

(19)



(11)

**EP 3 217 408 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.09.2017 Patentblatt 2017/37**

(51) Int Cl.:  
**G21K 1/02 (2006.01) G21K 1/10 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **17173761.2**

(22) Anmeldetag: **31.05.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(71) Anmelder: **Siemens Healthcare GmbH**  
**91052 Erlangen (DE)**

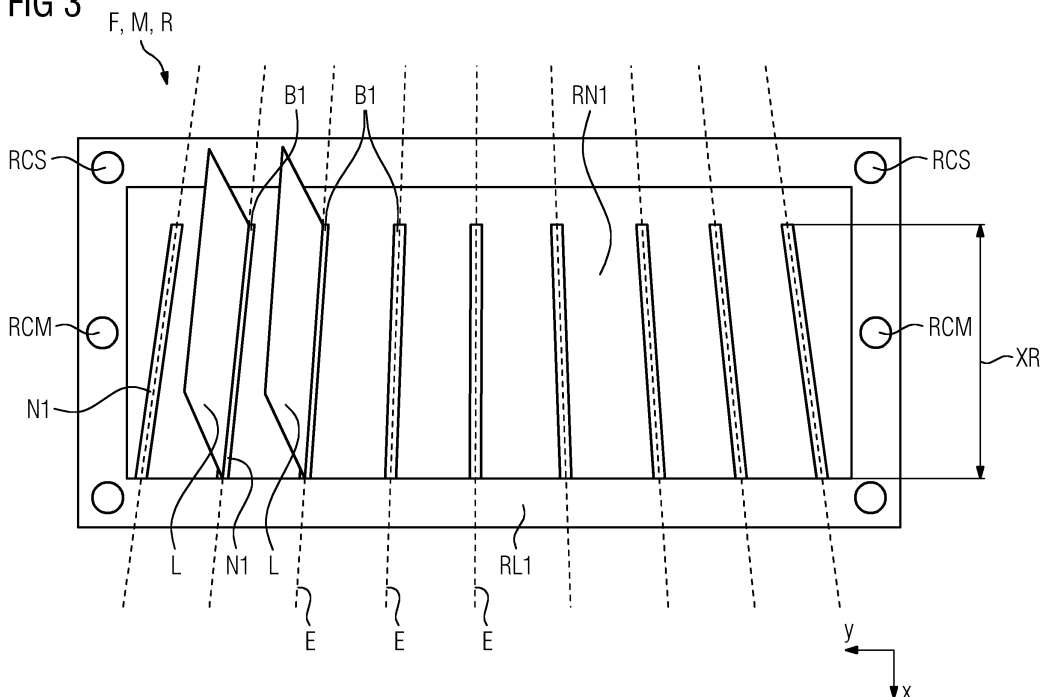
(72) Erfinder:  
 • **Huck, Sascha Manuel**  
**91088 Bubenreuth (DE)**  
 • **Stierstorfer, Karl**  
**91052 Erlangen (DE)**

(54) **FOKUSSIERUNGSMODUL FÜR EINEN FORMFILTER UND FORMFILTER ZUM EINSTELLEN EINER RÄUMLICHEN INTENSITÄTSVERTEILUNG EINES RÖNTGENSTRAHLS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Fokussiermodul für einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls, aufweisend  
 - einen Rahmen (R) mit einer durchgehenden Öffnung,  
 - eine Anordnung von Nut-Paaren, welche an dem Rahmen angeordnet sind,  
 - wobei relativ zu der Anordnung von Nut-Paaren ein Fokuspunkt definierbar ist, dem die durchgehende Öffnung zugewandt ist,  
 - wobei die Nut-Paare entlang der durchgehenden Öffnung nebeneinander derart angeordnet sind, dass sie

sich in verschiedenen Ebenen (E) befinden, welche jeweils den Fokuspunkt aufweisen,  
 - wobei die Nut-Paare jeweils eine erste Nut (N1) und eine der ersten Nut in Bezug auf die durchgehende Öffnung gegenüberliegende zweite Nut aufweisen, wobei die erste Nut und die zweite Nut derart ausgebildet sind, dass ein Lamellenblech (L) an zwei einander gegenüberliegenden Rändern des Lamellenblechs in die erste Nut und die zweite Nut aufnehmbar und entlang der ersten Nut und der zweiten Nut in die durchgehende Öffnung einführbar ist.

**FIG 3**



**EP 3 217 408 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Fokussierungsmodul für einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls. Die Erfindung betrifft ferner einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls, eine Bestrahlungsanordnung und eine medizinische Bildgebungsanordnung.

**[0002]** Insbesondere für eine Bildgebungsuntersuchung eines Patienten unter Verwendung eines Röntgenstrahls kann es vorteilhaft sein, die räumliche Intensitätsverteilung des Röntgenstrahls beispielsweise in Abhängigkeit von physiologischen und/oder anatomischen Parametern des Patienten einstellen zu können. Beispielsweise kann auf diese Weise bei einer Rotation der Röntgenquelle um den Patienten berücksichtigt werden, dass eine frontal auf den Patienten auftreffende Strahlung eine wesentlich kürzere Strecke durch den Patienten zurücklegt, und infolgedessen eine deutlich geringere Absorption erfährt, als seitlich auf den Patienten auftreffende Strahlung, welche beispielsweise von einer Schulter zur gegenüberliegenden Schulter propagiert.

**[0003]** US 7403597 B2 offenbart eine Blendenvorrichtung für eine zur Abtastung eines Objektes vorgesehene Röntgeneinrichtung.

**[0004]** US 8218721 B2 offenbart eine Blende zur gezielten Beeinflussung von Röntgenstrahlung, die von einem Röntgenfokus eines CT-Gerätes ausgeht und der Abtastung eines Untersuchungsobjektes dient.

**[0005]** US 8873704 B2 offenbart einen Filter für eine Röntgeneinrichtung zur Formung eines Intensitätsprofils von von einer Röntgenstrahlenquelle ausgehender Röntgenstrahlung.

**[0006]** Die Erfindung hat die Aufgabe, ein verbessertes Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls zu ermöglichen.

**[0007]** Jeder der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche löst jeweils diese Aufgabe. In den abhängigen Ansprüchen sind weitere vorteilhafte Aspekte der Erfindung berücksichtigt.

**[0008]** Die Erfindung betrifft ein Fokussierungsmodul für einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls, aufweisend

- einen Rahmen mit einer durchgehenden Öffnung,
- eine Anordnung von Nut-Paaren, welche an dem Rahmen angeordnet sind,
- wobei relativ zu der Anordnung von Nut-Paaren ein Fokuspunkt definierbar ist, dem die durchgehende Öffnung zugewandt ist,
- wobei die Nut-Paare entlang der durchgehenden Öffnung nebeneinander derart angeordnet sind, dass sie sich in verschiedenen Ebenen befinden, welche jeweils den Fokuspunkt aufweisen,
- wobei die Nut-Paare jeweils eine erste Nut und eine der ersten Nut in Bezug auf die durchgehende Öffnung gegenüberliegende zweite Nut aufweisen, wo-

bei die erste Nut und die zweite Nut derart ausgebildet sind, dass ein Lamellenblech an zwei einander gegenüberliegenden Rändern des Lamellenblechs in die erste Nut und in die zweite Nut aufnehmbar und entlang der ersten Nut und der zweiten Nut in die durchgehende Öffnung einführbar ist.

**[0009]** Insbesondere können sich die verschiedenen Ebenen, welche jeweils den Fokuspunkt aufweisen, in einer Geraden, welche den Fokuspunkt aufweist, schneiden.

