



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 017 540 B4** 2008.02.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 017 540.3**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **27.10.2005**

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **28.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 23/06** (2006.01)
A61B 6/03 (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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Bruder, Herbert, Dr., 91315 Höchstadt, DE; Flohr, Thomas, Dr., 91486 Uehlfeld, DE; Stiersdorfer, Karl, Dr., 91052 Erlangen, DE

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

DE 198 51 556 A1

DE 102 44 181 A1

DE 101 45 578 A1

DE 101 27 269 A1

DE 101 26 638 A1

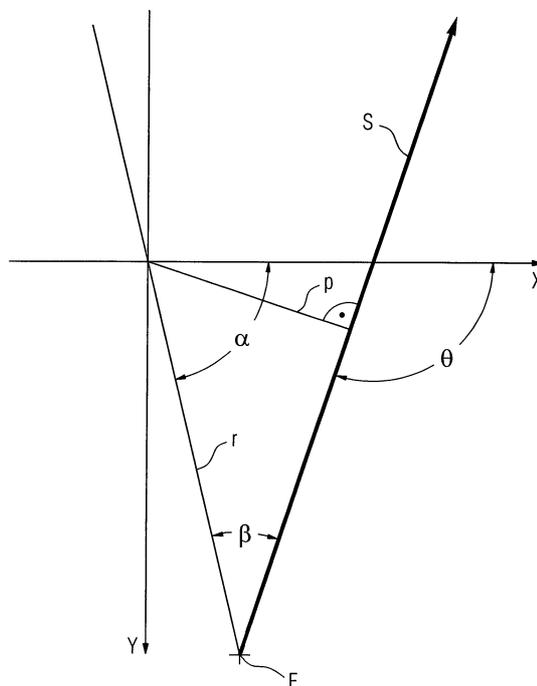
DE 100 48 775 A1

DE 299 23 967 U1

WO 98/30 980 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät und CT-Gerät**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät, bei dem eine Röntgenröhre in Kombination mit einem gegenüberliegenden Detektor (D), kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt (B) abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus (F) mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen ($F_1 - F_6$) relativ zur Röntgenröhre aufweist, aus den gewonnenen Detektordaten Paralleldatensätze gebildet und daraus Schnittbilder rekonstruiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bildung der Paralleldatensätze die unterschiedliche Relativposition zur Röntgenröhre des jeweils aktuellen springenden Fokus (F) (= Springfokusposition) in radialer Richtung berücksichtigt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät und ein CT-Gerät, bei dem eine Röntgenröhre in Kombination mit einem gegenüberliegenden Detektor, kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen relativ zur Röntgenröhre aufweist, aus den gewonnenen Detektordaten Paralleldatensätze gebildet und daraus Schnittbilder rekonstruiert werden.

[0002] Aus den Patentschriften US 5,625,661 A, US 6,256,369 B1 und der Gebrauchsmusterschrift DE 299 23 967 U1 der Anmelderin sind Computertomographie-Geräte bekannt, welche Röntgenröhren mit springenden Foken aufweisen.

[0003] Die US-Schrift US 5,625,661 A ein CT-Gerät, bei dem der Fokus in z-Richtung mehrere verschiedene Fokuspositionen relativ zur Röntgenröhre anspringen kann, so dass sich entsprechend der Veränderung der Fokusposition mit gleichem gegenüberliegenden Mehrzeilendetektor mehrere Strahlengänge ergeben, die eine verbesserte Abtastung eines Untersuchungsobjektes erzeugen. Die Verschiebung der Fokusposition des springenden Fokus findet dabei ausschließlich in z-Richtung statt, in radialer oder in azimuthaler Richtung bleibt der Strahlverlauf unverändert.

[0004] Aus der Patentschrift US 6,256,369 B1 ist ebenfalls ein CT-Gerät mit springendem Fokus bekannt, hier wird in [Fig. 1](#) auch eine Röntgenröhre gezeigt, deren springender Fokus sich in der xy-Ebene mit konstantem Abstand zum Detektor, also senkrecht zur Systemachse bewegt. Eine Bewegung in radialer Richtung findet hier nicht statt.

[0005] Schließlich zeigt die Gebrauchsmusterschrift DE 299 23 967 U1 verschiedene Varianten eines CT-Gerätes mit springendem Fokus, wobei hier neben den Verschiebungen des Fokus in der xy-Ebene und in z-Richtung auch eine Verschiebung in radialer Richtung gezeigt ist.

[0006] Alle Schriften zeigen zwar die grundsätzliche Möglichkeit von CT-Ausführungen mit springendem Fokus, jedoch ist aus dem Stand der Technik nicht zu entnehmen, wie die verbesserte Abtastung eines Untersuchungsobjektes konkret für die Berechnung von CT-Bildern genutzt und wie die dabei notwendige Datensammlung und Datenaufbereitung durchgeführt werden soll.

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät mit springendem Fo-

kus darzustellen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand untergeordneter Ansprüche.

[0009] Die Erfinder haben erkannt, dass es besonders wichtig ist, bei der Bildung paralleler Datensätze aus den Detektorausgangsdaten eines Detektors, insbesondere eines Mehrzeilendetektors, im CT, dessen Daten mit einem Springfokussystem erstellt wurden, zu berücksichtigen, dass es, abhängig bei der jeweiligen Anodengeometrie und deren Anordnung, zu unterschiedlichen Abständen vom jeweiligen Springfokus zum Detektor kommen kann und diese unterschiedlichen Abstände zu entsprechenden rechnerischen Konsequenzen bezüglich des tatsächlichen Strahlwinkels θ für die Berechnung von Paralleldatensätzen führen müssen.

[0010] Demgemäß schlagen die Erfinder vor, das an sich bekannte Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät, bei dem eine Röntgenröhre in Kombination mit einem gegenüberliegenden Detektor, kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen relativ zur Röntgenröhre aufweist, aus den gewonnenen Detektordaten Paralleldatensätze gebildet und daraus Schnittbilder rekonstruiert werden, dahingehend zu verbessern, dass bei der Bildung der Paralleldatensätze die unterschiedliche Relativposition des jeweils aktuellen springenden Fokus zur Röntgenröhre – die Springfokusposition – zumindest in radialer Richtung berücksichtigt wird. Unter radialer Richtung ist hierbei die Richtung des Vektors r eines Punktes $P(\alpha, r, z)$ mit den Zylinderkoordinaten α, r und z zu verstehen, wobei z der Systemachse entspricht, α den Umlaufwinkel des Fokus und r den radialen Abstand von der z- oder System-Achse darstellt.

[0011] Vorzugsweise wird bei der Bildung der Paralleldatensätze auch die unterschiedliche Relativposition des jeweils aktuellen springenden Fokus zur Röntgenröhre in z-Richtung berücksichtigt.

