



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 38 384 T2** 2009.04.02

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 004 271 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 6/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 38 384.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 308 991.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.05.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.04.2009**

(30) Unionspriorität:

200688 27.11.1998 US

(74) Vertreter:

Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, NL

(72) Erfinder:

Negrelli, Donald E., Ohio 44040, US

(54) Bezeichnung: **Tragesystem für Komponenten einer Röntgenbildgebungsanordnung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Bogenträgersysteme zum Einsatz in Röntgenbildgebungseinrichtungen und im Besonderen auf ein Roboterträgersystem zum Positionieren eines Paares aus Röntgenquelle und -rezeptor bezüglich einer Untersuchungsregion, um ein Röntgenstrahlenbündel zu erzeugen und durch die Untersuchungsregion zu senden. Die Erfindung findet insbesondere Anwendung im Zusammenhang mit Bildgebungs- oder Eingriffsprozeduren, die bisher mit Fluoroskopie-Röntgensystemen mit C-Bogen oder L/U-Bogen durchgeführt wurden, und wird unter besonderer Bezugnahme hierauf beschrieben. Es ist jedoch offensichtlich, dass die Erfindung auch auf ein breites Spektrum anderer medizinischer oder industrieller Bildgebungsgeräte anwendbar ist, die unter Verwendung von getrennt angeordneten Paaren aus Röntgenenergiequelle und -rezeptor funktionieren, um eine Region eines zwischen dem Paar aus Quelle und Rezeptor befindlichen Patienten oder eines anderen Objekts zu überwachen oder abzubilden.

[0002] In einigen Operationssälen wie denjenigen für vaskuläre Katheteroperationen wird eine Projektions-Röntgenbildgebungseinrichtung zusammen mit einem Operationstisch vorgesehen. Im Besonderen sind eine Röntgenröhre oder ein Röntgengenerator und ein Röntgendetektor an einem C-Bogen montiert, der so positioniert wird, dass ein Patient oder ein interessierender Bereich zwischen der Röntgenquelle und dem Rezeptor liegt. Die Röntgenquelle und der Rezeptor sind zur Auswahl einer Region und eines Winkels für die Projektionsbildgebung als eine Einheit drehbar und in der Längsrichtung verschiebbar. Nachdem der Chirurg die Röntgenquelle und den Detektor an die richtige Position gebracht hat, aktiviert er die Röntgenröhre, die Röntgenstrahlen während einer vorher ausgewählten Belichtungszeit durch den Patienten und auf den Röntgendetektor sendet. Die von dem Detektor empfangenen Röntgenstrahlen werden in elektrische Videobilddatensignale umgewandelt, die ein Projektions- oder Schattenbild wiedergeben. Das Projektions- oder Schattenbild wird elektronisch gespeichert oder auf einem Videomonitor angezeigt, der vom Arzt betrachtet werden kann.

[0003] Ein derartiges Bildgebungssystem nach dem Stand der Technik ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Wie gezeigt wird der C-Bogen C durch einen gekrümmten Trägerschlitten A neben einer Untersuchungsregion E getragen. Die Untersuchungsregion E kann durch die orthogonalen Achsen X, Y, und Z beschrieben werden. Ein röntgenstrahlendurchlässiger Lagertisch 10 wird so positioniert, dass eine interessierende Region eines auf dem Tisch liegenden Objekts in der Untersuchungsregion positioniert wird.

[0004] Die drehbare Trägerbaugruppe A umfasst eine drehbare Halterung oder Lagerung 14, die zur Drehung um die horizontale X-Achse an einem Ständer montiert ist. Die drehbare Halterung 14 kann beweglich an einer Führungsbahn oder einem anderen Mechanismus 18 befestigt sein, so dass auch eine Bewegung der Halterung in der Y- und der Z-Richtung möglich ist.

[0005] Der Mittelpunkt 22 des C-Bogens C ist drehbar an der Lagerung 14 angebaut. Der C-Bogen C legt zwei sich gegenüber liegende parallele Enden 24, 26 auf beiden Seiten des Untersuchungsbereichs E fest. Ein Detektor 28, beispielsweise ein Flachdetektor oder ähnliches, zum Detektieren von Röntgenstrahlung ist an dem ersten Ende 24 befestigt. Gebräuchliche Detektoren umfassen Festkörperbauteile, beispielsweise ein Raster aus amorphen Silizium-Detektorelementen, zum Erzeugen von Röntgenintensitätssignalen für jedes Element des Rasters. Eine Röntgenquelle 30 ist an dem zweiten Ende 26 des C-Bogens befestigt. Die Größe und der Umfang des C-Bogens C reichen aus, um den Detektor 28 und die Röntgenquelle 30 in einer genau wiederholbaren festen räumlichen Beziehung zu halten.

[0006] In dem dargestellten System ist der gekrümmte Trägerschlitten A so ausgelegt, dass er eine Drehbewegung der Röntgenquelle und des Detektors längs einem bogenförmigen Weg B gestattet, um die Ermittlung von linken und rechten vorderen Schrägbildansichten zu ermöglichen. Die Lagerung 14 ermöglicht die Ermittlung von kranialen und kaudalen Bildansichten. Zusammengesetzte vordere Schräg-, Kranial- und Kaudalansichten können ermittelt werden, indem das mechanische C-Bogen-Trägersystem C, der Trägerschlitten und die Lagerung in die geeigneten entsprechenden Positionen bewegt werden.

[0007] Aufgrund der Masse der Röntgenröhre und des Gewichts des Detektors, die an entgegengesetzten Enden der C-Bogen getragen werden, ist die gekrümmte Trägerbaugruppe so ausgelegt, dass sie eine angemessene Abstützung und Starrheit bietet, und ist daher groß und sperrig. In gleicher Weise ist die C-Bogenbaugruppe C notwendigerweise groß, damit ein zwischen der Röntgenquelle und dem Detektor befindlicher Patient von Kopf bis Fuß abgebildet werden kann.

[0008] Während der meisten Eingriffsprozeduren versperren der C-Bogen und der gekrümmte Trägerschlitten A aufgrund ihrer Größe den Zugang zum Patienten. Die wenig ansprechende Aufmachung des mechanischen Trägersystems kann im Operationssaal für Verwirrung sorgen, wenn der chirurgische Eingriff grobe Bewegungen der Komponenten erfordert, wenn es beispielsweise notwendig ist, zuerst den Kopfbereich und anschließend den Fußbereich des

Patienten abzubilden. Beim Einsatz des obigen mechanischen Systems ist außerdem die Drehung des C-Bogens C aus der in [Fig. 1](#) dargestellten vertikalen Ausrichtung in die linke oder rechte vordere Schrägansicht ungünstig und wenig komfortabel.

[0009] In dem Dokument US 4.139.776 wird ein System zur kreisförmigen und komplexen Tomographie mit Röntgenquellenmitteln und Röntgenrezeptormitteln, ersten und zweiten Ansteuerungsmitteln, ersten Schaltungsmitteln, Mitteln zum Erfassen der Winkelverschiebung von Strahlungsenergie und zweiten Schaltungsmitteln dargelegt. Die Strahlungsquelle und der Detektor werden synchron auf einer Bahn bewegt.

[0010] Es ist daher wünschenswert, ein virtuelles C-Bogen-Trägersystem mit der gesamten Funktionalität des oben beschriebenen C-Bogen-Systems nach dem Stand der Technik mit dem Schlitten und den Bahnbewegungen zu schaffen, jedoch ohne die sperrige und störende oben angeordnete drehbare Trägerbaugruppe oder das C-Bogenteil, das drehbar an der Trägerbaugruppe befestigt ist.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein virtuelles C-Bogen-Trägersystem zum Einsatz in einer Röntgenbildgebungseinrichtung mit einer Röntgenquelle, die so angepasst ist, dass sie ein Röntgenstrahlenbündel längs einem Weg durch eine Untersuchungsregion sendet, und einem Röntgendetektor geschaffen, der so angepasst ist, dass er das Röntgenstrahlenbündel empfängt und elektrische Signale erzeugt, die eine Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben. Das virtuelle C-Bogen-System umfasst ein erstes Positionssystem, das von der Funktion her mit der Röntgenquelle verbunden ist, um die Röntgenquelle selektiv an einer Vielzahl von ersten Positionen bezüglich der Untersuchungsregion zu positionieren. Ein zweites Positionssystem wird geschaffen, das von der Funktion her mit dem Röntgendetektor verbunden ist, um den Röntgendetektor an einer Vielzahl von zweiten Positionen bezüglich der Untersuchungsregion zu positionieren. Schließlich umfasst das virtuelle C-Bogen-Trägersystem eine Steuereinheit, die zumindest entweder das erste Positionssystem oder das zweite Positionssystem von der Funktion her steuert, um die Situation zu schaffen, dass an jeder der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen das von der Röntgenquelle längs dem Weg gesendete Röntgenstrahlenbündel die Untersuchungsregion durchquert und von dem Röntgendetektor erfasst wird, der die elektrischen Signale erzeugt, die die Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben, wobei die Steuereinheit (**60, 60'**) so angepasst ist, dass sie die Röntgenquelle (**44**) und den Röntgendetektor (**48**) zu der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen (**120, 122**) längs einem bogenförmigen Pfad bewegt, wobei eine räumliche

Beziehung zwischen dem Detektor und der Röntgenquelle festliegt.

