mit einer Auswertung des örtlichen Verlaufs der Intensität und

Fig. 3: ein C-Bogen Röntgengerät mit einer automatischen Belichtungssteuerung.

Detaillierte Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele

**Fig. 1** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur automatischen Belichtungsregelung bei der Röntgenbildgebung eines sich bewegenden Objekts. Das Verfahren zeichnet sich durch eine spezifische Analyse von akquirierten Bilddaten (= Röntgenbilder) aus, deren Auswertergebnis innerhalb der Belichtungsregelung adäquat berücksichtigt wird. Diese spezifische Analyse beschränkt sich ausschließlich auf der Auswertung der Zeitauflösung der Röntgenbilder, die im Wesentlichen durch die Dauer des Röntgenpulses (= Pulsweite der Röntgenstrahlung) beeinflusst ist.

Hierzu werden in dem Verfahrensschritt 100 durch ein Röntgenbildgebungsgerät akquirierte 2D-Bilddaten PD eines sich bewegenden Objekts an drei Softwaremodule einer Rechen- und Steuereinheit 1 übergeben, und zwar an folgende Module:

1. ein Motion Detection Modul,
2. ein Edge Detection Modul und
3. ein Profile Selection Modul.

Im Verfahrensschritt 101 wird innerhalb des Motion Detection Moduls eine Motion Map MM (= Bewegungskarte) erzeugt. Die Motion Map MM zeigt an, welche Bildbereiche zu einer Objekt-Bewegung korrespondieren. Die erforderliche Bildauswertung kann dabei über eine partielle Ableitung in Zeitrichtung erfolgen, wobei hierbei die Röntgenbilder mit der Intensität  $I(x,y,t)$  analysiert werden.

Im Verfahrensschritt 102 wird auf Basis des aktuellen Röntgenbildes mit der Intensität  $I(x,y)$  und unter Berücksichtigung der Motion Map MM eine Edge Map EM (= Kantenkarte) im Edge Detection Modul erzeugt. Die Edge Map EM stellt sich bewegende Kanten des sich bewegenden Objekts dar, beispielsweise eines Gefäßes. Hierzu kann eine lokal begrenzte Anwendung eines Kantendetektionsfilters, zum Beispiel ein Sobel-Operator, erfolgen. Es werden dabei nur solche Kanten detektiert bzw. be-

rücksichtigt, die auch zu einem sich bewegenden Bildbereich innerhalb der Motion Map MM korrespondieren.

Entsprechend der Kanteninformation in der Edge Map EM wird im  
5 Verfahrensschritt 103 im Bildraum ein eindimensionales Intensitätsprofil (= Absorptionsprofil) mit dem Profile Selection Modul erstellt. Dieses Profil erstreckt sich in Zeitrichtung t, d.h. es stellt den zeitlichen Intensitätsverlauf tI eines einzelnen Pixels mit der Intensität  $I(x=\text{konst.}, y=\text{konst.}, t)$   
10 dar. Das einzelne Pixel korrespondiert zu einer sich bewegenden Kante innerhalb der Edge Map EM.

Im Verfahrensschritt 104 wird der eindimensionale zeitliche Intensitätsverlauf tI in den Fourierraum transformiert. Somit  
15 wird eine Art von zeitlicher MTF (= Modulationstransferfunktion) erzeugt.

Der fouriertransformierte zeitliche Intensitätsverlauf fI wird in einem unabhängigen Softwaremodul im Verfahrensschritt  
20 105 hinsichtlich charakteristischer Parameter ausgewertet. Beispielsweise wird die 3 dB- oder 6 dB-Grenzfrequenz ermittelt. Das Ergebnis dieser Auswertung wird an die Belichtungssteuerung übergeben, und innerhalb der Parameter-Regelung mit einer Änderung der Pulsweite PW berücksichtigt.

25

**Fig. 2** zeigt ein Ablaufdiagramm eines weiteren Verfahrens zur automatischen Belichtungsregelung bei der Röntgenbildgebung eines sich bewegenden Objekts. In den Verfahrensschritten 101 bis 102 wird gemäß dem Verfahren nach **Fig. 1** eine Edge Map EM  
30 erzeugt.

Im Verfahrensschritt 203 wird entsprechend der Kanteninformation der Edge Map EM im Bildraum ein eindimensionales Intensitätsprofil (= Absorptionsprofil) ausgelesen. Das Profil erstreckt sich jedoch innerhalb eines einzelnen Bildes PD mit  
35 der Intensität  $I(x, y, t=\text{konst.})$ , d.h. es stellt den örtlichen Intensitätsverlauf sI zu einem festen Zeitpunkt entlang einer Strecke dar. Dazu wird eine repräsentative Strecke durch das

Pixel im Bild PD gewählt, so dass eine adäquate Auswertung möglich ist. Beispielsweise wird die Strecke senkrecht zentriert bezüglich einer Kante innerhalb der Edge Map EM.