[0012] Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann bei der Erstellung der Paralleldatensätze, vorzugsweise in einem ersten Schritt, getrennt nach Springfokusposition und nach Detektorzeile ein azimuthales Rebinning auf gleiche Strahlwinkel θ durchgeführt werden, wobei in die Berechnung des Strahlwinkels θ der tatsächliche Radius r , dem Abstand vom betrachteten Detektorelement zur aktuellen Springfokusposition, des jeweiligen Springfokus einfließt und Datensätze mit gleichem $\Delta\theta$ -Raster interpoliert werden. Entsprechend diesem ersten Schritt werden

also Datensätze aus Detektordaten, welche alle aus tatsächlichen oder virtuellen interpolierten Strahlen hervorgehen die einen vorgegebenen Strahlwinkel θ aufweisen, gesammelt und falls nicht vorhanden durch Interpolation erzeugt. Zur Bestimmung des vorliegenden Strahlwinkels θ eines Strahls wird die kleine Änderung, die durch die Relativverschiebung des Fokus zur Röntgenröhre in radialer Richtung entsteht, berücksichtigt. Für die Strahlwinkel θ gilt die Formel $\theta = \alpha + \beta$, wobei α den Umlaufwinkel des Fokus und β den Fächerwinkel darstellt.

[0013] Bei dieser Sammlung der Datensätze werden allerdings Daten unterschiedlicher „Readings“ mit verschiedenen Springfokuspositionen nicht vermischt. Es werden also bei N Springfokuspositionen – die selbstverständlich im Rahmen der Drehung der Röntgenröhre um das Untersuchungsobjekt räumlich wandern – auch N Datensätze erzeugt. Das heißt es wird grundsätzlich für jede der N Springfokuspositionen eine separate Datensammlung und Datenaufbereitung durchgeführt.

[0014] Falls mehrere Readings bei gleicher z-Position von unterschiedlichen Springfokuspositionen aufgenommen wurden, können erfindungsgemäß auch, vorzugsweise in einem zweiten Schritt, Datensätze mit gleicher z-Koordinate und gleichem Strahlwinkel θ aus den Fokuspositionen verschachtelt und zu neuen Datensätzen mit engerem äquidistanten $\Delta\theta$ -Raster zusammengesetzt und/oder interpoliert werden.

[0015] Weiterhin kann im erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen werden, dass, vorzugsweise in einem dritten Schritt des Verfahrens, mit den Datensätzen aller Springfokuspositionen ein radiales Rebinning auf ein gleiches und äquidistantes Δp -Raster mit $p = r \cdot \sin\beta$ (r = Abstand zur z-Achse, β = Fächerwinkel) durchgeführt wird. Hierfür werden nun die vorliegenden Datensätze, die zwar nach ihrer räumlichen Ausrichtung sortiert sind, jedoch kein gemeinsames Raster in p-Richtung aufweisen, nun entsprechend einem vorgegebenen Raster sortiert und falls Strahlen an den gewünschten Rasterstellen nicht vorhanden sind, diese durch Interpolation benachbarter Daten erzeugt.

[0016] Schließlich schlagen die Erfinder vor, dass, vorzugsweise in einem vierten Schritt, Datensätze mit unterschiedlicher Springfokusposition in z-Richtung und mit gleichem Strahlwinkel θ verschachtelt und zu einem Datensatz mit kleinerem äquidistanten Δz -Raster interpoliert werden. Wird also eine Röntgenquelle mit verschiedenen Springfokuspositionen in z-Richtung verwendet, so kann die zusätzlich gewonnene Überabtastung in dieser Richtung genutzt werden, um eine weitere Verbesserung der Abtastung zu erreichen, indem eine zusätzliche Verschachtelung der Datensätze und damit ein kleineres Raster der Abtastung erzeugt wird.

[0017] Anschließend können die so gebildeten Datensätze nach deren Aufbereitung zur Berechnung der Schnittbilder einem an sich bekannten Rekonstruktionsverfahren, beispielsweise einem AMPR- (AMPR = Adaptive Multiple Plane Reconstruction) oder SMPR-Verfahren (SMPR = Segmented Multiple Plane Reconstruction), zugeführt werden. Derartige Berechnungsverfahren sind allgemein bekannt, beispielhaft wird auf die deutschen Patentanmeldungen mit den Aktenzeichen DE 101 27 269.3 und DE 101 06 398.9 sowie auf die internationale Patentanmeldung WO 98/30980 verwiesen.

[0018] Gemäß einer besonderen Variante des Verfahrens kann auch der „dritte Schritt“ des Verfahrens, nämlich das Rebinning auf ein gemeinsames Δp -Raster in der anfänglichen Datenaufbereitung entfallen und dieses erst beim Rekonstruktionsverfahren berücksichtigt werden. Erfindungsgemäß kann dann beispielsweise in einem zweidimensionalen Interpolationsverfahren in z- und p-Richtung eine äquidistante Rasterung durchgeführt werden.

[0019] Alternativ kann der „dritte Schritt“ auch so modifiziert werden, dass das radiale Rebinning nicht auf ein gemeinsames Δp -Raster erfolgt, sondern für jede der verschiedenen Springfokuspositionen in z-Richtung auf ein gesondertes Raster erfolgt. Hierdurch kann gegebenenfalls in diesem Schritt der Interpolationsaufwand verringert werden, wobei allerdings bei der nachfolgenden Rekonstruktion die unterschiedliche Rasterung berücksichtigt werden muss. Dies kann beispielsweise durch eine zweidimensionale Interpolation während der Rekonstruktion in z- und p-Richtung geschehen.

[0020] Vorteilhaft hat sich weiterhin erwiesen, wenn zur Abtastung ein Springfokus mindestens 2 Springfokuspositionen in azimutaler Richtung und mindestens 2 Springfokuspositionen in z-Richtung verwendet werden, wobei es besonders günstig ist, wenn ein Springfokus verwendet wird, dessen jede einzelne Springfokusposition unterschiedliche azimutale Koordinaten und z-Koordinaten aufweist. Hierdurch kann eine besonders hohe Überabtastung erreicht werden, wobei redundante Messungen durch deckungsgleiche Strahlenverläufe, die keine zusätzlichen Informationen liefern, weitgehend vermieden werden können.

[0021] Insgesamt wird also durch das oben beschriebene Verfahren die verbesserte Überabtastung durch die Verwendung von Springfoklen bei der CT-Abtastung eines Objektes mit einem Mehrzeilen-detektor auch bei der Aufbereitung der Bilddaten genutzt, wobei eine verbesserte Auflösung und die Reduktion von Artefakten, wie beispielsweise windmühlentartige Strukturen im CT-Bild, erreicht wird.

[0022] Entsprechend dem Grundgedanken der Er-

findung, schlagen die Erfinder weiterhin auch ein Computertomographie-Gerät, mit einer Röntgenröhre, die in Kombination mit einem gegenüberliegenden Mehrzeilendetektor kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen relativ zur Röntgenröhre aufweist und Mittel zur Rekonstruktion von Schnittbildern aus gewonnenen Detektordaten unter vorheriger Bildung von Paralleldatensätzen, vor, welches Mittel enthält, die im Betrieb das erfindungsgemäße Verfahren ausführen können.

[0023] Im folgenden wird die Erfindung anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele mit Hilfe der Figuren näher beschrieben, wobei darauf hingewiesen wird, dass nur die für das unmittelbare Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt sind. Hierbei werden die folgenden Bezugszeichen verwendet: a: Springfokusposition in z-Richtung, b: Springfokusposition in z-Richtung, B: Untersuchungsobjekt; D: Detektor; F: Fokus; F_1 bis F_6 : Fokuspositionen; p: Abstand des Strahls zur z-Achse; Q: Fläche senkrecht auf Zentralstrahl; r: Radius/Abstand des Fokus von der z-Achse; S: Röntgenstrahl; S_z : Zentralstrahl; t: zeitlicher Fortschritt; z: Systemachse; α : Umlaufwinkel; β : Fächerwinkel; φ : Neigungswinkel des Strahls zur z-Achse; θ : Strahlwinkel.