[0012] Die Erfindung ermöglicht es, ohne den störenden oberen Trägerarm und die C-förmigen Strukturen auszukommen, die in Systemen nach dem Stand der Technik zu finden sind.

[0013] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) ein Diagramm eines C-Bogen-Röntgenbildgebungssystems nach dem Stand der Technik;

[0015] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild eines gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geschaffenen virtuellen C-Bogen-Roboterpositionssystems;

[0016] [Fig. 3](#) ein Diagramm der ersten und der zweiten Ausführungsformen der Erfindung, bei denen die Roboterarme in einer Park- oder Bereitschaftsposition dargestellt sind;

[0017] die [Fig. 4a–Fig. 4c](#) eine Draufsicht, eine Seitenansicht und eine Stirnansicht des Roboterpositionssystems für die Röntgenquelle und den Detektor gemäß der vorliegenden Erfindung in einer ersten Position;

[0018] die [Fig. 5a–Fig. 5c](#) eine Draufsicht, eine Seitenansicht und eine Stirnansicht des Roboterpositionssystems für die Röntgenquelle und den Detektor gemäß der vorliegenden Erfindung in einer zweiten Position;

[0019] die [Fig. 6a–Fig. 6c](#) eine Draufsicht, eine Seitenansicht und eine Stirnansicht des Roboterpositionssystems für die Röntgenquelle und den Detektor gemäß der vorliegenden Erfindung in einer dritten Position;

[0020] [Fig. 7](#) eine Seitenansicht des Roboterpositionssystems für die Röntgenquelle und den Detektor gemäß der vorliegenden Erfindung in einer vierten Position;

[0021] [Fig. 8](#) ein Blockschaltbild eines gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geschaffenen virtuellen C-Bogen-Roboterpositionssystems.

[0022] Mit Bezug nun auf die Zeichnungen zeigen die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ein gemäß der vorliegenden Erfindung geschaffenes virtuelles C-Bogen-Trägersystem **40**. Das Trägersystem umfasst ein erstes Positionssystem **42**, das von der Funktion her mit einer Röntgenquelle **44** verbunden ist, und ein zweites Po-

sitionssystem **46**, das von der Funktion her mit einem Röntgendetektor **48** verbunden ist. Das erste und das zweite Positionssystem sind jeweils so angepasst, dass sie die Röntgenquelle bzw. den Detektor selektiv in einem Spektrum von Positionen bezüglich der Untersuchungsregion positionieren. Zu diesem Zweck umfasst das erste Positionssystem **42** eine erste bewegliche Bogenbaugruppe **50** mit einem ersten Ende **52**, das an einer ersten Position bezüglich einer Untersuchungsregion E fest gehalten wird. Ein freies Ende **54** der ersten beweglichen Bogenbaugruppe **50** ist für die direkte mechanische Verbindung mit der Röntgenquelle **44** angepasst. Die bewegliche Bogenbaugruppe umfasst mehrere drehbare, ausfahrbare und schwenkbare Armsegmente **56**, die weiter unten ausführlicher beschrieben werden, und ein Servopositionsregelsystem **58** zum Steuern der Bewegung und Positionierung der beweglichen Bogenbaugruppe **50** als Reaktion auf Steuersignale **57**, die von einer Steuereinheit **60** erzeugt werden.

[0023] In gleicher Weise umfasst das zweite Positionssystem **46** gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine zweite bewegliche Bogenbaugruppe **70** mit einem ersten Ende **72**, das an einer zweiten Position bezüglich der Untersuchungsregion E fest gehalten wird, und einem freien Ende **74**, das für die direkte mechanische Verbindung mit dem Röntgendetektor **48** angepasst ist. Die zweite bewegliche Bogenbaugruppe **72** umfasst mehrere drehbare, ausfahrbare und schwenkbare Armsegmente **76**, die weiter unten ausführlicher beschrieben werden, und ein zweites Servopositionsregelsystem **78**, das auf zweite Steuersignale **77**, die von einer Steuereinheit **60** erzeugt werden, reagiert, indem es die zweite bewegliche Bogenbaugruppe bewegt und den Röntgenrezeptor bezüglich der Untersuchungsregion E und der Röntgenquelle positioniert.

[0024] Gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung funktionieren das erste und das zweite Positionssystem **42**, **46** unabhängig voneinander jedoch gesteuert von der Steuereinheit **60**. Die Steuereinheit steuert die Funktionen beider Positionssysteme derart, dass sie eine vorher festgelegte räumliche Beziehung zwischen der Röntgenquelle und dem Detektor für ein Spektrum mit Positionen dieser Bauteile bezüglich der Untersuchungsregion aufrechterhält. Das Spektrum mit Positionen umfasst alle Positionen, die bisher von den oben beschriebenen C-Bogensystemen mit Trägerschritten nach dem Stand der Technik ermöglicht wurden.

[0025] Eine Joystickereinheit **62** ist mit der Steuereinheit **60** verbunden. Ein Paar Joystickhebel **61**, **63** ermöglicht es einer Bedienperson, Bewegungs- und Positionsbefehle zu erteilen. Der Joystick erzeugt Angulationssignale **64** für ein Röntgenstrahlenbündel, die von der Steuereinheit **60** dazu verwendet werden, die von den beweglichen Bogenbaugruppen

gehaltenen Röntgenquelle und Detektor zu verschiedenen geeigneten Positionen bezüglich der Untersuchungsregion zu bewegen, um Röntgenbilder eines Patienten zu erzielen. Eine Positionsanzeigeeinrichtung **66** ist mit der Steuereinheit verbunden und erzeugt menschenlesbare Indices, die die Position und die Ausrichtung der von dem ersten und dem zweiten Positionssystem gehaltenen Röntgenquelle und des entsprechenden Detektors angeben.

[0026] Mit besonderem Bezug nun auf [Fig. 3](#) sind die erste und die zweite bewegliche Bogenbaugruppe **50**, **70** jeweils in ihrer Park- oder Bereitschaftsposition bezüglich des Patientenlagerungstisches **10** und der Untersuchungsregion E dargestellt. Ferner zeigt die Figur mehrere drehbare, ausfahrbare und schwenkbare Armsegmente von jedem der ersten und zweiten beweglichen Bogenbaugruppe im Detail. In dieser Hinsicht umfasst die erste bewegliche Bogenbaugruppe **50** eine drehbare Basiseinheit **80**, das wie gezeigt ein Drehgelenk **82** trägt. Ein Paar teleskopisch ausfahrbarer Armglieder **84**, **86** werden von dem Drehgelenk **82** getragen. Das obere ausfahrbare Armglied **86** ist mit einem zweiten Drehgelenk **88** verbunden, das wiederum drehbar an einem Trägeranschlussstück **90** für die Röntgenquelle befestigt ist. Wie dargestellt ist das Trägeranschlussstück **90** für die direkte mechanische Verbindung mit der Röntgenquelle **44** angepasst. Die mehreren Armsegmente **56** der ersten Roboterarmbaugruppe **50** sind in den in der Figur durch Pfeile angegebenen Richtungen beweglich.

[0027] Die Bewegung von jedem der drehbaren Glieder **80**, **90** sowie der Gelenkglieder **82**, **88** und der ausfahrbaren Armglieder **84**, **86** wird vorzugsweise von einem oder mehreren elektrischen Positionsmotoren (nicht dargestellt) angeregt, die mit ihren entsprechenden beweglichen Gliedern oder Gelenken mit Hilfe von geeigneten Getrieben, Scheiben (nicht dargestellt) und ähnlichem verbunden sind. Zusätzlich ist jedes der drehbaren, schwenkbaren und ausfahrbaren Glieder von der Funktion her einem oder mehreren Rückkopplungseinrichtungen zugeordnet, die einen Satz mit entsprechenden Rückkopplungs-Positionssignalen **59** ([Fig. 2](#)) erzeugen, die von der Steuereinheit dazu verwendet werden, Positionssteuerbefehle **57** zu erzeugen.