**[0010]** Insbesondere ist hiermit ein Fokussierungsmodul für einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls offenbart, aufweisend

- einen Rahmen mit einer durchgehenden Öffnung,
- eine Anordnung von Nut-Paaren, welche an dem Rahmen angeordnet sind,
- wobei relativ zu der Anordnung von Nut-Paaren eine Fokuslinie definierbar ist, der die durchgehende Öffnung zugewandt ist,
- wobei die Nut-Paare entlang der durchgehenden Öffnung nebeneinander derart angeordnet sind, dass sie sich in verschiedenen Ebenen befinden, welche sich in der Fokuslinie schneiden,
- wobei die Nut-Paare jeweils eine erste Nut und eine der ersten Nut in Bezug auf die durchgehende Öffnung gegenüberliegende zweite Nut aufweisen, wobei die erste Nut und die zweite Nut derart ausgebildet sind, dass ein Lamellenblech an zwei einander gegenüberliegenden Rändern des Lamellenblechs in die erste Nut und in die zweite Nut aufnehmbar und entlang der ersten Nut und der zweiten Nut in die durchgehende Öffnung einführbar ist.

**[0011]** Die Fokuslinie kann insbesondere eine Gerade sein und/oder den Fokuspunkt aufweisen.

**[0012]** Insbesondere kann die durchgehende Öffnung im Wesentlichen rechteckig, beispielsweise quadratisch, sein. Insbesondere kann die durchgehende Öffnung zwei lange Seiten und zwei kurze Seiten aufweisen.

**[0013]** Insbesondere kann der Rahmen einen ersten Querbalken aufweisen, welcher eine erste lange Seite der durchgehenden Öffnung bildet. Insbesondere kann der Rahmen einen zweiten Querbalken aufweisen, welcher eine zweite lange Seite der durchgehenden Öffnung bildet. Insbesondere kann der Rahmen ein erstes Seitenteil aufweisen, welches eine erste kurze Seite der durchgehenden Öffnung bildet. Insbesondere kann der Rahmen ein zweites Seitenteil aufweisen, welches eine zweite kurze Seite der durchgehenden Öffnung bildet. Der erste Querbalken und/oder der zweite Querbalken können beispielsweise aus Aluminium hergestellt sein.

**[0014]** Bei einem Querbalken kann es sich beispielsweise um ein einzelnes Bauteil oder um eine zusammengesetzte Baugruppe, welche mehrere Bauteile aufweist, handeln. Bei einem Seitenteil kann es sich beispielsweise

se um ein einzelnes Bauteil oder um eine zusammengesetzte Baugruppe, welche mehrere Bauteile aufweist, handeln.

**[0015]** Insbesondere kann der erste Querbalken mittels des ersten Seitenteils und des zweiten Seitenteils mit dem zweiten Querbalken verbunden sein. Insbesondere kann der erste Querbalken mittels des ersten Seitenteils und des zweiten Seitenteils in einem vorgegebenen Abstand relativ zu dem zweiten Querbalken angeordnet sein.

**[0016]** Insbesondere kann in einem Bereich der ersten Nut ein erstes Anschlagmittel ausgebildet sein, wobei das Lamellenblech entlang der ersten Nut bis zu einem Formschluss des Lamellenblechs mit dem ersten Anschlagmittel einführbar ist, wobei der Formschluss des Lamellenblechs mit dem ersten Anschlagmittel einem weiteren Einführen des Lamellenblechs entlang der ersten Nut entgegenwirkt. Insbesondere kann das erste Anschlagmittel basierend auf einem additiven Fertigungsverfahren und/oder einem abtragenden Fertigungsverfahren ausgebildet sein oder mit dem Rahmen verbunden, beispielsweise verklebt, sein. Das erste Anschlagmittel kann beispielsweise in Form einer Anschlagschiene ausgebildet sein.

**[0017]** Insbesondere kann in einem Bereich der zweiten Nut ein zweites Anschlagmittel ausgebildet sein, wobei das Lamellenblech entlang der zweiten Nut bis zu einem Formschluss des Lamellenblechs mit dem zweiten Anschlagmittel einführbar ist, wobei der Formschluss des Lamellenblechs mit dem zweiten Anschlagmittel einem weiteren Einführen des Lamellenblechs entlang der zweiten Nut entgegenwirkt. Insbesondere kann das zweite Anschlagmittel basierend auf einem additiven Fertigungsverfahren und/oder einem abtragenden Fertigungsverfahren ausgebildet sein oder mit dem Rahmen verbunden, beispielsweise verklebt, sein. Das zweite Anschlagmittel kann beispielsweise in Form einer Schiene ausgebildet sein, welche sich entlang des Rahmens erstreckt.

**[0018]** Insbesondere kann das Fokussierungsmodul ferner eine erste Führungsschiene und eine zweite Führungsschiene aufweisen. Insbesondere können die jeweils ersten Nuten der Nut-Paare in der ersten Führungsschiene ausgebildet sein. Insbesondere können die jeweils zweiten Nuten der Nut-Paare in der zweiten Führungsschiene ausgebildet sein.

**[0019]** Die erste Führungsschiene und/oder die zweite Führungsschiene kann beispielsweise in Form eines Streifens aus einem formstabilen und strahlresistenten Material, insbesondere Kunststoff, hergestellt werden. In diesem Streifen können durch eine Strukturierung Nuten ausgebildet werden. Als formstabiles und strahlresistentes Material eignen sich insbesondere kristalline Halbleiter wie beispielsweise Silizium, Keramik kohlenstofffaserverstärkter Kohlenstoff, kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff oder Kombinationen davon.

**[0020]** Insbesondere kann die erste Führungsschiene und/oder die zweite Führungsschiene aus einem kristal-

linen Halbleitermaterial hergestellt sein.

**[0021]** Insbesondere können die Nut-Paare basierend auf einem additiven Fertigungsverfahren und/oder einem abtragenden Fertigungsverfahren ausgebildet sein. Die erste Nut und/oder die zweite Nut kann insbesondere unter Verwendung eines additiven Verfahrens wie beispielsweise 3D-Druck und/oder unter Verwendung eines abtragenden Verfahrens wie beispielsweise Drahtrodieren oder Ätzen gefertigt werden.

**[0022]** Die Anordnung von Nut-Paaren weist mehrere Nut-Paare auf. Insbesondere kann das Fokussierungsmodul eine Mehrzahl von Anordnungen von Nut-Paaren aufweisen, wobei jeder Anordnung von Nut-Paaren jeweils ein Fokuspunkt und/oder eine Fokusslinie zuordenbar ist. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass einer ersten Anordnung, welche von Nut-Paaren gebildet wird, die in der Mitte des Fokussierungsmoduls angeordnet sind, eine erste Fokusslinie zugeordnet ist und dass einer zweiten Anordnung, welche von Nut-Paaren gebildet wird, die außerhalb der Mitte des Fokussierungsmoduls angeordnet sind, eine zweite Fokusslinie zugeordnet ist. Beispielsweise kann sich die zweite Fokusslinie näher an dem Fokussierungsmodul befinden als die erste Fokusslinie oder umgekehrt.

**[0023]** Die Erfindung betrifft ferner einen Formfilter zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls, aufweisend ein erfindungsgemäßes Fokussierungsmodul und eine Mehrzahl von Lamellenblechen, welche jeweils in ein Nut-Paar der Anordnung von Nut-Paaren aufgenommen und in die durchgehende Öffnung eingeführt sind. Die Anordnung der Lamellenbleche, also die Breite, Länge und Höhe der Lamellenbleche sowie der Abstand und der Winkel zwischen benachbarten Lamellenblechen, kann in weiten Bereichen frei gewählt werden. Damit lassen sich beispielsweise verschiedene Schachtverhältnisse für die tunnelförmige Öffnung oder verschiedene Linienfrequenzen, auch entlang derselben Führungsschiene, realisieren.

**[0024]** Das Material, aus dem die Lamellenbleche hergestellt sind, kann in weiten Bereichen frei gewählt werden, insbesondere sofern es fest genug ist, um den Abstand zwischen der ersten Nut und der zweiten Nut zu überbrücken. Insbesondere können die Lamellenbleche aus Wolfram und/oder aus einer Wolfram-Legierung hergestellt sein. Mit Wolfram kann eine hohe Absorption von Röntgenstrahlung realisiert werden. Dadurch kann insbesondere Streustrahlung und eine spektrale Strahlhärtung des Röntgenstrahls minimiert werden.