[0024] Es zeigen im einzelnen:

[0025] [Fig. 1](#): Darstellung der verwendeten Geometrie;

[0026] [Fig. 2](#): Darstellung von vier Strahlenfächern gebildet durch einen Springfokus mit vier verschiedenen Fokuspositionen;

[0027] [Fig. 3](#): Darstellung zur Orientierung der Springfokuspositionen der [Fig. 4](#) bis [Fig. 19](#);

[0028] [Fig. 4](#) bis [Fig. 19](#): Varianten unterschiedlicher Springfokuspositionen;

[0029] [Fig. 20](#): Schematische Darstellung des Rebinnings auf konstantes $\Delta\theta$ -Raster;

[0030] [Fig. 21](#): Schematische Darstellung des Rebinnings auf konstantes Δp -Raster.

[0031] Die [Fig. 1](#) zeigt die in dieser Anmeldung verwendete Geometrie. Dargestellt ist ein x/y-Koordinatensystem, dessen senkrecht zur x/y-Ebene stehende z-Achse, die auch die Systemachse des CT's darstellt, im Ursprung aus dem Papier herausragt. Die Position des Fokus F ist definiert durch den Radius r von der z-Achse und dem Umlaufwinkel α um die z-Achse. Die Lage eines Röntgenstrahls S wird in der

Fläche durch den Fächerwinkel β und den Abstand p vom Ursprung festgelegt. Der Fächerwinkel β zwischen der x-Achse und dem Röntgenstrahl S wird jeweils bestimmt durch die Position des Fokus F und das jeweils betrachtete Detektorelement. Zusätzlich ergibt sich aus der Lage der jeweils betrachteten Detektorzeile und der z-Position des Fokus der Neigungswinkel φ des Röntgenstrahls S um die x-Achse.

[0032] Die [Fig. 2](#) zeigt entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren eine schematische Darstellung eines beispielhaften Springfokus mit vier verschiedenen Fokuspositionen F_1 bis F_4 , der jeweils Röntgenstrahlen auf einen gegenüberliegenden Detektor D aussendet, die ein Untersuchungsobjekt B durchdringen. Zur ausreichenden Übersichtlichkeit sind lediglich sechs Randstrahlen S zwischen den einzelnen Fokuspositionen F_1 bis F_4 und dem Detektor D dargestellt. Erfindungsgemäß wird in dem zuvor beschriebenen Verfahren die Änderung des radialen Abstandes der einzelnen Fokuspositionen von der z-Achse in den jeweiligen Springfokuspositionen F_1 bis F_4 bei der Bildung von Paralleldatensätzen aus den gesammelten Strahlendaten in der Berechnung berücksichtigt.

[0033] Es wird also im Gegensatz zum Stand der Technik, bei dem vereinfachend die Springfokuspositionen nur als in z-Richtung variabel beziehungsweise versetzt angesehen werden, was außerhalb des Drehzentrums zu deutlichen Schärfeverlusten und Artefakten führt, nun die radiale Verschiebung des Fokus insofern berücksichtigt, als der tatsächliche Ort des Fokus und der sich daraus errechnete tatsächliche Fächerwinkel β in die Umrechnung der Daten auf Paralleldaten einfließt. Hierdurch werden die sonst auftretenden Schärfeverluste und Artefakte vermieden.

[0034] In den nachfolgenden [Fig. 3](#) bis [Fig. 18](#) sollen unterschiedliche, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendbare Springfokuspositionen dargestellt werden.

[0035] Die [Fig. 3](#) zeigt zur Orientierung für die nachfolgend dargestellten Varianten von Springfokuspositionen einen Detektor D, auf den Randstrahlen S, ausgehend von einem einzigen zentralen Fokus F, auftreffen und einen zentral liegenden Zentralstrahl S_z , der senkrecht auf der Systemachse z steht und eine durch den Fokus F gehende Fläche Q, die durch eine x-Achse und eine z-Achse aufgespannt werden. Relativ zu dieser Fläche Q sind in den [Fig. 4](#) bis [Fig. 14](#) beispielhafte Varianten von Springfokuspositionen F_1 bis F_6 dargestellt, wobei in den [Fig. 4](#) bis [Fig. 9](#) vier Springfokuspositionen F_1 bis F_4 gezeigt sind, die den Eckpunkten eines Rechteckes entsprechen und durch die verbindenden Pfeile zwischen den Springfokuspositionen die Reihenfolge der Aktivierung der jeweiligen Springfokusposition darge-

stellt ist.

[0036] Die [Fig. 10](#) bis [Fig. 14](#) zeigen ebenfalls die Positionen eines Springfokus mit vier Springfokuspositionen F_1 bis F_4 , deren Position jedoch jeweils den Eckpunkten einer Raute entsprechen. Wobei auch hier die Reihenfolge des Anspringens der einzelnen Positionen durch Pfeile dargestellt ist.

[0037] In den [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) ist eine Variationsmöglichkeit gezeigt, in der zwei Springfokuspositionen F_1 und F_2 aus der zx -Ebene heraus springen können, wobei die dargestellte Anzahl der Springfokuspositionen lediglich beispielhaft sein soll und es ebenfalls möglich ist, im Raum weitere Springfokuspositionen zu verwenden.

[0038] In den [Fig. 17](#) bis [Fig. 18](#) ist weiterhin beispielhaft eine Variante eines Springfokus mit sechs Fokuspositionen F_1 bis F_6 dargestellt, wobei auch diese gezeigten Darstellungen lediglich einen Ausschnitt der möglichen Variationen zeigen. Wesentlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist hierbei, dass aufgrund der unterschiedlichen Positionen des Springfokus sich jeweils unterschiedliche Abstandvektoren der Springfokusposition ergeben und diese bei der Berechnung des Strahlenverlaufs und der sich daraus ergebenden Strahlenorientierung, insbesondere des Fächerwinkels β , ergeben.

[0039] Es ist darauf hinzuweisen, dass die gezeigten Positionen des Springfokus beliebig angeordnet sein können und nicht auf die gezeigten Beispiele beschränkt sind, da erfindungsgemäß die jeweils tatsächliche Position der Foken in die Berechnung eingeht.

[0040] Die [Fig. 19](#) zeigt eine weitere Variante der räumlichen Anordnung zweier Springfokuspositionen F_1 bis F_2 entlang der z -Achse, wie sie Grundlage für die, in den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) gezeigten, Interpolationen ist. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf diese räumliche Anordnung der Springfokuspositionen beschränkt ist.