[0028] Bei der ersten bevorzugten Ausführungsform werden die Positionssteuersignale von der Steuereinheit basierend auf einer Differenz zwischen der von der Joystickereinheit **62** abgeleiteten gewünschten Position und einer von den Rückkopplungssignalen abgeleiteten tatsächlichen Position erzeugt. Die Positionssteuerbefehle werden von den (nicht dargestellten) elektrischen Positionsmotoren dazu verwendet, die mehreren Armsegmente **56** der ersten beweglichen Bogenbaugruppe **50** von der Funktion her anzusteuern, so dass die Röntgenquelle und der De-

tektor in geeigneter Weise positioniert und bezüglich der Untersuchungsregion richtig ausgerichtet werden.

[0029] Weiterhin mit Bezug auf [Fig. 3](#) wird die zweite bewegliche Bogenbaugruppe **70** vorzugsweise als Spiegelbild der ersten beweglichen Bogenbaugruppe **50** ausgelegt. In dieser Hinsicht umfasst die zweite bewegliche Bogenbaugruppe ein erstes festes Ende **72**, das wie gezeigt an der Decke über dem röntgenstrahlendurchlässigen Lagerungstisch **10** hängt. Eine drehbare Basiseinheit **100** trägt ein erstes Drehgelenk **102**, das seinerseits mit einem Paar ausfahrbarer Armglieder **104**, **106** verbunden ist. Das äußere ausfahrbare Armglied **106** ist an einem zweiten Drehgelenk **108** befestigt, das seinerseits drehbar mit einem Trägeranschlussstück **110** für den Röntgendetektor verbunden ist. Das Trägeranschlussstück für den Röntgendetektor ist wie gezeigt für die direkte mechanische Verbindung mit dem Röntgendetektor **48** angepasst.

[0030] Wie die oben dargelegte erste bewegliche Bogenbaugruppe **50** umfasst die zweite bewegliche Bogenbaugruppe **70** eine Gruppe elektrischer Positionsmotoren (nicht dargestellt), vorzugsweise einen an jeder Bewegungsschnittstelle, zur Positionierung des Röntgendetektors in einem Spektrum von zweiten Ausrichtungen bezüglich der Untersuchungsregion. Zusätzlich ist jedes der drehbaren, schwenkbaren und ausfahrbaren Glieder der zweiten beweglichen Bogenbaugruppe **70** von der Funktion her einer oder mehreren Rückkopplungseinrichtungen (nicht dargestellt) zugeordnet, die Rückkopplungs-Positionssignale **79** ([Fig. 2](#)) erzeugen, die von der Steuereinheit dazu verwendet werden, Positionsteuersignale **77** zu erzeugen. Die Positionsteuersignale werden von der Steuereinheit basierend auf einer Differenz zwischen der von dem Röntgenstrahl-Angulationssignal **64** abgeleiteten gewünschten Position und einer von den Rückkopplungssignalen **57** und **77** abgeleiteten tatsächlichen Position der Röntgenquelle und des Detektors erzeugt. Die Positionsteuerbefehle werden von den (nicht dargestellten) elektrischen Positionsmotoren dazu verwendet, die mehreren Armsegmente **76** der zweiten beweglichen Bogenbaugruppe **70** von der Funktion her anzusteuern, so dass der Röntgendetektor in geeigneter Weise positioniert und bezüglich der Untersuchungsregion und der Röntgenquelle **44** richtig ausgerichtet wird.

[0031] Die [Fig. 4a–Fig. 4c](#) zeigen die schematische Draufsicht, Seitenansicht und Stirnansicht des virtuellen Roboter-C-Bogen-Trägersystems **40** in einer ersten Betriebsposition gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es ist zu sehen, dass das Paar aus Röntgenquelle und Detektor durch die Betätigung des ersten Joysticks **61** in die gezeigte Richtung von der in [Fig. 3](#) dargestellten Bereitschaftsposition zu einem Satz aus ers-

ten und zweiten Positionen **120**, **122** bezüglich der Untersuchungsregion bewegt wurde.

[0032] Wie oben angemerkt wird das Röntgenstrahl-Angulationssignal von der Joystickeinrichtung **62** ([Fig. 2](#)) erzeugt und von der Steuereinheit **60** dazu verwendet, das erste bzw. das zweite Steuersignal **57** bzw. **77** zu erzeugen. Die Steuersignale werden von dem ersten und dem zweiten Servosystem **58**, **78** so interpretiert, dass sie das von dem ersten und dem zweiten Positionssystem getragene Paar aus Röntgenquelle und Detektor an ihren Platz bewegen, wie es in den [Fig. 4a–c](#) dargestellt ist. Zusätzlich dazu ist die Steuereinheit **60** so angepasst, dass sie das erste und das zweite Steuersignal so erzeugt, dass die Röntgenquelle und die Detektoren gleichzeitig auf koordinierte Art an ihren Platz bewegt werden. Im Besonderen wird in den [Fig. 4a–Fig. 4c](#) die Röntgenquelle **44** längs einem bogenförmigen Weg **124** zum Fußende des Lagerungstisches **10** bewegt, so dass der Zentralstrahl des Röntgenstrahlenbündels einen Röntgenweg **126** festlegt, der durch das Isozentrum **128** verläuft und gleichzeitig einen konstanten Abstand d von dem Isozentrum behält. Der Röntgendetektor wird basierend auf den zweiten Steuersignalen **77** von der Steuereinheit **60** längs einem bogenförmigen Weg **130** an die gezeigte zweite Position **122** bewegt, so dass der Rezeptor einen konstanten Abstand r von dem Isozentrum **128** behält und gleichzeitig eine senkrechte Beziehung zwischen der flachen Seite des Detektors und dem Zentralstrahl des Röntgenstrahlenbündels beibehält, der den Röntgenweg **126** festlegt.

[0033] Gemäß den [Fig. 4a–c](#) bewirkt daher die Bewegung des ersten Joysticks **61** in die gezeigte Richtung, dass die erste und die zweite bewegliche Bogenbaugruppe das Paar aus Röntgenquelle und Detektor zu einer Vielzahl von Sätzen mit ersten und zweiten Positionen bezüglich der Untersuchungsregion und dem Patientenlagerungstisch bewegen, damit kraniale und kaudale Röntgenbilder erzeugt werden können. Die Steuereinheit reagiert vorzugsweise auf die Bewegung des ersten Joysticks, indem sie die Röntgenquelle und den Detektor bewegt, bis der erste Joystick zu seiner neutralen oder Mittelposition zurückgeführt wird oder als Alternative bis die Quelle oder der Detektor das Ende der mechanischen Bahn erreicht hat.

[0034] Mit Bezug nun auf die [Fig. 5a–c](#) ist das Paar aus Röntgenquelle und Detektor in einem zweiten Satz mit ersten bzw. zweiten Positionen **140**, **142** dargestellt. Wie es am besten in [Fig. 5a](#) gezeigt ist, wird der erste Joystick **61** zur linken Seite des Patientenlagerungstisches **10** bewegt. Eine derartige Bewegung des Joysticks erzeugt ein Röntgenstrahl-Angulationssignal, das von der Steuereinheit dazu verwendet wird, das erste und das zweite Positionssystem zu veranlassen, ein Bewegung auszuführen, die

die Röntgenquelle längs einem ersten bogenförmigen Pfad **144** zur rechten Seite des Patienten auf dem Tisch führt und gleichzeitig einen konstanten Abstand d vom Isozentrum **128** beibehält. In gleicher Weise wird der Röntgendetektor längs einem zweiten bogenförmigen Pfad **150** zur linken Seite des Patientenlagerungstisches bewegt, behält gleichzeitig einen konstanten Abstand r vom Isozentrum **128** bei und wird so ausgerichtet, dass eine Fläche des Röntgendetektors senkrecht zum Röntgenweg **146** steht.

[0035] Die Bewegung des ersten Joysticks **61** in der in den **Fig. 5a–c** gezeigten Richtung gestattet es, die Röntgenquelle und den Detektor in eine Vielzahl von Sätzen aus ersten und zweiten Positionen bezüglich des Patientenlagerungstisches und der Untersuchungsregion auszurichten, um ein Spektrum mit Röntgenbildern von linken und rechten vorderen Schrägansichten erzeugen zu können.