**[0025]** Durch die Wahl geeigneter Materialien und Techniken, können die Lamellenbleche präzise und dauerhaft in den Führungsschienen auf den Fokuspunkt und/oder die Fokusslinie ausgerichtet werden. Insbesondere können die Lamellenbleche gegen Wackeln und Herausrutschen in den Nut-Paaren fixiert werden. Das Fixieren der Lamellenbleche in der ersten Nut und/oder in der zweiten Nut kann beispielsweise durch einen Kleber oder mit Hilfe von Anschlagschienen erfolgen.

**[0026]** Insbesondere kann eine erste Anschlagschie-

ne vorgesehen sein, die an dem Rahmen und/oder an der ersten Führungsschiene derart anordenbar ist, dass die erste Anschlagsschiene bei den Nut-Paaren jeweils ein offenes Ende der ersten Nut verschließt. Insbesondere kann eine zweite Anschlagsschiene vorgesehen sein, die an dem Rahmen und/oder an der zweiten Führungsschiene derart anordenbar ist, dass die zweite Anschlagsschiene bei den Nut-Paaren jeweils ein offenes Ende der zweiten Nut verschließt. Die Anschlagsschienen können beispielsweise mit dem Rahmen, mit der ersten Führungsschiene und/oder mit der zweiten Führungsschiene verklebt werden.

**[0027]** Die Erfindung betrifft ferner eine Bestrahlungsanordnung, aufweisend

- einen erfindungsgemäßen Formfilter,
- eine Röntgenquelle zur Erzeugung des Röntgenstrahls,
- eine Positioniereinheit zum Positionieren des Formfilters relativ zu der Röntgenquelle,
- wobei der Formfilter mittels der Positioniereinheit in einer ersten Position relativ zu der Röntgenquelle positionierbar ist, in welcher der Fokuspunkt einem Anfangspunkt des Röntgenstrahls entspricht und/oder in welcher der Anfangspunkt des Röntgenstrahls auf der Fokuslinie liegt.

**[0028]** Die Erfindung betrifft ferner eine medizinische Bildgebungsvorrichtung, aufweisend eine erfindungsgemäße Bestrahlungsanordnung.

**[0029]** Die medizinische Bildgebungsvorrichtung kann beispielsweise aus der Bildgebungsmodalitäten-Gruppe gewählt sein, welche aus einem Röntgengerät, einem C-Bogen-Röntgengerät, einem Computertomographiegerät (CT-Gerät), einem mit einem Computertomographiegerät kombinierten Einzelphotonen-Emissions-Computertomographiegerät (SPECT-CT-Gerät) und einem mit einem Computertomographiegerät kombinierten Positronen-Emissions-Tomographiegerät (PET-CT-Gerät) besteht. Die medizinische Bildgebungsvorrichtung kann ferner eine Kombination einer Bildgebungsmodalität, die beispielsweise aus der Bildgebungsmodalitäten-Gruppe gewählt ist, und einer Bestrahlungsmodalität aufweisen. Dabei kann die Bestrahlungsmodalität beispielsweise eine Bestrahlungseinheit zur therapeutischen Bestrahlung aufweisen.

**[0030]** Ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens wird bei einigen der Ausführungsformen ein Computertomographiegerät beispielhaft für eine medizinische Bildgebungsvorrichtung genannt.

**[0031]** Die Erfindung betrifft ferner eine Anordnung, aufweisend ein erfindungsgemäßes Fokussierungsmodul, einen erfindungsgemäßen Formfilter, eine erfindungsgemäße Bestrahlungsanordnung und/oder eine erfindungsgemäße medizinische Bildgebungsvorrichtung.

**[0032]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Hinweis auf die beigefüg-

ten Figuren erläutert. Die Darstellung in den Figuren ist schematisch, stark vereinfacht und nicht zwingend maßstabsgetreu.

**[0033]** Es zeigen:

5

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Fokussierungsmoduls,

10

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Formfilters,

15

Fig. 3 eine weitere schematische Ansicht des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Formfilters,

20

Fig. 4 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildgebungsvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Bestrahlungsanordnung, und

25

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Beispiels für ein Streustrahlenraster.

30

**[0034]** Das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Fokussierungsmoduls weist einen Rahmen R mit einer durchgehenden Öffnung H und eine Anordnung von Nut-Paaren NP, welche an dem Rahmen R angeordnet sind, auf. Relativ zu der Anordnung von Nut-Paaren NP ist ein Fokuspunkt T definierbar, dem die durchgehende Öffnung H zugewandt ist. Die Fokuslinie TL verläuft durch den Fokuspunkt T und ist im Wesentlichen parallel zu der Rotationsachse AR.

35

**[0035]** Die Nut-Paare NP sind entlang der durchgehenden Öffnung H nebeneinander derart angeordnet, dass sie sich in verschiedenen Ebenen E befinden, welche jeweils den Fokuspunkt T aufweisen und sich in der Fokuslinie TL schneiden. Die Nut-Paare NP weisen jeweils eine erste Nut N1 und eine der ersten Nut N1 in Bezug auf die durchgehende Öffnung H gegenüberliegende zweite Nut N2 auf. Die erste Nut N1 und die zweite Nut N2 sind derart ausgebildet, dass ein Lamellenblech L an zwei einander gegenüberliegenden Rändern des Lamellenblechs L in die erste Nut N1 und die zweite Nut N2 aufnehmbar und entlang der ersten Nut N1 und der zweiten Nut N2 in die durchgehende Öffnung H einführbar ist.

40

**[0036]** Die durchgehende Öffnung H ist im Wesentlichen rechteckig. Die durchgehende Öffnung H weist zwei lange Seiten HL1, HL2 und zwei kurze Seiten HS1, HS2 auf. Der Rahmen R weist einen ersten Querbalken RL1 auf, welcher eine erste lange Seite HL1 der durchgehenden Öffnung H bildet. Der Rahmen R weist einen zweiten Querbalken RL2 auf, welcher eine zweite lange Seite HL2 der durchgehenden Öffnung H bildet. Der Rahmen R weist ein erstes Seitenteil RS1 auf, welches eine erste kurze Seite HS1 der durchgehenden Öffnung H bildet.

45

Der Rahmen R weist ein zweites Seitenteil RS2 auf, welches eine zweite kurze Seite HS2 der durchgehenden Öffnung H bildet. Der erste Querbalken RL1 ist mittels des ersten Seitenteils RS1 und des zweiten Seitenteils RS2 mit dem zweiten Querbalken RL2 verbunden und in einem vorgegebenen Abstand ZR relativ zu dem zweiten Querbalken RL2 angeordnet.

**[0037]** Das Fokussierungsmodul M weist ferner eine erste Führungsschiene RN1 und eine zweite Führungsschiene RN2 auf. Die jeweils ersten Nuten N1 der Nut-Paare NP sind in der ersten Führungsschiene RN1 ausgebildet. Die jeweils zweiten Nuten N2 der Nut-Paare NP sind in der zweiten Führungsschiene RN2 ausgebildet.

**[0038]** In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die erste Führungsschiene RN1 an dem ersten Querbalken RL1 angeordnet, insbesondere mit dem ersten Querbalken RL1 verklebt. Die zweite Führungsschiene RN2 ist an dem zweiten Querbalken RL2 angeordnet, insbesondere mit dem zweiten Querbalken RL2 verklebt.

**[0039]** Eine zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel alternative Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Führungsschienen jeweils an den kurzen Seiten der durchgehenden Öffnung angeordnet sind und/oder dass sich die Führungsschienen jeweils entlang der kurzen Seiten der durchgehenden Öffnung erstrecken.