[0041] Die [Fig. 20](#) zeigt nun den erfindungsgemäßen Einfluss der Berücksichtigung der sich verändernden radialen Position des Springfokus bei der Bildung der Parallel-Datensätze. Gezeigt ist ein rechtwinkeliges Koordinatensystem, bei dem auf der Abszisse der Fächerwinkel β aufgetragen ist und die Ordinate dem Umlaufwinkel α des Fokus, genau genommen den Umlaufwinkel des betrachteten Springfokus entspricht, wobei der Startwinkel, ab dem der Drehwinkel gezählt wird, für alle Springfokuspositionen identisch ist. Im Gegensatz zu früheren Betrachtungen von Einzelfoken kann hier der Umlaufwinkel nicht mehr dem zeitlichen Verlauf t eindeutig zugeordnet werden, da zum gleichen Zeitpunkt t unterschiedlichen Springfoken unterschiedliche Umlaufwinkel α

aufweisen.

[0042] Die waagrechten durchgezogenen Linien zeigen die Messpunkte einer willkürlich herausgezogenen einzigen Detektorzeile, wobei die einzelnen Punkte den Detektorelementen entsprechende Messpunkte darstellen, und alle Messpunkte \bullet auf den durchgezogenen Linien einer ersten Springfokusposition a entsprechen. Ebenso sind auf den gestrichelten Linien die Messpunkte x der gleichen Detektorzeile, jedoch einerseits zeitlich verschoben und andererseits aufgrund der unterschiedlichen Springfokusposition b , durch die diese Messpunkte erzeugt werden, leicht gestaucht zur α -Achse hin dargestellt. Diese leichte Stauchung oder auch Verschiebung der Messpunkte x zwischen den beiden Springfokuspositionen zeigt die Veränderung des Strahlenfächers durch die veränderte Fokusposition in radialer Richtung.

[0043] Die im Winkel von etwa 45° angeordneten durchgezogenen Linien entsprechen den Positionen von Strahlen mit gleichem $\theta = \alpha + \beta$.

[0044] Erfindungsgemäß findet nun ein Rebinning, also eine Interpolation der Messwerte gleicher Springfokuspositionen a beziehungsweise b , auf die Linie mit konstantem θ statt, wobei weiterhin zwischen den Daten der einzelnen Foken unterschieden wird, indem diese neuen Daten entsprechend ihrem Ursprungssymbol mit einem zusätzlichen Kreis umgeben werden. Die Interpolationsergebnisse dieses Verfahrensschrittes werden also zur besseren Übersicht durch zwei repräsentative Punkte \odot und \otimes angedeutet, wobei bei der Berechnung tatsächlich je Kreuzungspunkt der schrägen Linien mit den gedachten Senkrechten der Punkte \bullet und x jeweils ein Interpolationswert \odot und \otimes entsteht. Die eingezeichneten Pfeile sollen eine beispielhafte Interpolation über vier benachbarter Messpunkte gleicher Springfokusposition andeuten.

[0045] Das hier dargestellte Rebinning entspricht also einer Messsituation mit einem Springfokus mit zwei unterschiedlichen Springfokuspositionen gemäß [Fig. 19](#), die in z -Richtung versetzt sind. In gleicher Weise kann aber auch mit Messungen mit einem Springfokus mit 2×2 Springfokuspositionen verfahren werden, wie sie beispielsweise in einer der [Fig. 1](#) bis [Fig. 14](#) beschrieben sind, wobei allerdings zunächst eine Verschachtelung in β -Richtung stattfinden muss. Anzumerken ist hierbei auch, dass auch andere Interpolationsverfahren möglich sind, so kann beispielsweise auch eine $2d$ - Interpolation über benachbarte Messpunkte aus gleicher Fokusposition durchgeführt werden.

[0046] Nach diesem oben durchgeführten Rebinning liegen Datensätze mit konstantem $\Delta\theta$ -Raster vor, das durch die schräg verlaufenden Linien mit

dem Abstand $\Delta\theta$ dargestellt ist.

[0047] Dieser Datensatz ist nun in der [Fig. 21](#) in einem Koordinatensystem aufgetragen, bei dem die Abszisse der p-Koordinate und die Ordinate der System- oder z-Achse entspricht, wobei weiterhin die Messwerte unterschiedlicher Springfokuspositionen auch datensatzweise unterschieden werden.

[0048] Die Messpunkte oder genauer gesagt Interpolationsergebnisse aus dem Verfahren gemäß [Fig. 20](#), die mit einem zentralen Punkt und Kreis, dargestellt sind, entsprechen einer ersten Fokusposition a, während die Kreuze mit Kreis einer weiteren Fokusposition b zugeordnet sind. Gleiche Punktdarstellungen sind dabei jeweils von gleichen Springfokuspositionen aufgenommen worden. Rechts neben der Auftragung der Messpunkte sind zwei Spalten I und II dargestellt, wobei in der Spalte I die jeweilige Springfokuspositionen eingetragen ist, während in der Spalte II die Zuordnung zur entsprechenden Detektorzeile eingetragen ist.

[0049] Erfindungsgemäß werden nun diese Interpolationsdaten nochmals auf ein vorgegebenes Δp -Raster interpoliert, so dass letztendlich parallele Strahlen mit gleichmäßigem Δp -Raster vorliegen und diese für die weitere Rekonstruktion für CT-Aufnahmen genutzt werden können. In der [Fig. 21](#) ist das Δp -Raster durch die äquidistanten senkrechten Linien und deren Kreuzungspunkte mit den waagrechten Linien, die jeweils einer Detektorzeile entsprechen, dargestellt.

[0050] Es ist ergänzend noch darauf hinzuweisen, dass die Interpolationen auf verschiedenste Art vorgenommen werden können. In den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) ist eine Interpolation über benachbarte Punkte gleicher Zeile beziehungsweise Spalte durch die eingezeichneten Pfeile angedeutet, allerdings können auch alle Punkte in einem bestimmten Umkreis oder nur zwei nächste Nachbarpunkte zur Interpolation verwendet werden. Letztlich erhält man ein äquidistantes Raster an Interpolationspunkten, das den Kreuzungspunkten in der [Fig. 21](#) entspricht. Mit diesem Raster kann dann in bekannter Weise die Rekonstruktion stattfinden, wobei nun der tatsächliche räumliche Versatz der Springfokuspositionen und deren geometrische Auswirkung bei der Berechnung berücksichtigt ist.

[0051] Insgesamt wird mit der Erfindung also ein Verfahren zur Aufbereitung von CT-Daten, die durch Springfokusröntgenröhren ermittelt werden, vorgeschlagen, welches aufgrund der Berücksichtigung der Änderung der unterschiedlichen Relativposition des aktuellen Springfokus in radialer Richtung und der damit verbundenen genauen Berechnung der Strahlwinkel β und der Strahlpositionen zu einer wesentlichen Verbesserung der Bildqualität führt.

[0052] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es versteht sich weiterhin, dass im Sinne der Erfindung unter einem CT-Gerät nicht nur das klassische Röntgencomputertomographie-Gerät mit geschlossener Gantry, sondern auch sogenannte C-Bogen-Geräte zu verstehen sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung von computertomographischen Aufnahmen mit einem CT-Gerät, bei dem eine Röntgenröhre in Kombination mit einem gegenüberliegenden Detektor (D), kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt (B) abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus (F) mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen ($F_1 - F_6$) relativ zur Röntgenröhre aufweist, aus den gewonnenen Detektordaten Paralleldatensätze gebildet und daraus Schnittbilder rekonstruiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Bildung der Paralleldatensätze die unterschiedliche Relativposition zur Röntgenröhre des jeweils aktuellen springenden Fokus (F) (= Springfokusposition) in radialer Richtung berücksichtigt wird.