- 5 Im anschließenden Verfahrensschritt 205 wird der eindimensionale örtliche Intensitätsverlauf  $sI$  unmittelbar verwendet, um spezifische Charakteristika auszuwerten. Beispielsweise wird der Intensitätsverlauf abgeleitet und die Halbwertsbreite ermittelt. Das Ergebnis der Profil-Auswertung wird an die Be-
- 10 lichtungssteuerung übergeben und innerhalb der Parameter-Regelung zur Änderung der Pulsweite PW berücksichtigt.

- In einer weiteren Ausgestaltung obiger Verfahren werden mehrere Intensitätsprofile erzeugt. Dadurch werden mehrere Pro-
- 15 file innerhalb einer ROI (region-of-interest) erzeugt. Die Wahl der ROI basiert ebenfalls auf der Edge Map EM. Die gemeinsame Auswertung der Profile erfolgt entweder unabhängig voneinander, wobei die Einzelergebnisse anschließen kombiniert werden. Beispielsweise wird ein Mittelwert der ermit-
- 20 telten Pulsweiten PW gebildet. Oder es erfolgt eine Kombination, beispielsweise eine Mittelung, der unterschiedlichen Profile und daraus die Bestimmung der Pulsweite PW.

- In einer weiteren Ausführungsform können die Verfahren nach
- 25 **Fig. 1** und **Fig. 2** kombiniert werden. Beispielsweise wird ein Mittelwert der nach den Verfahren bestimmten Pulsweiten PW gebildet.

- Fig. 3** zeigt ein C-Bogen Röntgengerät mit einer automatischen
- 30 Belichtungsregelung. An einem C-Bogen 4 sind einander gegenüberliegend ein Röntgenstrahler 2 und ein Röntgendetektor 3 angeordnet. In einer Rechen- und Steuereinheit 1 werden obige Verfahren zur Belichtungssteuerung ausgeführt.

- 35 Obwohl die Erfindung im Detail durch die Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung durch die offenbarten Beispiele nicht eingeschränkt und ande-

re Variationen können vom Fachmann daraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## Bezugszeichenliste

|      |                                                                              |
|------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Rechen-und Steuereinheit                                                     |
| 2    | Röntgenstrahler                                                              |
| 3    | Röntgendetektor                                                              |
| 4    | C-Bogen                                                                      |
| EM   | Edge Map                                                                     |
| f    | Frequenz                                                                     |
| fI   | fouriertransformierter zeitlicher Intensitätsverlauf                         |
| I    | Intensität eines Pixels                                                      |
| MM   | Motion Map                                                                   |
| PD   | Bilddaten bzw. Bild                                                          |
| sI   | Örtlicher Intensitätsverlauf                                                 |
| t    | Zeit                                                                         |
| tI   | zeitlicher Verlauf der Intensität I                                          |
| x, y | Koordinaten                                                                  |
| 100  | Akquirierung und Weitergabe von 2D-Röntgenbildern                            |
| 101  | Erkennung einer Bewegung und Erzeugung einer Motion Map MM                   |
| 102  | Erkennung von bewegten Kanten und Erzeugung einer Edge Map EM                |
| 103  | Erzeugen eines zeitlichen Verlaufs der Intensität I eines Pixels             |
| 104  | Fouriertransformation                                                        |
| 105  | Analyse des fouriertransformierten zeitlichen Intensitätsverlaufs fI         |
| 203  | Erzeugen eines örtlichen Verlaufs der Intensität I eines Pixels eines Bildes |
| 205  | Analyse des örtlichen Intensitätsverlaufs sI                                 |

## Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Belichtungsregelung bei einer Röntgenbildgebung eines sich bewegenden, zu durchstrahlenden Objekts mit den Schritten:

- 1) Erzeugung (100) von Röntgenbildern (PD) zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer vorgebbaren Pulsweite (PW) einer Röntgenstrahlung,
- 2) Ermittlung (101, MM) mindestens eines sich bewegenden Bildbereichs aus mindestens zwei der erzeugten Röntgenbilder (PD),
- 3) Ermittlung (102, EM) mindestens einer sich bewegenden Kante des sich bewegenden Bildbereichs,
- 4) Auswahl mindestens eines Pixels der Kante,
- 5) Ermittlung (103) des zeitlichen Verlaufs der Intensität (tI) des Pixels aus den erzeugten Röntgenbildern,
- 6) Auswertung (105, PW) des zeitlichen Verlaufs der Intensität (tI) und
- 7) Änderung der Pulsweite (PW) in Abhängigkeit der Auswertung.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Verfahrensschritt 6) ersetzt wird durch:

- 6a) Fouriertransformation (104, fI) des zeitlichen Verlaufs der Intensität (tI) und
- 6b) Auswertung (105, PW) des Frequenzverlaufs des fouriertransformierten zeitlichen Verlaufs der Intensität (fI).