**[0040]** Die Ausrichtung der ersten Nut N1 in der Führungsschiene RN1 entspricht der Fokussierungsrichtung des Lamellenblechs L, welche in die erste Nut N1 eingeführt ist. Die Breite und Höhe der ersten Nut N1 ist einheitlich entsprechend der Abmessungen und Toleranzen des Lamellenblechs L. Entsprechendes gilt für die zweite Nut N2 in der zweiten Führungsschiene RN2.

**[0041]** Das in der Fig. 2 und der Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Formfilters F weist das Fokussierungsmodul M und eine Mehrzahl von Lamellenblechen L, welche jeweils in ein Nut-Paar der Anordnung von Nut-Paaren NP aufgenommen und in die durchgehende Öffnung H eingeführt sind, auf.

**[0042]** In einem Bereich der ersten Nut N1 ist ein erstes Anschlagmittel B1 ausgebildet, wobei das Lamellenblech L entlang der ersten Nut N1 bis zu einem Formschluss des Lamellenblechs L mit dem ersten Anschlagmittel B1 einführbar ist, wobei der Formschluss des Lamellenblechs L mit dem ersten Anschlagmittel B1 einem weiteren Einführen des Lamellenblechs L entlang der ersten Nut N1 entgegenwirkt. In dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist das erste Anschlagmittel B1 durch das geschlossene Ende der ersten Nut N1 gebildet, welche sich nicht über die gesamte Ausdehnung des Lamellenblechs L in Richtung der ersten Nut N1 erstreckt.

**[0043]** Insbesondere ist die erste Nut N1 lediglich von der vorderen Stirnseite der Führungsschiene RN1 offen, sodass Lamellenbleche L aus dieser Richtung eingesetzt werden können aber auf der Rückseite nicht herausrutschen können. Die Strukturierung der ersten Führungsschiene RN1, durch welche die erste Nut N1 ausgebildet

ist, erstreckt sich also nicht über die gesamte Ausdehnung der ersten Führungsschiene RN1 in Richtung der ersten Nut N1. Entsprechendes gilt für die zweite Nut N2.

**[0044]** Die Länge der Lamellenbleche L entspricht dem Abstand der ersten Führungsschiene RN1 von der zweiten Führungsschiene RN2 abzüglich einer passenden Toleranz. Der Abstand YL zwischen benachbarten Lamellenblechen L kann insbesondere derart gewählt werden, dass die Rasterung des von den Lamellenblechen L gebildeten Lamellenarrays nicht durch die Rasterung des Detektors 28 abgebildet werden kann. Das kann insbesondere mit einer Rasterung des von den Lamellenblechen L gebildeten Lamellenarrays realisiert werden, die feiner ist als die Auflösung des Detektors 28.

**[0045]** Der Abstand YL benachbarter Lamellenbleche voneinander kann beispielsweise zwischen ca. 0,2 und ca. 0,5 Millimetern betragen. In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist für den Abstand YL beispielhaft der Abstand zwischen den Schwerpunkten benachbarter Lamellenbleche eingezeichnet. Die Breite YN der ersten Nut N1 und/oder der zweiten Nut N2 kann beispielsweise zwischen ca. 0,04 und ca. 0,08 Millimetern betragen. Die Tiefe ZN der ersten Nut N1 und/oder der zweiten Nut N2 kann beispielsweise ca. 0,5 Millimeter betragen.

**[0046]** Die Länge XR der ersten Nut N1 und/oder der zweiten Nut N2 kann beispielsweise ca. 3 Millimeter betragen. Die Ausdehnung des Rahmens R in Richtung der ersten Nut N1 und/oder in Richtung der zweiten Nut N2 kann insbesondere etwas größer sein als die Länge XR. Die Ausdehnung YR des Rahmens R in einer Richtung, entlang welcher die Nut-Paare NP nacheinander in einer Reihe angeordnet sind, kann beispielsweise ca. 140 Millimeter betragen. Der Abstand ZR von der ersten Nut N1 bis zu der zweiten Nut N2 kann beispielsweise ca. 40 Millimeter betragen.

**[0047]** Dabei können die Toleranzen, insbesondere für die Breite YN und Tiefe ZN, beispielsweise ca. 10 Mikrometer betragen. Der Abstand von dem Fokuspunkt T bis zu der ersten Nut N1 und/oder bis zu der zweiten Nut N2 kann beispielsweise ca. 220 Millimeter betragen.

**[0048]** Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildgebungsvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Bestrahlungsanordnung.

**[0049]** Ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens ist für die medizinische Bildgebungsvorrichtung 1 beispielhaft ein Computertomographiegerät gezeigt. Die medizinische Bildgebungsvorrichtung 1 weist die Gantry 20, die tunnelförmige Öffnung 9, die Patientenlagerungsvorrichtung 10 und die Steuerungsvorrichtung 30 auf.

**[0050]** Die Gantry 20 weist den stationären Tragrahmen 21 und den Rotor 24 auf. Der Rotor 24 ist mittels einer Drehlagerungsvorrichtung an dem Tragrahmen 21 um eine Rotationsachse AR relativ zu dem Tragrahmen 21 drehbar angeordnet.

**[0051]** In die tunnelförmige Öffnung 9 ist der Patient 13 einführbar. In der tunnelförmigen Öffnung 9 befindet

sich der Akquisitionsbereich 4. In dem Akquisitionsbereich 4 ist ein abzubildender Bereich des Patienten 13 derart positionierbar, dass die Strahlung 27 von der Strahlungsquelle 26 zu dem abzubildenden Bereich gelangen kann und nach einer Wechselwirkung mit dem abzubildenden Bereich zu dem Strahlungsdetektor 28 gelangen kann.

**[0052]** Die Patientenlagerungsvorrichtung 10 weist den Lagerungssockel 11 und die Lagerungsplatte 12 zur Lagerung des Patienten 13 auf. Die Lagerungsplatte 12 ist derart relativ zu dem Lagerungssockel 11 bewegbar an dem Lagerungssockel 11 angeordnet, dass die Lagerungsplatte 12 in einer Längsrichtung der Lagerungsplatte 12, insbesondere entlang der Rotationsachse AR, in den Akquisitionsbereich 4 einführbar ist.

**[0053]** Die medizinische Bildgebungsvorrichtung 1 ist zur Akquisition von Akquisitionsdaten basierend auf einer elektromagnetischen Strahlung 27 ausgebildet. Die medizinische Bildgebungsvorrichtung 1 weist eine Akquisitionseinheit auf. Die Akquisitionseinheit ist eine Projektionsdaten-Akquisitionseinheit mit der Strahlungsquelle 26, z. B. einer Röntgenquelle, und dem Detektor 28, z. B. einem Röntgendetektor, insbesondere einem energieauflösenden Röntgendetektor.

**[0054]** Die Strahlungsquelle 26 ist an dem Rotor 24 angeordnet und zur Emission einer Strahlung 27, z. B. einer Röntgenstrahlung, mit Strahlungsquanten 27 ausgebildet. Der Detektor 28 ist an dem Rotor 24 angeordnet und zur Detektion der Strahlungsquanten 27 ausgebildet. Die Strahlungsquanten 27 können von der Strahlungsquelle 26 zu dem abzubildenden Bereich des Patienten 13 gelangen und nach einer Wechselwirkung mit dem abzubildenden Bereich auf den Detektor 28 auftreffen. Auf diese Weise können mittels der Akquisitionseinheit Akquisitionsdaten des abzubildenden Bereichs in Form von Projektionsdaten erfasst werden.

**[0055]** Die Steuerungsvorrichtung 30 ist zum Empfangen der von der Akquisitionseinheit akquirierten Akquisitionsdaten ausgebildet. Die Steuerungsvorrichtung 30 ist zum Steuern der medizinischen Bildgebungsvorrichtung 1 ausgebildet. Die Steuerungsvorrichtung 30 weist die Datenverarbeitungseinheit 35, das computerlesbare Medium 32 und das Prozessorsystem 36 auf. Die Steuerungsvorrichtung 30, insbesondere die Datenverarbeitungseinheit 35, wird von einem Datenverarbeitungssystem, welches einen Computer mit einem Prozessorsystem aufweist, gebildet. Die Datenverarbeitungseinheit 35 ist insbesondere zum Steuern der Positioniereinheit PF ausgebildet und mittels der Positionierungsschnittstelle PFI mit der Positioniereinheit PF verbunden.