2. Verfahren nach dem voranstehenden Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bildung der Paralleldatensätze die unterschiedliche Relativposition ($F_1 - F_6$) des jeweils aktuellen springenden Fokus zur Röntgenröhre in z-Richtung berücksichtigt wird.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Erstellung der Paralleldatensätze, vorzugsweise in einem ersten Schritt, getrennt nach Springfokusposition ($F_1 - F_6$) und nach Detektorzeile ein azimutales Parallelrebinning auf gleiche Strahlwinkel θ durchgeführt wird, wobei in die Berechnung des Strahlwinkels θ der tatsächliche Radius (r) des jeweiligen Springfokus F einfließt und Datensätze mit gleichem $\Delta\theta$ -Raster interpoliert werden.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass, vorzugsweise in einem zweiten Schritt, Datensätze mit gleicher z-Koordinate und gleichem Strahlwinkel θ aus den Fokuspositionen verschachtelt und zu neuen Datensätzen mit engerem äquidistanten $\Delta\theta$ -Raster zusammengesetzt und/oder interpoliert werden.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass, vorzugsweise in einem dritten Schritt, mit den Datensätzen aller Springfokuspositionen ($F_1 - F_6$) ein radiales Rebinning auf ein gleiches und äquidistantes

$\Delta\rho$ -Raster mit $p = R \cdot \sin\beta$ durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass, vorzugsweise in einem vierten Schritt, Datensätze mit unterschiedlicher Springfokusposition ($F_1 - F_6$) in z-Richtung gleichem Strahlwinkel θ verschachtelt und zu einem Datensatz mit kleinerem äquidistanten Δz -Raster interpoliert werden.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Datenaufbereitung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche zur Berechnung der Schnittbilder ein Rekonstruktionsverfahren, vorzugsweise ein AM-PR- oder SMPR-Verfahren, durchgeführt wird.

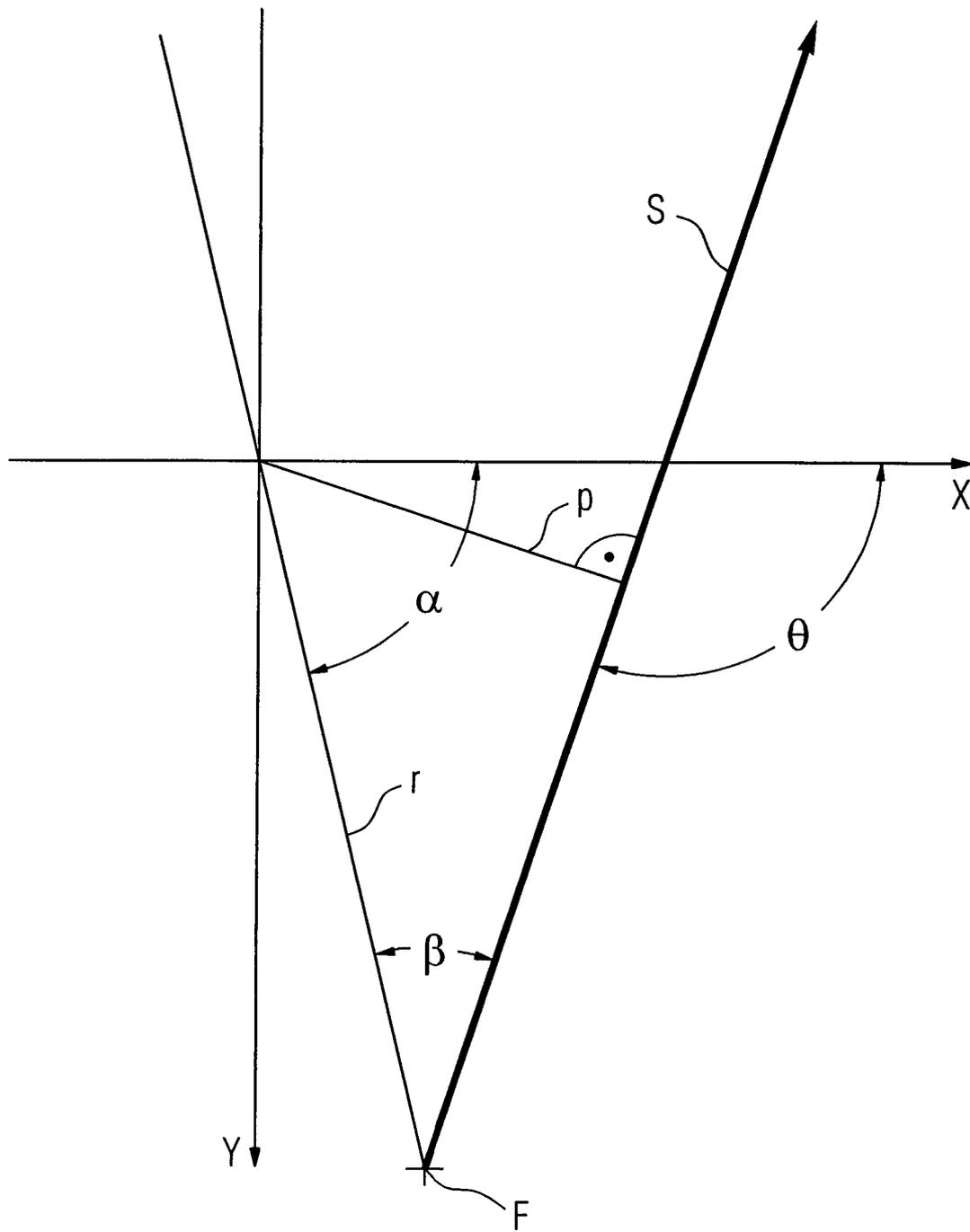
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Abtastung ein Springfokus (F) mit mindestens 2 Springfokuspositionen in azimuthaler Richtung und mindestens 2 Springfokuspositionen in z-Richtung verwendet wird.

9. Verfahren nach dem voranstehenden Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Springfokus (F) verwendet wird, dessen jede einzelne Springfokusposition ($F_1 - F_6$) unterschiedliche azimuthale Koordinaten und z-Koordinaten aufweist.