3. Verfahren nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,** dass

- im Verfahrensschritt 6b) (105) eine Grenzfrequenz ermittelt wird und
- im Verfahrensschritt 7) in Abhängigkeit der Grenzfrequenz die Pulsweite (PW) verändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Grenzfrequenz als 3 dB Grenzfrequenz oder als 6 dB Grenzfrequenz ermittelt wird.

5

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Pulsweite (PW) invers proportional der Grenzfrequenz ist.

10

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die zeitlichen Verläufe der Intensität (tI) mehrerer Pixel ermittelt werden und daraus ein durchschnittlicher zeitlicher Verlauf ermittelt wird, der für die weitere Auswertung verwendet wird.

15

7. Verfahren zur automatischen Belichtungsregelung bei einer Röntgenbildgebung eines sich bewegenden, zu durchstrahlenden Objekts mit den Schritten:

20

- Erzeugung (100) von Röntgenbildern (PD) zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer vorgebbaren Pulsweite (PW) einer Röntgenstrahlung,
- 25 - Ermittlung (101, MM) mindestens eines sich bewegenden Bildbereichs aus mindestens zwei der erzeugten Röntgenbilder (PD),
- Ermittlung (102, EM) mindestens einer sich bewegenden Kante des sich bewegenden Bildbereichs,
- 30 - Auswahl mindestens eines Pixels der Kante,
- Ermittlung (203) des örtlichen Verlaufs der Intensität (sI) entlang einer Strecke durch das Pixel aus einem der erzeugten Röntgenbilder (PD),
- Auswertung (206) des örtlichen Verlaufs der Intensität
- 35 (sI),
- Änderung der Pulsweite (PW) in Abhängigkeit der Auswertung.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Strecke derart gewählt wird, dass sie senkrecht auf der Kante steht.

5

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass bei der Auswertung (205) des örtlichen Verlaufs der Intensität (sI) die Halbwertsbreite ermittelt wird und die

10 Pulsweite (PW) in Abhängigkeit der Halbwertsbreite geändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

15 dass die Pulsweite (PW) indirekt proportional zur Halbwertsbreite ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

20 dass die örtlichen Verläufe der Intensität (sI) mehrerer Pixel ermittelt werden und daraus ein durchschnittlicher örtlicher Verlauf ermittelt wird, der für die weitere Auswertung verwendet wird.

25 12. Röntgenbildgebungsgerät mit einem Röntgenstrahler (2) und einem Röntgendetektor (3),

**gekennzeichnet durch:**

- eine Rechen-und Steuereinheit (1), die ausgebildet und programmiert ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.  
30

13. Digitales Speichermedium mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen, die so mit einer programmierbaren Rechen-und Steuereinheit (1) nach Anspruch 12 zusammenwirken, dass das

35 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgeführt wird.