**[0056]** Die Steuerungsvorrichtung 30 weist die Bildrekonstruktionseinrichtung 34 auf. Mittels der Bildrekonstruktionseinrichtung 34 kann basierend auf den Akquisitionsdaten ein medizinischer Bilddatensatz rekonstruiert werden.

**[0057]** Die medizinische Bildgebungsvorrichtung 1 weist eine Eingabevorrichtung 38 und eine Ausgabevorrichtung 39 auf, welche jeweils mit der Steuerungsvor-

richtung 30 verbunden sind. Die Eingabevorrichtung 38 ist zum Eingeben von Steuerungs-Informationen, z. B. Bildrekonstruktionsparametern, Untersuchungsparametern oder ähnliches, ausgebildet. Die Ausgabevorrichtung 39 ist insbesondere zum Ausgeben von Steuerungs-Informationen, Bildern und/oder akustischen Signalen ausgebildet.

**[0058]** Die Teile des Rahmens R, welche die Lamellenbleche L in ihrer jeweiligen Position halten und die Ausrichtung der Lamellenbleche L vorgeben, sind derart außerhalb des Strahlengangs angeordnet, dass der Röntgenstrahl 27 durch diese Teile des Rahmens R nicht gestört wird. Insbesondere die Querbalken RL1, RL2 können daher massiv und mechanisch stabil ausgebildet werden, ohne dass dadurch Nachteile in Bezug auf den Röntgenstrahl 27 entstehen. Die Seitenteile RS1, RS2 geben den Abstand der Querbalken RL1, RL2 vor, so dass diese nicht in den Röntgenstrahl 27 hineinragen. Außer den Lamellenblechen L und Luft befindet sich somit kein weiteres Material im Strahlengang, das den Röntgenstrahl 27 beispielsweise durch Streuung oder Absorption beeinflussen könnte.

**[0059]** Ferner können an dem Rahmen R, insbesondere in den Querbalken RL1, RL2, Bohrungen RCS, RCM, beispielsweise mit Gewinden, vorgesehen sein. Beispielsweise können mittels der Bohrungen RCS die verschiedenen Teile des Rahmens R, insbesondere die Querbalken RL1, RL2 und die Seitenteile RS1, RS2, miteinander verbunden werden. Beispielsweise kann mittels der Bohrungen RCM der Rahmen R mit einem Aktor PFA der Positioniereinheit PF verbunden werden.

**[0060]** Der Rahmen R kann derart mechanisch stabil ausgebildet werden, dass der Rahmen R relativ hohe Kräfte und Drehmomente aufnehmen kann, ohne beschädigt oder signifikant verformt zu werden. Insbesondere können damit Drehungen des Rahmens R relativ zu der Röntgenquelle 26 durchgeführt werden, ohne die sensiblen und präzisen Führungsschienen RN1, RN2 zu beschädigen. Die Lamellenbleche L sind in dem stabilen Rahmen R fixiert und geschützt. Starke Beschleunigungskräfte durch eine Rotation des Rotors 24 werden von dem Rahmen R aufgenommen und abgeleitet. Damit kann insbesondere verhindert werden, dass durch die Beschleunigungskräfte, welche auf Grund der Rotation des Rotors 24 auftreten, die relative Lage und Position der Lamellenbleche L zueinander verändert wird.

**[0061]** Die Lamellenbleche L in dem Formfilter F sind so ausgerichtet und fixiert, dass jedes Lamellenblech L auf den Fokuspunkt T und/oder die Fokusslinie TL exakt ausgerichtet ist. Die Lamellenbleche L sind in dem Strahlengang des fächerförmigen Röntgenstrahls 27 positioniert.

**[0062]** In dem Betriebszustand der medizinischen Bildgebungsvorrichtung, der in der Fig. 4 gezeigt ist, ist der Formfilter F in einer ersten Position relativ zu der Röntgenquelle 26 positioniert, in welcher der Fokuspunkt T einem Anfangspunkt des Röntgenstrahls 27 entspricht. In der ersten Position haben die Lamellenbleche L einen

minimalen Einfluss auf den Röntgenstrahl 27 und damit auf das am Detektor 28 detektierte Signal. Die Fläche der Lamellenbleche L, an welcher der Röntgenstrahl 27 absorbiert werden kann, ist in der ersten Position minimal. Unter der Annahme, dass der Röntgenstrahl 27 von dem Anfangspunkt ausgeht, werden in der ersten Position im Wesentlichen lediglich diejenigen linienförmigen Teilstrahlen des fächerförmigen Röntgenstrahls 27 abgeschwächt, welche in den Ebenen E der Lamellenbleche L verlaufen.

**[0063]** Mittels der Positioniereinheit PF kann der Formfilter F relativ zu der Röntgenquelle 26 positioniert werden. Insbesondere kann der Formfilter F mittels der Positioniereinheit PF um eine Achse, die zu der Rotationsachse AR im Wesentlichen parallel ist und beispielsweise durch den Formfilter 26 verläuft, gedreht werden. Alternativ oder zusätzlich dazu kann der Formfilter F mittels der Positioniereinheit PF um eine Achse, die sowohl zu der Rotationsachse AR als auch zu einem auf den Detektor 28 auftreffenden linienförmigen Teilstrahl des Röntgenstrahls 27 senkrecht ist und beispielsweise durch den Formfilter 26 verläuft, gedreht werden.

**[0064]** Alternativ oder zusätzlich dazu kann der Formfilter F relativ zu der Röntgenquelle 26 verschoben werden. Beispielsweise kann der Formfilter F entlang eines auf den Detektor 28 auftreffenden linienförmigen Teilstrahls des Röntgenstrahls 27 und/oder senkrecht zu diesem Teilstrahl verschoben werden, insbesondere im Wesentlichen senkrecht zu der Rotationsachse AR verschoben werden.

**[0065]** Durch eine Entfernung des Fokuspunkts T von dem Anfangspunkt des Röntgenstrahls 27 kann der Anteil derjenigen linienförmigen Teilstrahlen des fächerförmigen Röntgenstrahls 27, welche auf die Lamellenbleche L treffen und damit absorbiert werden, erhöht werden.

**[0066]** Auf diese Weise kann eine räumliche Intensitätsverteilung des Röntgenstrahls 27 eingestellt werden. Eine Lage- und/oder Positionsveränderung der Lamellenbleche L relativ zu dem Rahmen R würde insbesondere das am Detektor 28 detektierte Signal und die Reproduzierbarkeit von Untersuchungen beeinflussen. Die Erfindung ermöglicht insbesondere ein präzises und dauerhaftes Anordnen von Lamellenblechen L in der jeweiligen Ebene E.

**[0067]** Die Positioniereinheit PF kann beispielsweise eine kardanische Aufhängung aufweisen. Insbesondere kann der Formfilter F mittels der kardanischen Aufhängung mit dem Rotor 24 verbunden werden und/oder relativ zu der Röntgenquelle 26 positioniert werden.

**[0068]** Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht eines Beispiels für ein Streustrahlenraster M-5, welches insbesondere für 2D-Röntgenaufnahmen verwendet werden kann. Das Streustrahlenraster M-5 ist abwechselnd aus Papierstreifen S-5 und Blei-Lamellen L-5 aufgebaut. Die Abdeckung C-5 der Papier-Blei-Anordnung kann aus Materialien wie beispielsweise kohlenstofffaserverstärktem Kohlenstoff (CFC) und/oder Aluminium hergestellt

werden. Die Papierstreifen S-5 dienen als Platzhalter zwischen den Blei-Lamellen L-5 und können zusätzliche Absorption und Streuung eines Röntgenstrahls 27 verursachen. Bei der erfindungsgemäßen Lösung kann insbesondere eine zusätzliche Absorption und Streuung des Röntgenstrahls 27 vermieden werden, da keine Platzhalter zwischen den Lamellenblechen L im Strahlengang des Röntgenstrahls 27 erforderlich sind.