10. Computertomographie-Gerät, mit einer Röntgenröhre, die in Kombination mit einem gegenüberliegenden Mehrzeilendetektor (D) kreis- oder spiralförmig um eine z-Achse bewegt wird und ein Objekt (B) abtastet, wobei die Röntgenröhre einen springenden Fokus mit zwei oder mehr unterschiedlichen Springfokuspositionen ($F_1 - F_6$) relativ zur Röntgenröhre aufweist und Mittel zur Rekonstruktion von Schnittbildern aus gewonnenen Detektordaten unter vorheriger Bildung von Paralleldatensätzen vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel, vorzugsweise Programme oder Programm-Module, zur Durchführung der Verfahrensschritte gemäß mindestens eines der voranstehenden Verfahrensansprüche 1 bis 9, vorgesehen sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG 1



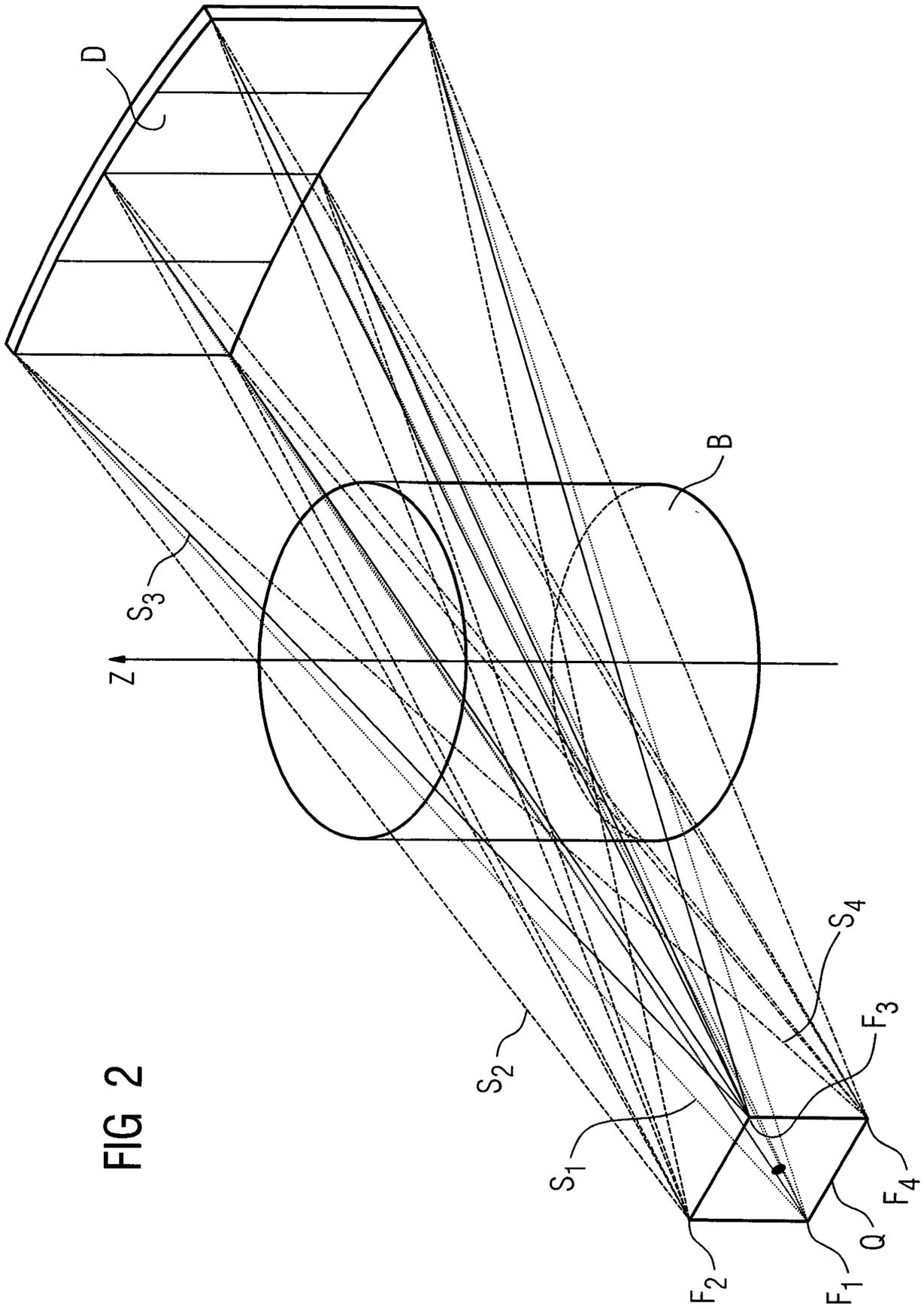
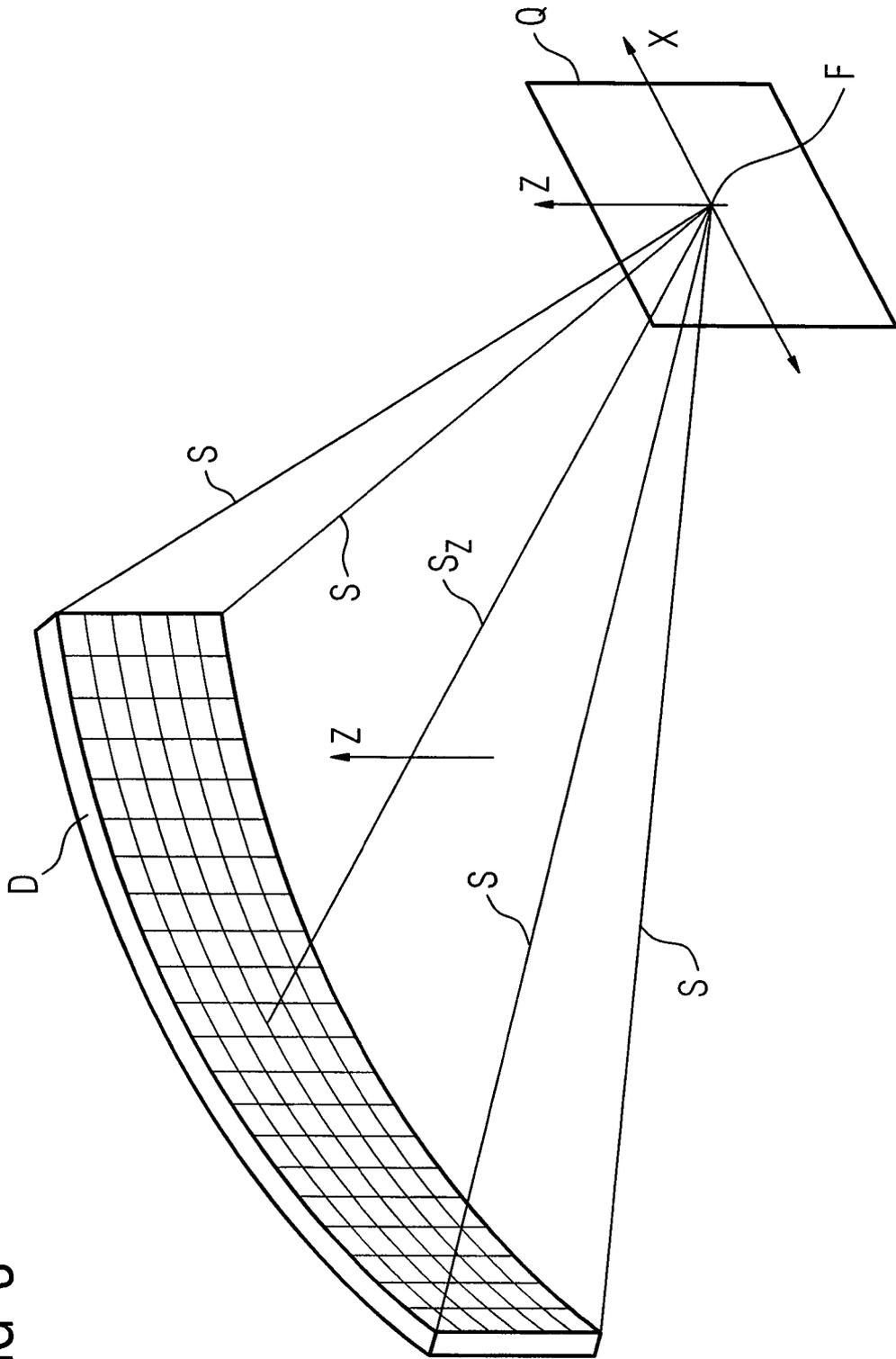
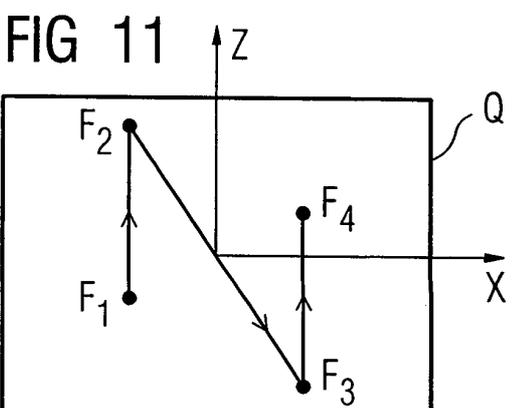
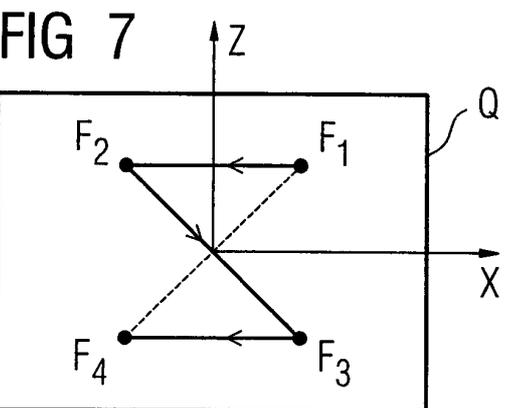
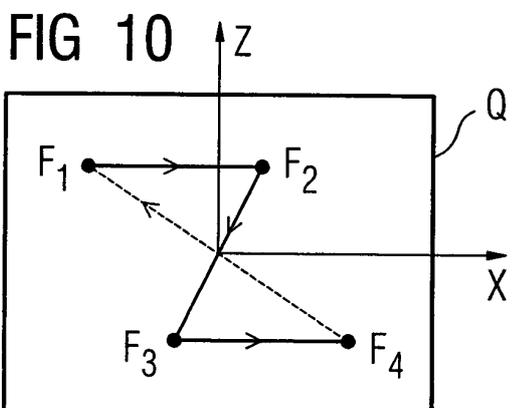
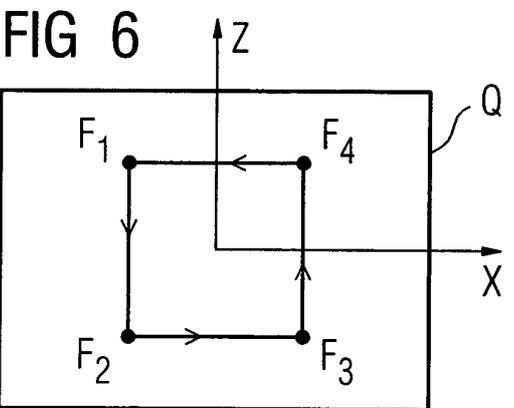
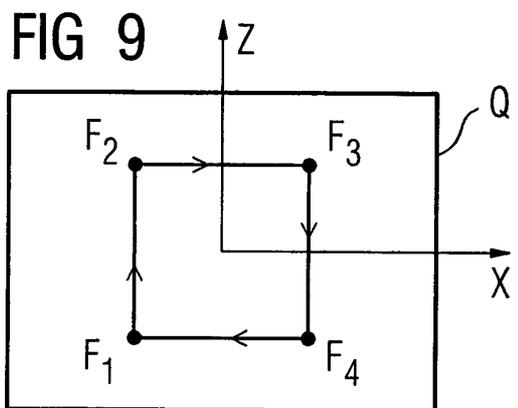
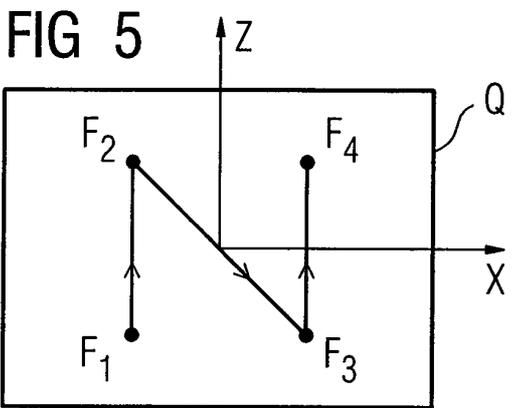
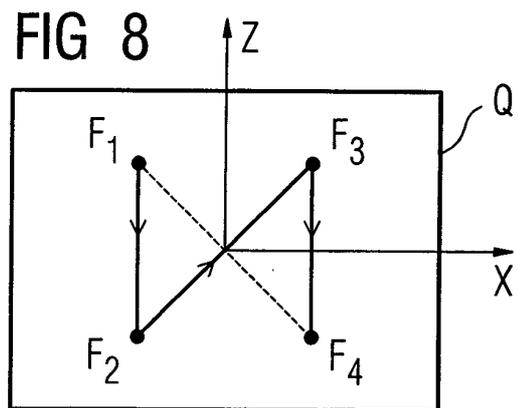
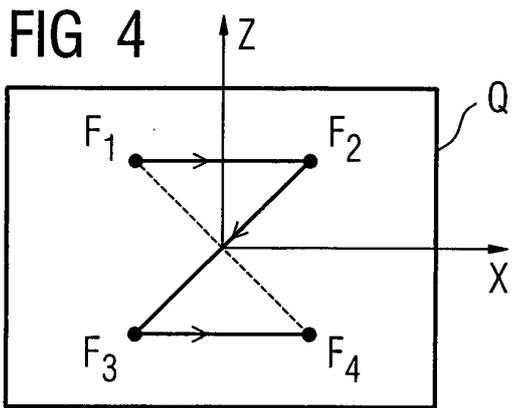