[0036] Als nächstes mit Bezug auf die **Fig. 6a–c** ist das Paar aus Röntgenquelle und Detektor in einem dritten Satz mit ersten und zweiten Positionen **170**, **172** bezüglich des Patientenlagerungstisches und der Untersuchungsregion dargestellt. In diesen Figuren wurde das Paar aus Quelle und Detektor durch Betätigung des ersten Joysticks **61** von der in **Fig. 3** dargestellten Bereitschaftsposition aus in eine in den Figuren durch einen Pfeil und einen Pfeilschwanz gekennzeichnete zusammengesetzte Richtung bewegt. Im Besonderen wird der erste Joystick **61** zum Bewegen der Quelle und des Detektors zu den dargestellten Positionen mit einem Winkel bezüglich des Kopfes und der rechten Seite des Patientenlagerungstisches bewegt. Dadurch wird eine zusammengesetzte Angulation des Röntgenweges durch die Untersuchungsregion erzeugt.

[0037] Während der erste Joystick in die gezeigte Position bewegt wird, wird die Röntgenquelle **44** längs einem bogenförmigen Pfad **174** zur linken Seite und dem Fußende des Patientenlagerungstisches geführt, wobei der Röntgenweg **146** zum Isozentrum **128** zentriert bleibt. Der bogenförmige Pfad **174** legt einen konstanten Abstand d zwischen der Röntgenquelle und dem Isozentrum fest. Während die Röntgenquelle in die gezeigte Position bewegt wird, wird der Röntgendetektor gleichzeitig von dem zweiten Positionssystem längs einem zweiten bogenförmigen Pfad **180** bewegt, gleichzeitig ein konstanter Abstand r vom Isozentrum **128** beibehalten und der Detektor senkrecht und zentriert zum Röntgenweg **146** gehalten.

[0038] Der dritte Satz mit ersten und zweiten Positionen **170**, **172** der Röntgenquelle und des Detektors ist nützlich für die Erzeugung von Röntgenbildern mit zusammengesetzter Angulation eines auf einem Patientenlagerungstisch liegenden Patienten. Der dritte Satz mit Positionen gestattet die Ermittlung von Rönt-

genbildern mit zusammengesetzten vorderen Schräg-, Kranial- und Kaudalansichten.

[0039] Mit Bezug nun auf **Fig. 7** ist die Einrichtung der vorliegenden Erfindung in einer Betriebsart dargestellt, die eine Veränderung des Abstands zwischen Röntgenquelle und Rezeptor (engl. source-to-image distance, SID) gestattet. Wie dort gezeigt wird der zweite Joystick **63** vertikal nach oben und nach unten bewegt, um den genannten SID-Wert zu vergrößern bzw. zu verkleinern. Im Besonderen werden, wenn der zweite Joystick **63** vom Bediener vertikal nach unten bewegt wird, die Röntgenquelle und der Detektor jeweils näher zueinander bewegt, um den SID-Wert **190** zwischen Röntgenquelle und Rezeptor zu reduzieren. Es wird lediglich der Röntgendetektor zur Röntgenquelle hin oder von ihr weg bewegt, um einen konstanten Abstand d zwischen der Röntgenquelle und dem Isozentrum **128** des Röntgenstrahlenbündels aufrechtzuerhalten.

[0040] Die zweite bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 8** dargestellt, in der ein virtuelles C-Bogen-Trägersystem **40'** ein erstes Positionssystem **42** umfasst, das von der Funktion her mit einer Röntgenquelle **44'** verbunden ist, und ein zweites Positionssystem **46'** umfasst, das von der Funktion her mit einem Röntgendetektor **48'** verbunden ist. In der dargestellten zweiten Ausführungsform ist lediglich das erste Positionssystem so angepasst, dass es auf Steuersignale **57'** von der Steuereinheit **60'** reagiert. Das zweite Positionssystem **46'** ist lediglich ein mechanisches Trägersystem mit mehreren beweglichen Einheiten, die von der Funktion her einer oder mehreren Rückkopplungseinrichtungen zugeordnet sind, um Rückkopplungspositionssignale **79'** zu erzeugen, die von der Steuereinheit dazu verwendet werden, die Positionssteuersignale **67'** zu erzeugen.

[0041] Außerdem ist in der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Joystickereinheit **62** nicht enthalten. Für den Einsatz des Systems ergreift der Chirurg lediglich das zweite Positionssystem **46'** und den von ihm getragenen Röntgendetektor oder bewegt es anderweitig manuell in die gewünschte Position bezüglich des Patienten oder des Lagerungstisches. Das virtuelle C-Bogen-Trägersystem **40'** funktioniert so, dass es die erforderlichen Steuersignale **57'** erzeugt, um die Röntgenquelle **44'** in geeigneter Weise bezüglich des Detektors zu positionieren und auszurichten und geeignete Röntgenbilder zu erzeugen.

[0042] Das erste Positionssystem **42'** umfasst eine erste bewegliche Bogenbaugruppe **50'** mit einem ersten Ende, das an einer ersten Position bezüglich der Untersuchungsregion fest gehalten wird. Ein freies Ende der ersten beweglichen Bogenbaugruppe **50'** ist für die direkte mechanische Verbindung mit der Röntgenquelle **44'** angepasst. Die bewegliche Bo-

genbaugruppe umfasst mehrere drehbare, ausfahrbare und schwenkbare Armsegmente **56**, die vorzugsweise weitgehend identisch mit den oben im Zusammenhang mit der ersten bevorzugten Ausführungsform beschriebenen Segmenten sind. Die erste bewegliche Bogenbaugruppe umfasst ein Servopositionsregelsystem **58** zum Steuern der Bewegung und Positionierung der beweglichen Bogenbaugruppe **50** als Reaktion auf Steuersignale **57**, die von der Steuereinheit **60** erzeugt werden.

[0043] In gleicher Weise umfasst das zweite Positionssystem **46** gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine zweite bewegliche Bogenbaugruppe **70**, die weitgehend identisch mit dem oben im Zusammenhang mit der ersten bevorzugten Ausführungsform beschriebenen zweiten Positionssystem ist. Wie oben angemerkt ist die zweite bewegliche Bogenbaugruppe jedoch lediglich eine Art Rückkopplungssystem, und dementsprechend reagiert sie nicht auf Steuersignale von der Steuereinheit. Das zweite Positionssystem erzeugt stattdessen Rückkopplungssignale **79** vom Röntgendetektor, die die Steuereinheit **60** nutzt, um die Röntgenquelle in geeigneter Weise bezüglich dem manuell positionierbaren Röntgendetektor und der Untersuchungsregion zu positionieren.

[0044] Gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung funktioniert lediglich das erste Positionssystem **42** gesteuert von der Steuereinheit **60**. Das zweite Positionssystem **46** wird manuell bewegt. Die Steuereinheit steuert lediglich die Funktionen des ersten Positionssystems und erhält eine vorher festgelegte räumliche Beziehung zwischen der Röntgenquelle und dem manuell beweglichen Detektor innerhalb eines Spektrums mit Positionen dieser Einheiten bezüglich der Untersuchungsregion aufrecht.

[0045] Weiterhin gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist jeder der oben im Zusammenhang mit den **Fig. 4–Fig. 7** beschriebenen Sätze mit ersten und zweiten Positionen des Paares aus Röntgenquelle und Detektor in der zweiten Ausführungsform durchführbar, indem der Röntgendetektor einfach manuell in die gewünschte Position ausgerichtet wird. In der zweiten Ausführungsform wird die Röntgenquelle automatisch als Reaktion auf die manuelle Anordnung des Röntgendetektors bewegt.

[0046] Das dargestellte virtuelle C-Bogen-Roboterpositionssystem weist eine Anzahl von Vorteilen auf. Der Hauptvorteil liegt in einem besseren Zugang zum Patienten. Die Röntgenquelle und der Detektor werden an Punkten unterhalb bzw. oberhalb des Patienten getragen und gestatten einen ungehinderten seitlichen Zugang zum Patienten. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Röntgenquelle von einem mehr-

achsigen Dreharm getragen wird, der am Fußboden unter dem Patientenlagerungstisch befestigt ist, und dass der Röntgendetektor von einem zweiten mehrachsigen Roboterarm getragen wird, der an der Decke über dem Patientenlagerungstisch hängt. Diese Anordnung bietet einen maximalen Zugang zum Patienten, und die Roboterarme machen die gesamten Röntgenbildgebungssysteme besonders nützlich bei Eingriffsprozeduren. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Röntgenbildgebungseinrichtung kleiner als die Bildgebungseinrichtungen nach dem Stand der Technik ist.