## Patentansprüche

1. Fokussierungsmodul (M) für einen Formfilter (F) zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls (27), aufweisend

- einen Rahmen (R) mit einer durchgehenden Öffnung (H),
- eine Anordnung von Nut-Paaren (NP), welche an dem Rahmen (R) angeordnet sind,
- wobei relativ zu der Anordnung von Nut-Paaren (NP) ein Fokuspunkt (T) definierbar ist, dem die durchgehende Öffnung (H) zugewandt ist,
- wobei die Nut-Paare (NP) entlang der durchgehenden Öffnung (H) nebeneinander derart angeordnet sind, dass sie sich in verschiedenen Ebenen (E) befinden, welche jeweils den Fokuspunkt (T) aufweisen,
- wobei die Nut-Paare (NP) jeweils eine erste Nut (N1) und eine der ersten Nut (N1) in Bezug auf die durchgehende Öffnung (H) gegenüberliegende zweite Nut (N2) aufweisen, wobei die erste Nut (N1) und die zweite Nut (N2) derart ausgebildet sind, dass ein Lamellenblech (L) an zwei einander gegenüberliegenden Rändern des Lamellenblechs (L) in die erste Nut (N1) und die zweite Nut (N2) aufnehmbar und entlang der ersten Nut (N1) und der zweiten Nut (N2) in die durchgehende Öffnung (H) einführbar ist.

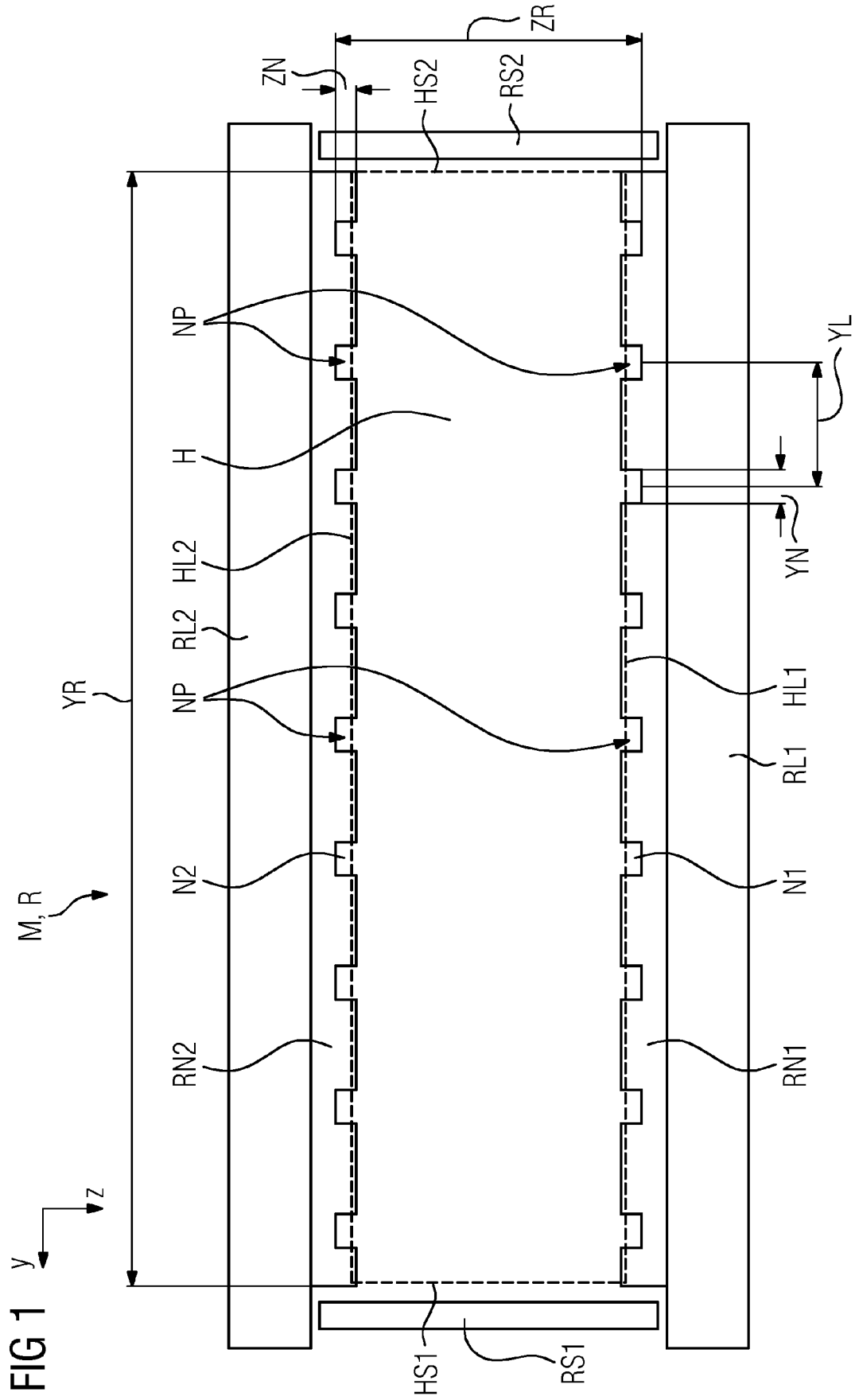
2. Fokussierungsmodul (M) nach Anspruch 1,

- wobei die durchgehende Öffnung (H) im Wesentlichen rechteckig ist und zwei lange Seiten (HL1, HL2) und zwei kurze Seiten (HS1, HS2) aufweist.

3. Fokussierungsmodul (M) nach Anspruch 2,

- wobei der Rahmen (R) einen ersten Querbalken (RL1) aufweist, welcher eine erste lange Seite (HL1) der durchgehenden Öffnung (H) bildet,
- wobei der Rahmen (R) einen zweiten Querbalken (RL2) aufweist, welcher eine zweite lange Seite (HL2) der durchgehenden Öffnung (H) bildet,
- wobei der Rahmen (R) ein erstes Seitenteil