FIG 2

FIG 3





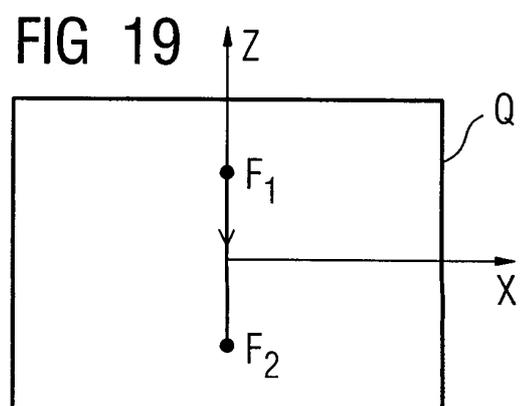
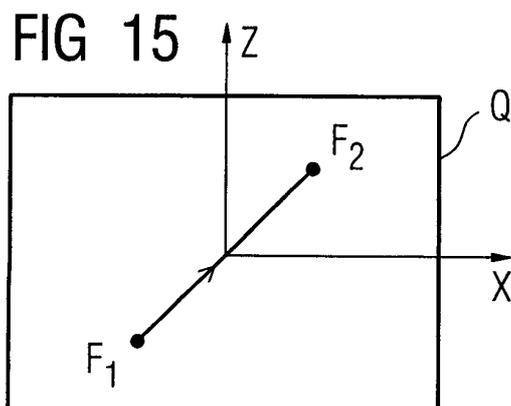
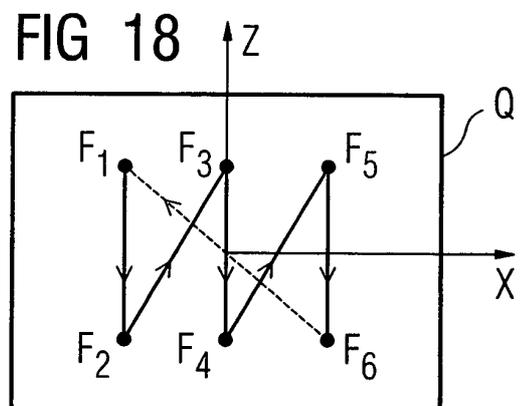
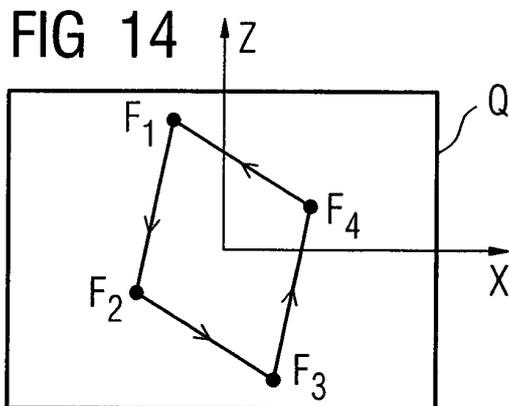
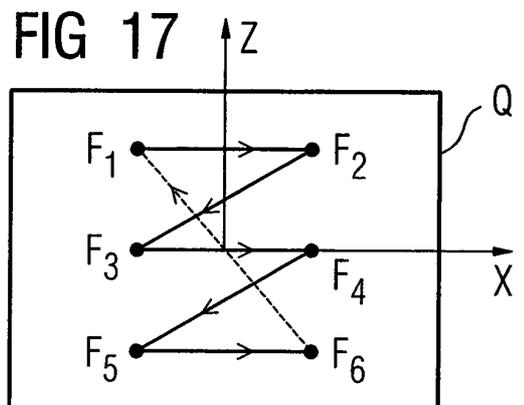
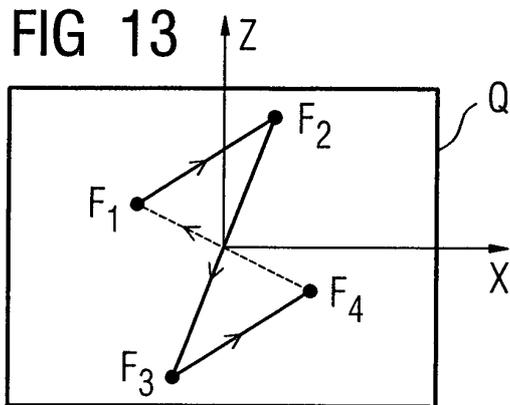
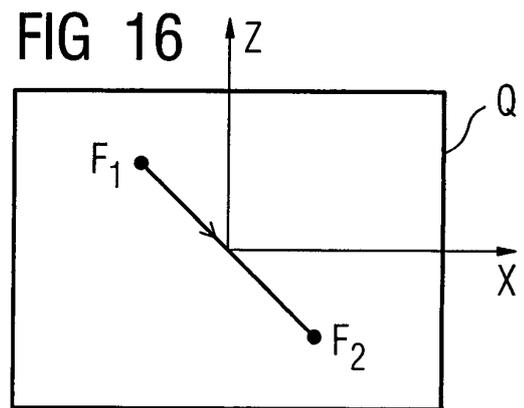
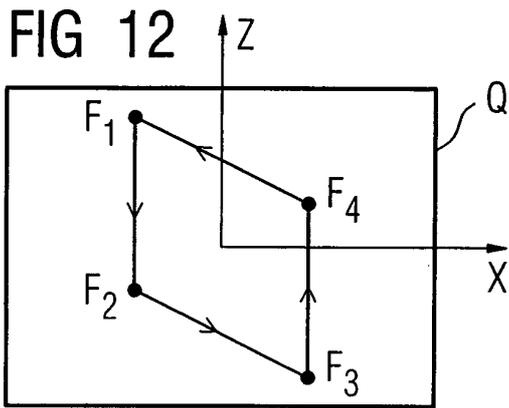


FIG 20

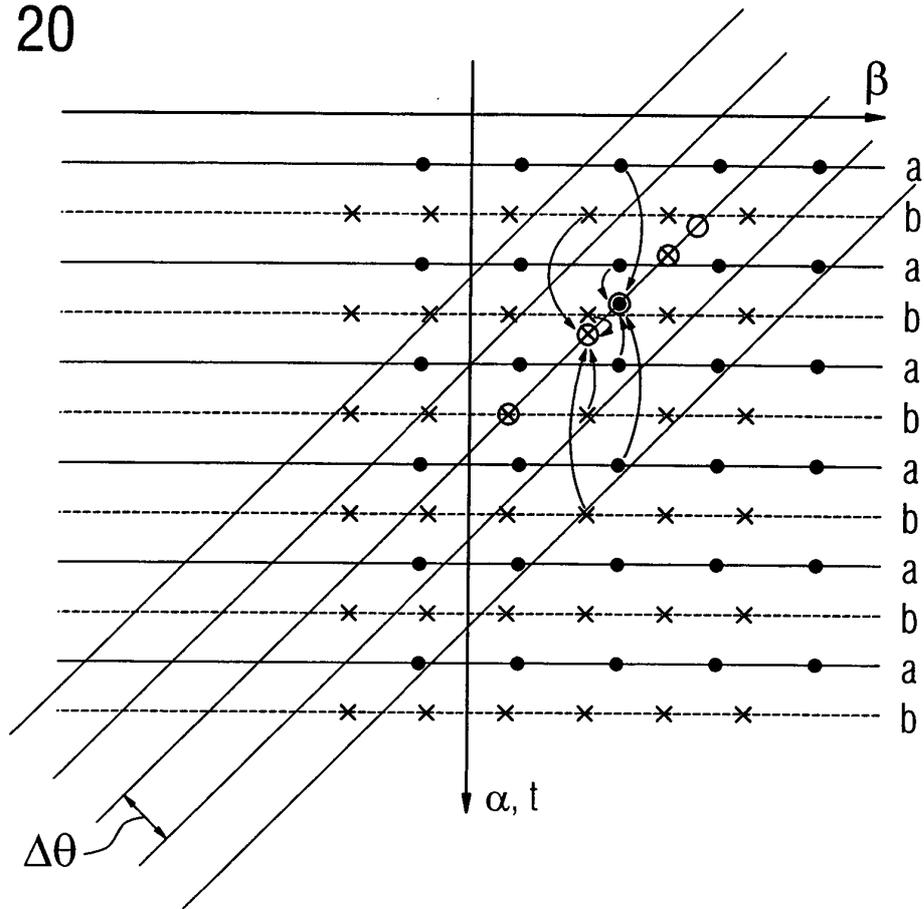


FIG 21