Patentansprüche

1. Trägersystem zum Einsatz in einer Röntgenbildgebungseinrichtung mit einer Röntgenquelle (**44**), die so angepasst ist, dass sie ein Röntgenstrahlenbündel längs einem Weg (**126**) durch eine Untersuchungsregion (E) sendet, und einem Röntgendetektor (**48**), der so angepasst ist, dass er das Röntgenstrahlenbündel empfängt und elektrische Signale erzeugt, die eine Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben, wobei das Trägersystem Folgendes umfasst: ein erstes Positionssystem (**42**), das von der Funktion her mit der Röntgenquelle (**44**) verbunden ist, um die Röntgenquelle selektiv an einer Vielzahl von ersten Positionen (**120**) bezüglich der Untersuchungsregion (E) zu positionieren, ein zweites Positionssystem (**46**), das von der Funktion her mit dem Röntgendetektor (**48**) verbunden ist, um den Röntgendetektor (**48**) an einer Vielzahl von zweiten Positionen (**122**) bezüglich der Untersuchungsregion (E) zu positionieren, und eine Steuereinheit (**60**), die zumindest entweder das erste Positionssystem (**42**) oder das zweite Positionssystem (**46**) von der Funktion her steuert, um die Situation zu schaffen, dass an jeder der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen das von der Röntgenquelle (**44**) längs dem genannten Weg (**126**) gesendete Röntgenstrahlenbündel die Untersuchungsregion (E) durchquert und von dem Röntgendetektor (**48**) erfasst wird, der die genannten elektrischen Signale erzeugt, die die Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben, wobei die Steuereinheit (**60, 60'**) so angepasst ist, dass sie die Röntgenquelle (**44**) und den Röntgendetektor (**48**) zu der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen (**120, 122**) längs einem bogenförmigen Pfad bewegt, wobei eine räumliche Beziehung zwischen dem Detektor und der Röntgenquelle festliegt.

2. Trägersystem nach Anspruch 1, wobei das erste Positionssystem (**42**) auf ein erstes Steuersignal (**57**) reagiert, indem es basierend auf dem ersten Befehlsignal (**57**) die Röntgenquelle (**44**) bezüglich der Untersuchungsregion (E) bewegt, wobei das zweite Positionssystem (**46**) auf ein zweites Steuersignal (**77**) reagiert, indem es basierend auf dem zweiten Befehlssignal (**77**) den Röntgendetektor (**48**) be-

züglich der Untersuchungsregion (E) bewegt, und wobei die Steuereinheit (60) sowohl das erste Positionssystem (42) als auch das zweite Positionssystem (46) von der Funktion her steuert und so angepasst ist, dass sie selektiv das genannte erste und das genannte zweite Steuersignal (57, 77) erzeugt, um die Röntgenquelle (44) und den Röntgendetektor (48) an einer Vielzahl von Sätzen aus ersten bzw. zweiten Positionen mit relativer Ausrichtung zueinander auf gegenüber liegenden Seiten der Untersuchungsregion positioniert, so dass das von der Röntgenquelle längs dem genannten Weg (126) gesendete Röntgenstrahlenbündel die Untersuchungsregion (E) durchquert und von dem auf dem genannten Weg (126) angeordneten Röntgendetektor (48) erfasst wird, der die genannten elektrischen Signale erzeugt, die die Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben.

3. Trägersystem nach Anspruch 2, wobei das erste Positionssystem (42) eine erste bewegliche Bogenbaugruppe mit einem ersten Ende (52), das an einer ersten Position bezüglich der Untersuchungsregion (E) fest gehalten wird, und einem freien Ende (54) ist, das so angepasst ist, dass es mit der Röntgenquelle (44) verbunden werden kann, wobei die erste bewegliche Bogenbaugruppe (50) auf das genannte erste Steuersignal von der Steuereinheit (60) reagiert, indem sie die Röntgenquelle (44) selektiv bezüglich der Untersuchungsregion (E) positioniert, und wobei das zweite Positionssystem (46) eine zweite bewegliche Bogenbaugruppe (70) mit einem ersten Ende (72), das an einer zweiten Position bezüglich der Untersuchungsregion (E) fest gehalten wird, und einem freien Ende (74) ist, das so angepasst ist, dass es mit dem Röntgendetektor (48) verbunden werden kann, wobei die zweite bewegliche Bogenbaugruppe (70) auf das genannte zweite Steuersignal von der Steuereinheit (60) reagiert, indem sie den Röntgendetektor (48) selektiv bezüglich der Untersuchungsregion (E) positioniert.

4. Trägersystem nach Anspruch 3, wobei die erste bewegliche Bogenbaugruppe (50) eine erste aus mehreren Segmenten bestehende Roboterarmbaugruppe (56) mit einem Servopositionsregelsystem (58) umfasst, die mit der ersten aus mehreren Segmenten bestehenden Roboterarmbaugruppe (50) so zusammenwirkt, dass sie selektiv die Röntgenquelle (44) zu der genannten Vielzahl von ersten Positionen (120) bezüglich der Untersuchungsregion (E) bewegt als Reaktion auf das genannte erste Positionssignalsignal (57) von der Steuereinheit (60), und wobei die zweite bewegliche Bogenbaugruppe (70) eine zweite aus mehreren Segmenten bestehende Roboterarmbaugruppe (76) mit einem Servopositionsregelsystem (78) umfasst, die mit der zweiten aus mehreren Segmenten bestehenden Roboterarmbaugruppe (70) so zusammenwirkt, dass sie selektiv den Röntgendetektor (48) zu der genannten Vielzahl von zwei-

ten Positionen (122) bezüglich der Untersuchungsregion (E) bewegt als Reaktion auf das genannte zweite Positionssignalsignal (77) von der Steuereinheit (60).

5. Trägersystem nach Anspruch 4, wobei die Steuereinheit (60) einen von einer Bedienerperson betätigten Joystick (61) umfasst, um ein Angulationssignal (64) für ein Röntgenstrahlenbündel zu erzeugen, wobei die Steuereinheit (60) so angepasst ist, dass sie den Weg des Röntgenstrahlenbündels angegebene Signale (66) erzeugt, die den genannten Weg (126) des Röntgenstrahlenbündels durch die Untersuchungsregion (E) repräsentieren, wobei das erste Ende (52) der ersten aus mehreren Segmenten bestehenden Roboterarmbaugruppe (50) auf dem Boden steht und bezüglich eines zur Untersuchungsregion (E) benachbarten Patientenlagerungstisches (10) fest gehalten wird, und wobei das erste Ende (72) der zweiten aus mehreren Segmenten bestehenden Roboterarmbaugruppe (70) an der Decke hängt und bezüglich eines zur Untersuchungsregion (E) benachbarten Patientenlagerungstisches (10) fest gehalten wird.

6. Trägersystem nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Steuereinheit (60) auf ein von einer von der Funktion her zugeordneten externen Quelle (61) empfangenes Angulationssignal (64) für das Röntgenstrahlenbündel reagiert, indem sie den genannten Weg des Röntgenstrahlenbündels steuert, indem sie das genannte erste und das genannte zweite Steuersignal (57, 77) erzeugt, so dass der Weg des Röntgenstrahlenbündels dem Angulationssignal (64) für das Röntgenstrahlenbündel entspricht.

7. Trägersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das erste Positionssystem (42) auf ein erstes Steuersignal (57) reagiert, indem es die Röntgenquelle (44') bezüglich der Untersuchungsregion (E) bewegt, wobei das zweite Positionssystem (46') so angepasst ist, dass es ein Rückkopplungssignal (79') zur Ausrichtung des Röntgendetektors erzeugt, das die relative Ausrichtung zwischen dem von dem zweiten Positionssystem (46') getragenen Röntgendetektor (48') und der genannten Untersuchungsregion darstellt, und wobei die Steuereinheit (60') das erste Positionssystem (42') von der Funktion her steuert und so angepasst ist, dass sie selektiv das genannte erste Steuersignal (57') erzeugt, um die Röntgenquelle (44') zu positionieren, um den Weg (126') des durch die Untersuchungsregion (E) gesendeten Röntgenstrahlenbündels basierend auf dem genannten Rückkopplungssignal (79') zur Ausrichtung des Röntgendetektors zu steuern, um die Röntgenquelle (44') und den Röntgendetektor (48') in relativer Ausrichtung zu halten, so dass das von der Röntgenquelle längs dem genannten Weg ausgesendete Röntgenstrahlenbündel die Untersuchungsregion durchquert und von dem Röntgendetektor erfasst wird.