- (RS1) aufweist, welches eine erste kurze Seite (HS1) der durchgehenden Öffnung (H) bildet,  
 - wobei der Rahmen (R) ein zweites Seitenteil (RS2) aufweist, welches eine zweite kurze Seite (HS2) der durchgehenden Öffnung (H) bildet. 5
- 4.** Fokussierungsmodul (M) nach Anspruch 3,  
 - wobei der erste Querbalken (RL1) mittels des ersten Seitenteils (RS1) und des zweiten Seitenteils (RS2) mit dem zweiten Querbalken (RL2) verbunden und/oder in einem vorgegebenen Abstand (DZ) relativ zu dem zweiten Querbalken (RL2) angeordnet ist. 10
- 5.** Fokussierungsmodul (M) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
 - wobei in einem Bereich der ersten Nut (N1) ein erstes Anschlagmittel (B1) ausgebildet ist, wobei das Lamellenblech (L) entlang der ersten Nut (N1) bis zu einem Formschluss des Lamellenblechs (L) mit dem ersten Anschlagmittel (B1) einführbar ist, wobei der Formschluss des Lamellenblechs (L) mit dem ersten Anschlagmittel (B1) einem weiteren Einführen des Lamellenblechs (L) entlang der ersten Nut (N1) entgegenwirkt, und/oder 20  
 - wobei in einem Bereich der zweiten Nut (N2) ein zweites Anschlagmittel (B2) ausgebildet ist, wobei das Lamellenblech (L) entlang der zweiten Nut (N2) bis zu einem Formschluss des Lamellenblechs (L) mit dem zweiten Anschlagmittel (B2) einführbar ist, wobei der Formschluss des Lamellenblechs (L) mit dem zweiten Anschlagmittel (B2) einem weiteren Einführen des Lamellenblechs (L) entlang der zweiten Nut (N2) entgegenwirkt. 25
- 6.** Fokussierungsmodul (M) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner aufweisend eine erste Führungsschiene (RN1) und eine zweite Führungsschiene (RN2),  
 - wobei die jeweils ersten Nuten (N1) der Nut-Paare (NP) in der ersten Führungsschiene (RN1) ausgebildet sind, 30  
 - wobei die jeweils zweiten Nuten (N2) der Nut-Paare (NP) in der zweiten Führungsschiene (RN2) ausgebildet sind. 35
- 7.** Fokussierungsmodul (M) nach Anspruch 6,  
 - wobei die erste Führungsschiene (RN1) und/oder die zweite Führungsschiene (RN2) aus einem kristallinen Halbleitermaterial hergestellt ist. 40
- 8.** Fokussierungsmodul (M) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
 - wobei die Nut-Paare (NP) basierend auf einem additiven Fertigungsverfahren und/oder einem abtragenden Fertigungsverfahren ausgebildet sind. 45
- 9.** Formfilter (F) zum Einstellen einer räumlichen Intensitätsverteilung eines Röntgenstrahls (27), aufweisend  
 - ein Fokussierungsmodul (M) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
 - eine Mehrzahl von Lamellenblechen (L), welche jeweils in ein Nut-Paar der Anordnung von Nut-Paaren (NP) aufgenommen und in die durchgehende Öffnung (H) eingeführt sind. 50
- 10.** Bestrahlungsanordnung (3), aufweisend  
 - einen Formfilter (F) nach Anspruch 9,  
 - eine Röntgenquelle (26) zur Erzeugung des Röntgenstrahls (27),  
 - eine Positioniereinheit (PF) zum Positionieren des Formfilters (F) relativ zu der Röntgenquelle (26),  
 - wobei der Formfilter (F) mittels der Positioniereinheit (PF) in einer ersten Position relativ zu der Röntgenquelle (27) positionierbar ist, in welcher der Fokuspunkt (T) einem Anfangspunkt des Röntgenstrahls (27) entspricht. 55
- 11.** Medizinische Bildgebungsvorrichtung (1), aufweisend eine Bestrahlungsanordnung (3) nach Anspruch 10.
- 12.** Medizinische Bildgebungsvorrichtung (1) nach Anspruch 11, wobei die medizinische Bildgebungsvorrichtung (1) ein Computertomographiegerät ist.



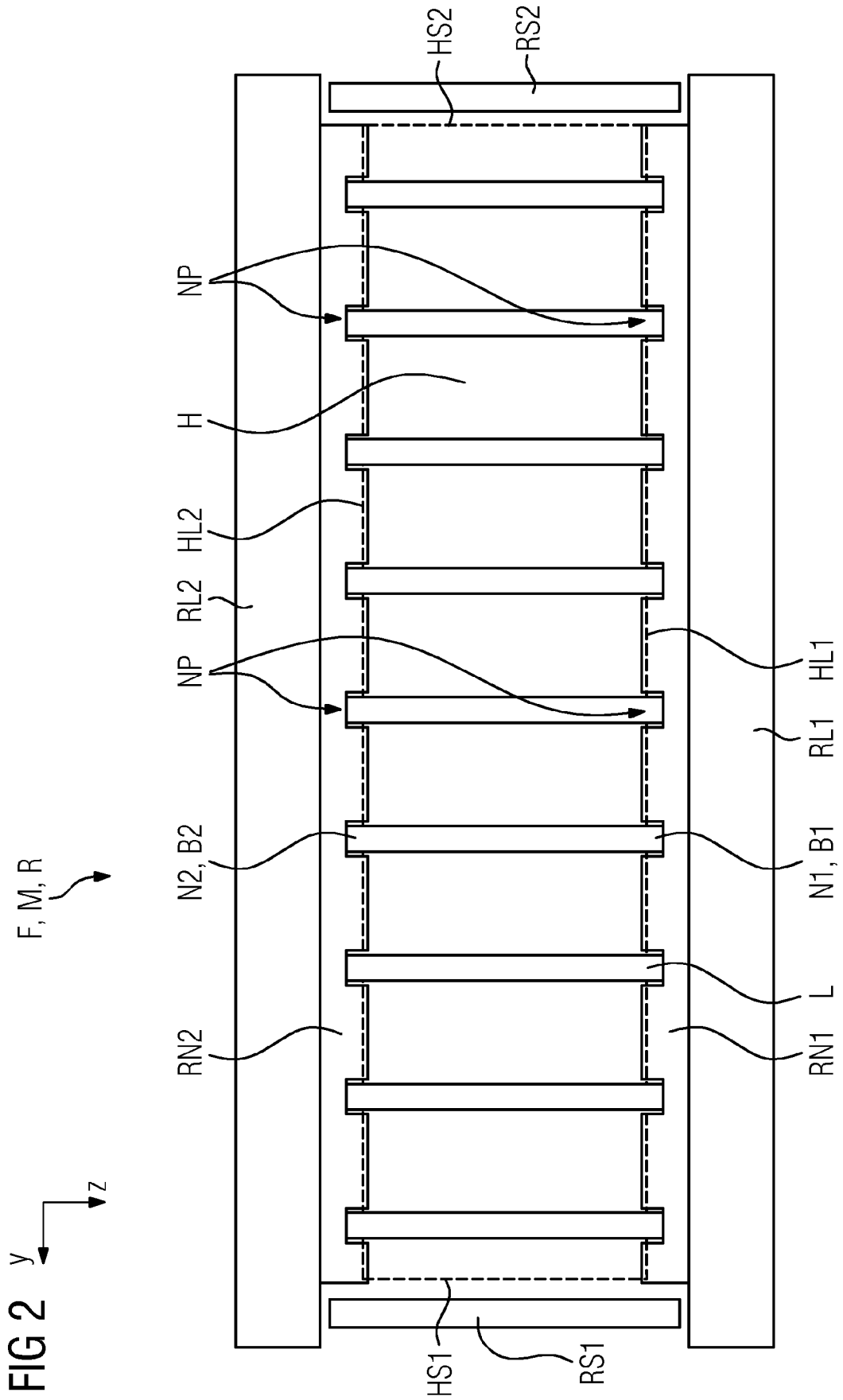
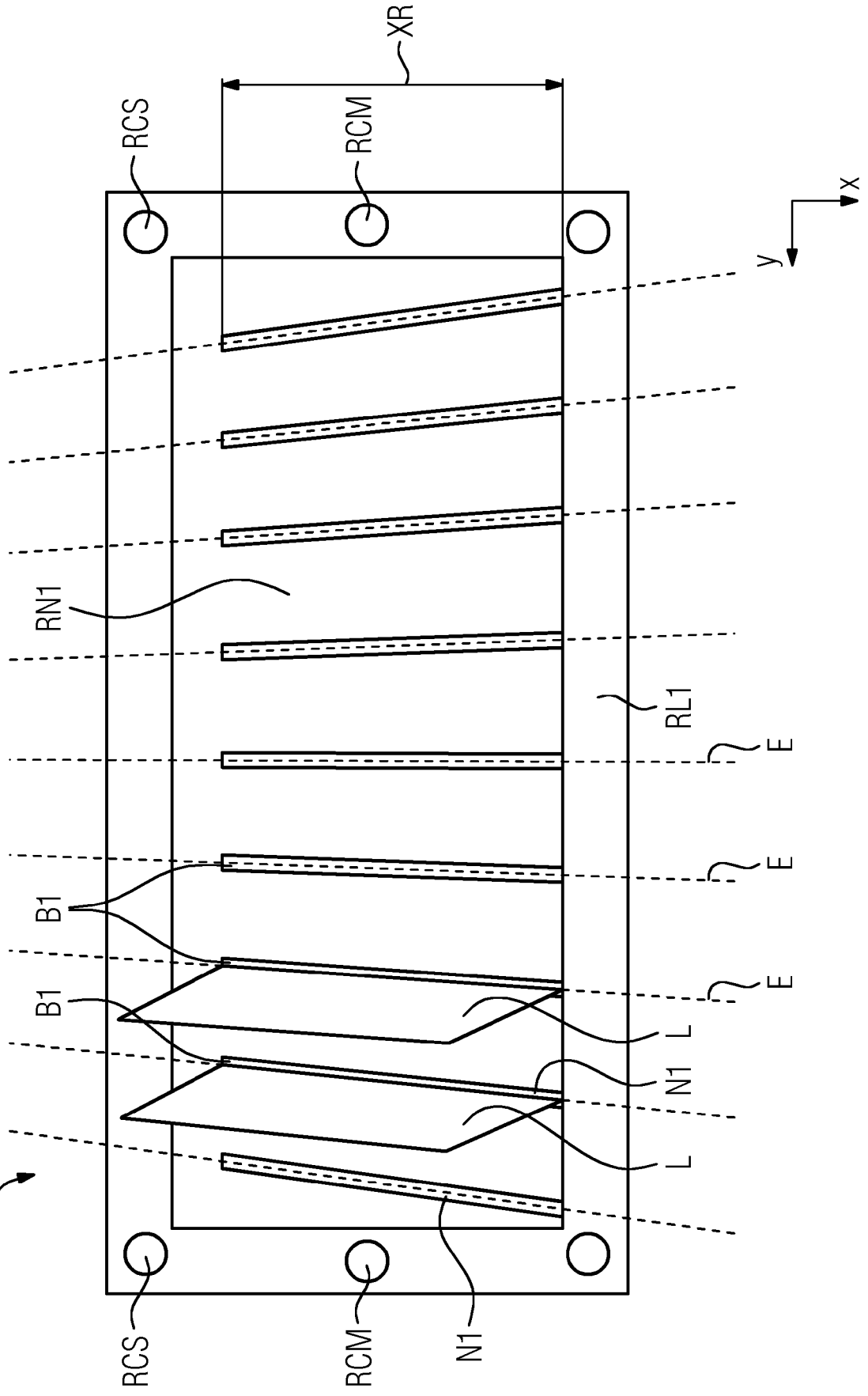