FIG 1

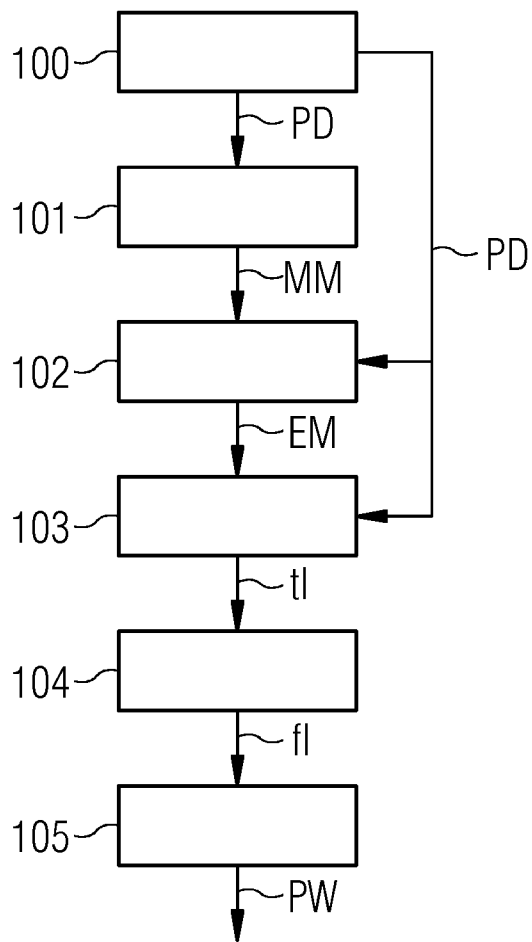


FIG 2

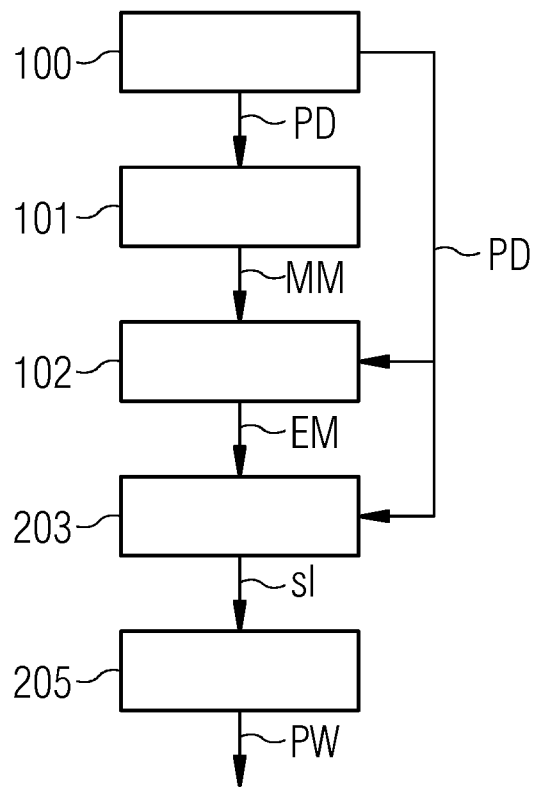
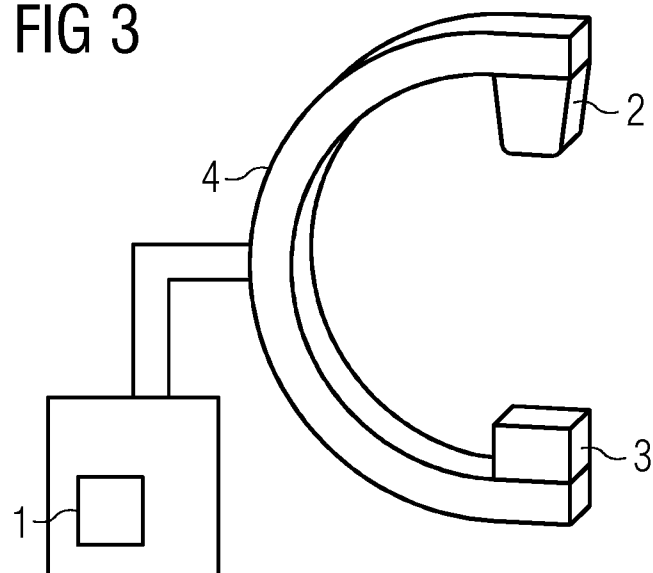


FIG 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/054287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. A61B6/00  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 5 949 811 A (BABA RIKI [JP] ET AL)<br>7 September 1999 (1999-09-07)<br>column 12, line 30 - column 43, line 22<br>----- | 1-13                  |
| A         | JP 2015 134168 A (KONICA MINOLTA INC)<br>27 July 2015 (2015-07-27)<br>the whole document<br>-----                          | 1-13                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2017

Date of mailing of the international search report

30/05/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hooper, Martin

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/054287

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5949811                                | A | 07-09-1999          | NONE                       |                     |
| -----                                     |   |                     |                            |                     |
| JP 2015134168                             | A | 27-07-2015          | NONE                       |                     |
| -----                                     |   |                     |                            |                     |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. A61B6/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

A61B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                            | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | US 5 949 811 A (BABA RIKI [JP] ET AL)<br>7. September 1999 (1999-09-07)<br>Spalte 12, Zeile 30 - Spalte 43, Zeile 22<br>----- | 1-13               |
| A          | JP 2015 134168 A (KONICA MINOLTA INC)<br>27. Juli 2015 (2015-07-27)<br>das ganze Dokument<br>-----                            | 1-13               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Mai 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hooper, Martin

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/054287

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5949811                                         | A                             | 07-09-1999                        | KEINE                         |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| JP 2015134168                                      | A                             | 27-07-2015                        | KEINE                         |
| -----                                              |                               |                                   |                               |