8. Trägersystem nach Anspruch 7, wobei das erste Positionssystem (42') eine erste bewegliche Bogenbaugruppe (50') mit einem ersten Ende (52'), das an einer ersten Position bezüglich der Untersuchungsregion (E) fest gehalten wird, und einem freien Ende (54') ist, das so angepasst ist, das es mit der Röntgenquelle (44') verbunden werden kann, wobei die erste bewegliche Bogenbaugruppe (50') auf das genannte erste Steuersignal (57') von der Steuereinheit reagiert, indem sie die Röntgenquelle (44') selektiv bezüglich der Untersuchungsregion (E) positioniert, und wobei das zweite Positionssystem (46') eine zweite bewegliche Bogenbaugruppe (70') mit einem ersten Ende (72'), das an einer zweiten Position bezüglich der Untersuchungsregion fest gehalten wird, und einem freien Ende (74') ist, das so angepasst ist, das es mit dem Röntgendetektor (48') verbunden werden kann, wobei die zweite bewegliche Bogenbaugruppe (70') manuell von einer Bedienerperson bewegt wird, um den Röntgendetektor (48') selektiv bezüglich der Untersuchungsregion (E) zu positionieren.

9. Trägersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Steuereinheit (60, 60') von der Funktion her mindestens entweder das erste Positionssystem (42, 42') oder das zweite Positionssystem (46, 46') steuert, um eine vorher festgelegte räumliche Beziehung zwischen der Röntgenquelle (44) und dem Röntgendetektor (48) aufrecht zu erhalten.

10. Trägersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei es die genannte Steuereinheit (60, 60'), die so angepasst ist, dass sie die Röntgenquelle (44) und den Röntgendetektor (48) zu der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen (120, 122) bewegt, gestattet, dass die Röntgenbildgebungseinrichtung eine linke vordere Schrägansicht eines in der Untersuchungsregion liegenden menschlichen Körpers, eine rechte vordere Schrägansicht eines in der Untersuchungsregion liegenden menschlichen Körpers, eine kaudale Ansicht eines in der Untersuchungsregion liegenden menschlichen Körpers und eine kraniale Ansicht eines in dem Untersuchungsbe- reich liegenden menschlichen Körpers erzeugt.

11. Verfahren zum Tragen einer Röntgenquelle und eines Röntgendetektors zum Einsatz in einer Röntgenbildgebungseinrichtung mit einer Röntgenquelle (44), die so angepasst ist, dass sie ein Röntgenstrahlenbündel längs einem Weg (126) durch eine Untersuchungsregion (E) sendet, und einem Röntgendetektor (48), der so angepasst ist, dass er das Röntgenstrahlenbündel empfängt und elektrische Signale erzeugt, die eine Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben, wobei das Trageverfahren folgende Schritte umfasst: das Verwenden eines ersten Positionssystems (42), das von der Funktion her mit der Röntgenquelle (44) verbunden ist, das selektive Positionieren der Röntgenquel-

le (44) an einer Vielzahl von ersten Positionen (120) bezüglich der Untersuchungsregion (E), das Verwenden eines zweiten Positionssystems (46), das von der Funktion her mit dem Röntgendetektor (48) verbunden ist, das selektive Positionieren des Röntgendetektors (48) an einer Vielzahl von zweiten Positionen (122) im Verhältnis zur Untersuchungsregion (E), und das Verwenden einer Steuereinheit (60), die zumindest entweder das erste Positionssystem (42) oder das zweite Positionssystem (46) von der Funktion her steuert, um die Situation zu schaffen, dass an jeder der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen (120, 122) das von der Röntgenquelle (44) längs dem genannten Weg (126) gesendete Röntgenstrahlenbündel die Untersuchungsregion (E) durchquert und von dem Röntgendetektor (48) erfasst wird, der die genannten elektrischen Signale erzeugt, die die Intensität des empfangenen Röntgenstrahlenbündels angeben, das Bewegen der Röntgenquelle (44) und des Röntgendetektors (48) zu der genannten Vielzahl von ersten und zweiten Positionen (120, 122) längs einem bogenförmigen Pfad, wobei eine räumliche Beziehung zwischen dem Detektor und der Röntgenquelle festliegt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Steuerns das Steuern von mindestens entweder dem ersten Positionssystem (42, 42') oder dem zweiten Positionssystems (46, 46') umfasst, um die genannte festgelegte räumliche Beziehung zwischen der Röntgenquelle (44) und dem Röntgendetektor (48) aufrecht zu erhalten.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