FIG 3

F, M, R



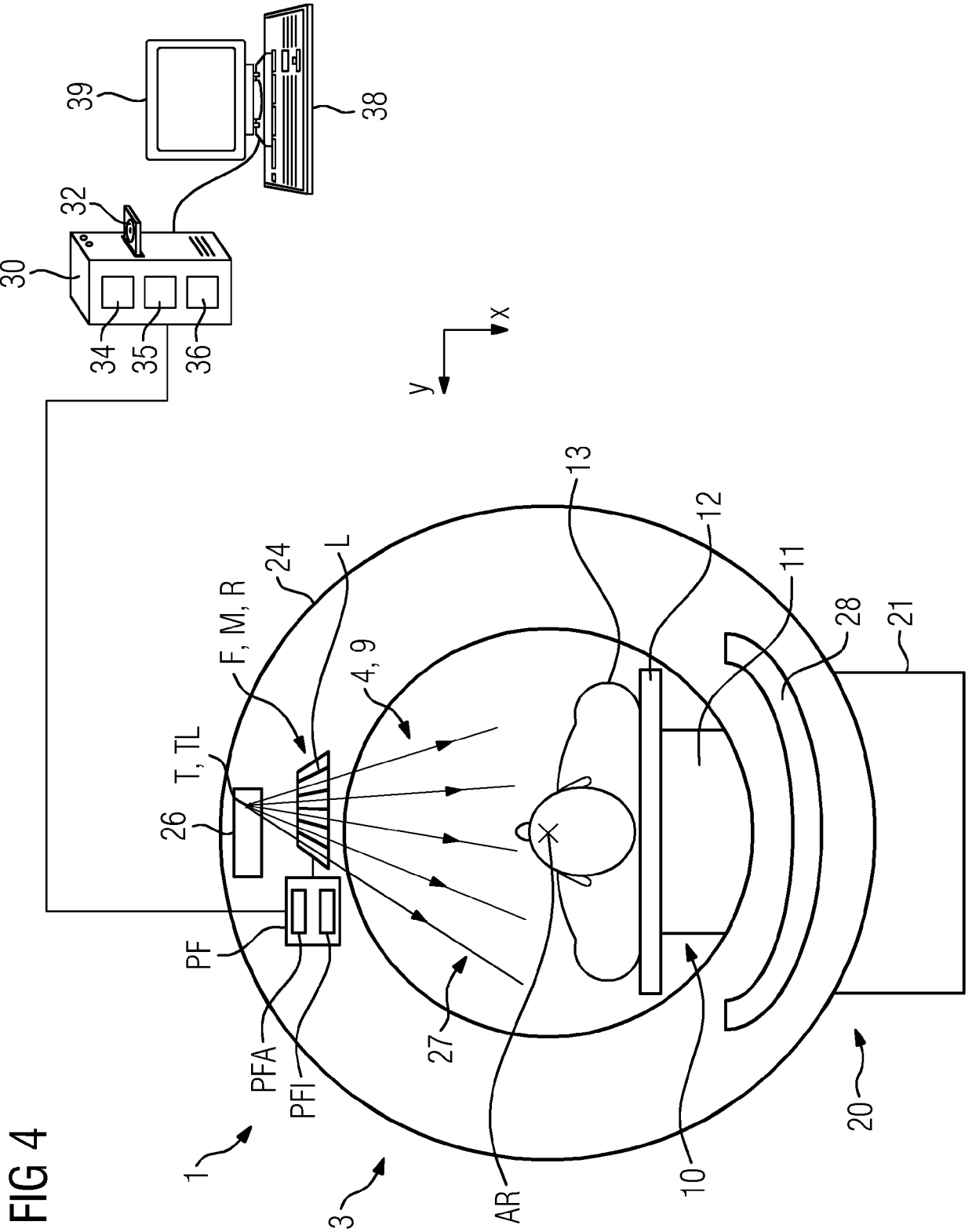
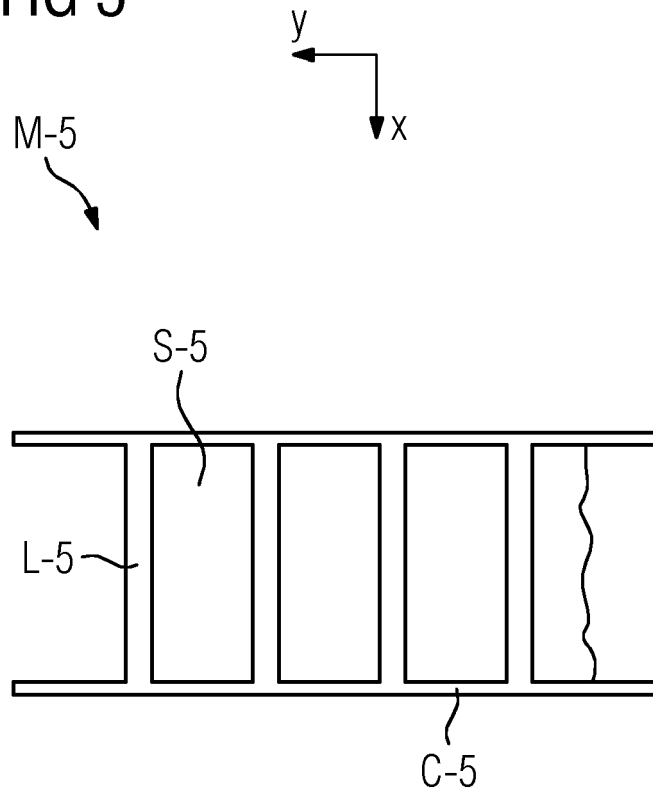


FIG 4

FIG 5



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 7403597 B2 [0003]
- US 8218721 B2 [0004]
- US 8873704 B2 [0005]