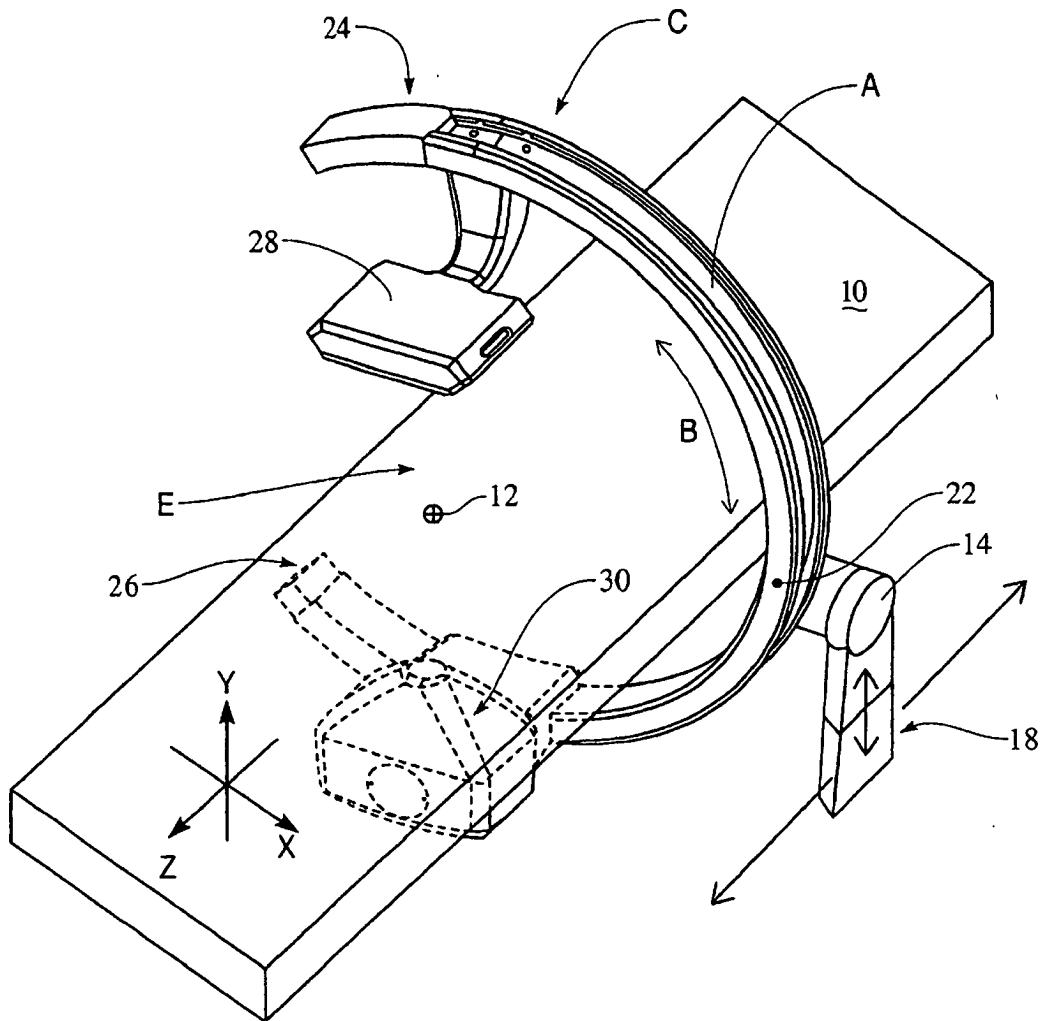


Fig.1

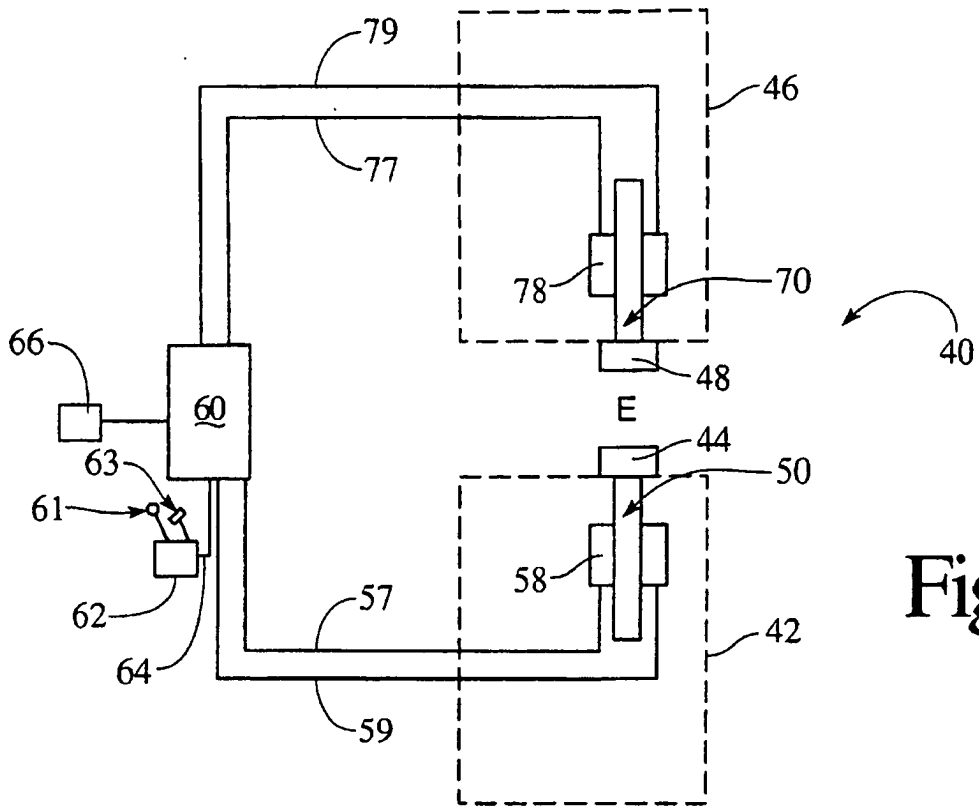


Fig. 2

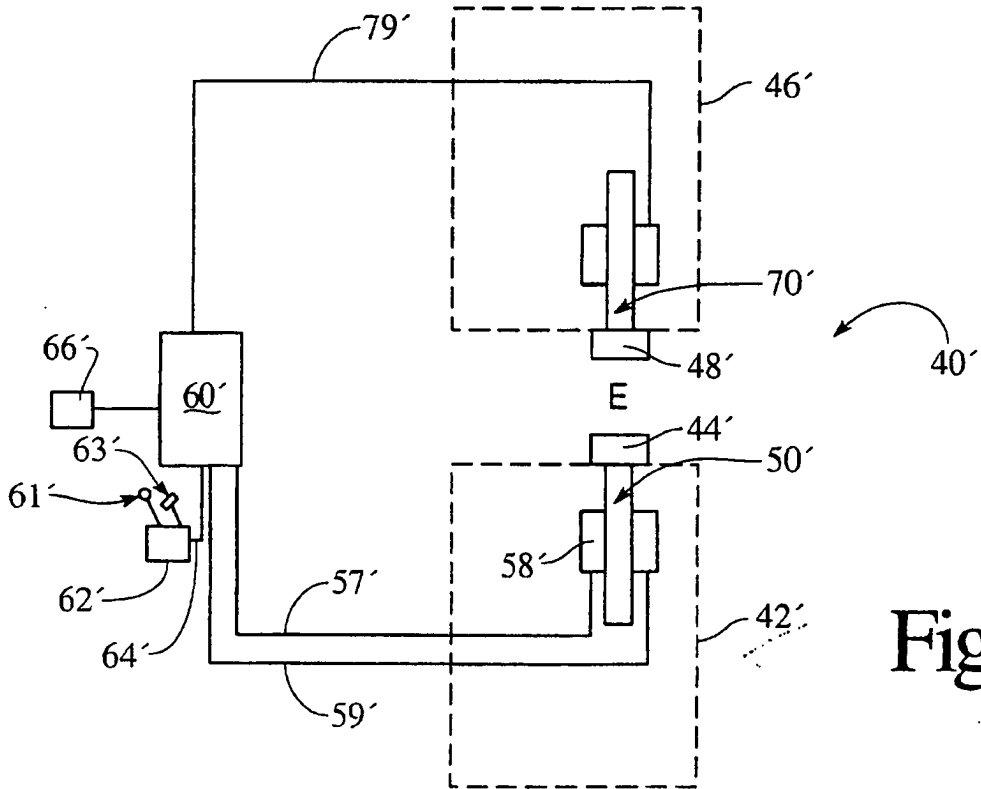


Fig. 8

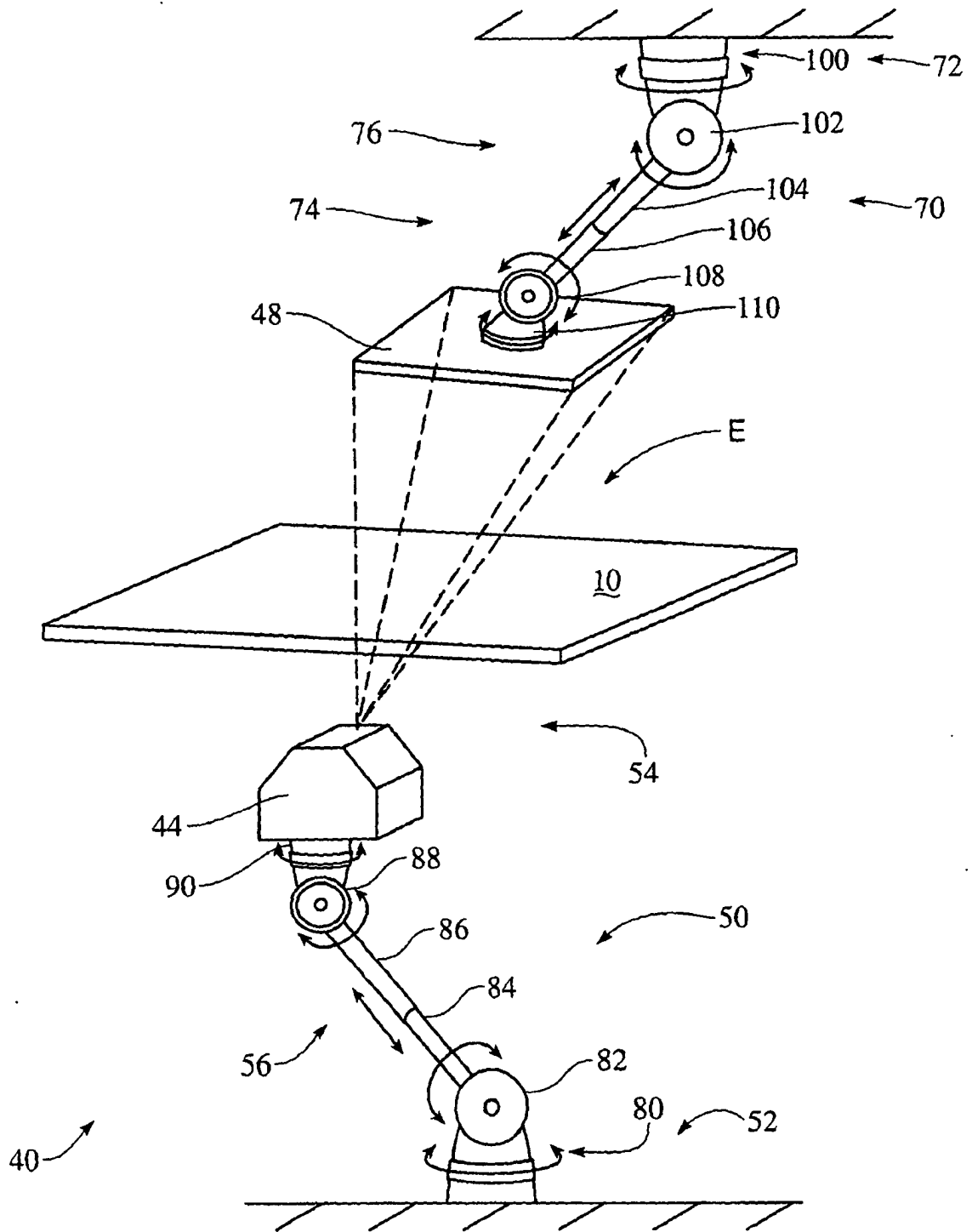


Fig. 3

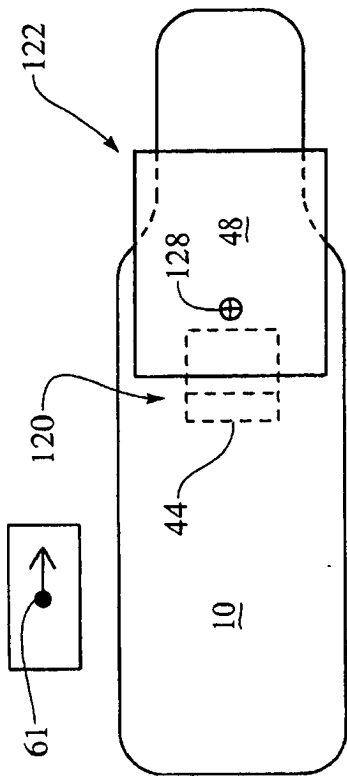


Fig. 4a

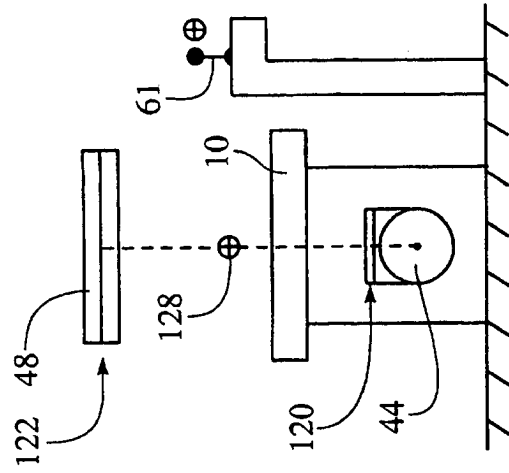


Fig. 4c

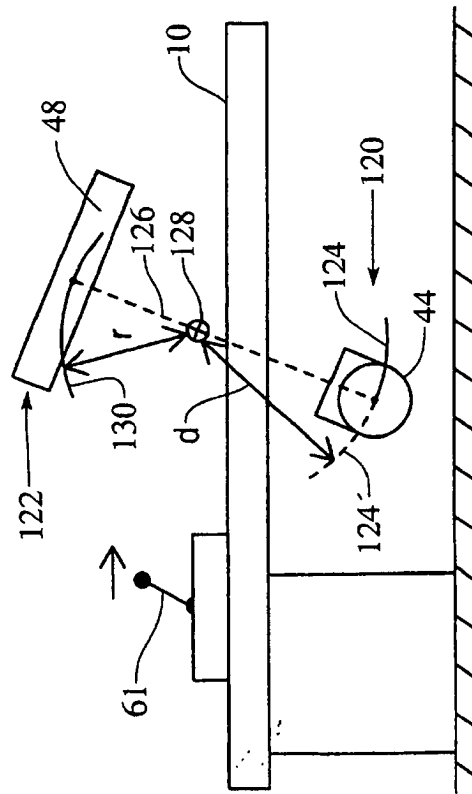


Fig. 4b

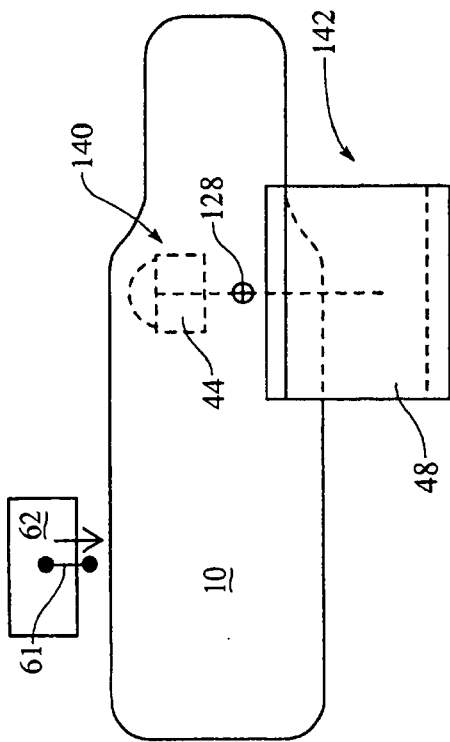


Fig. 5a

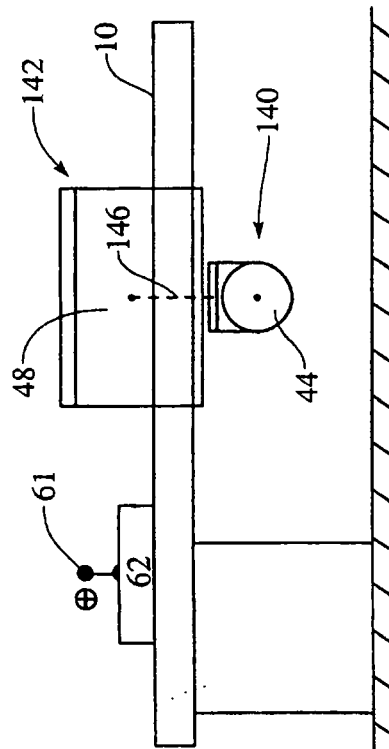


Fig. 5b

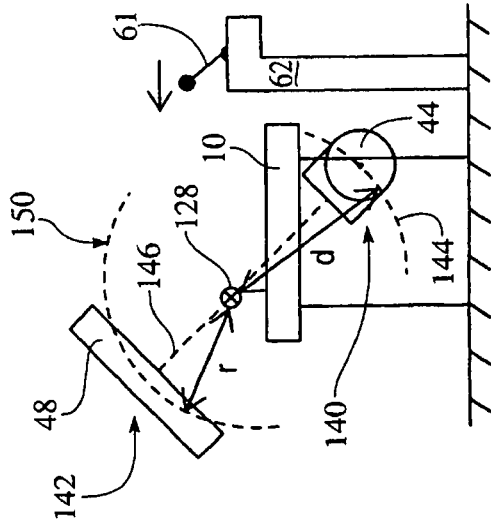


Fig. 5c

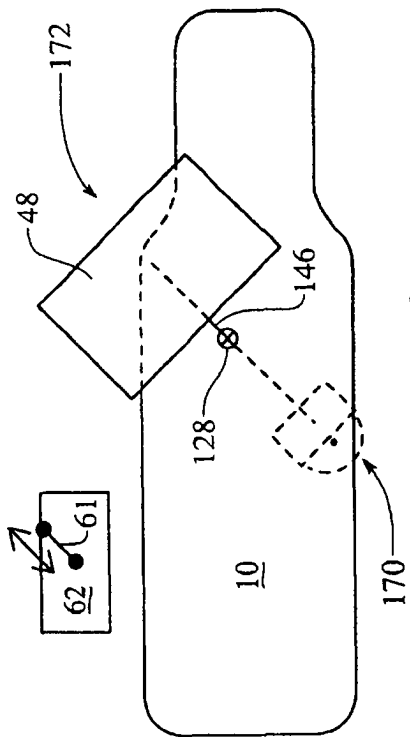


Fig. 6a

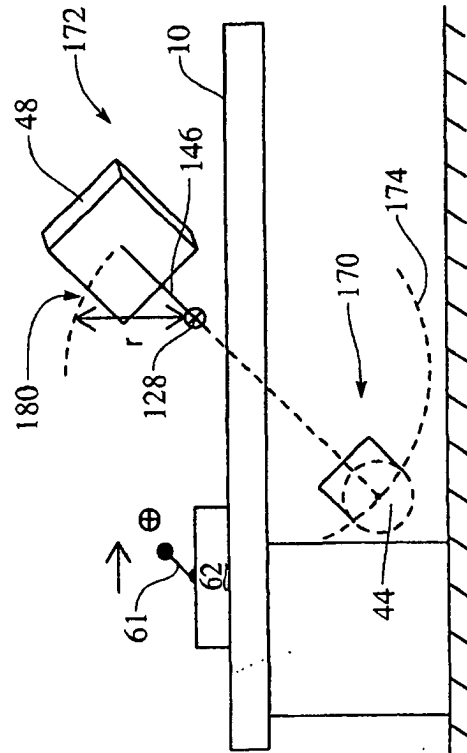


Fig. 6b

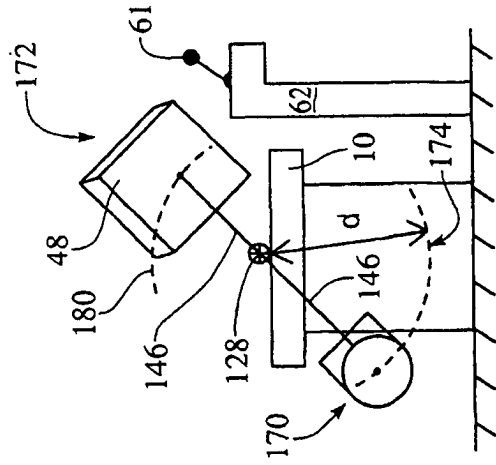


Fig. 6c

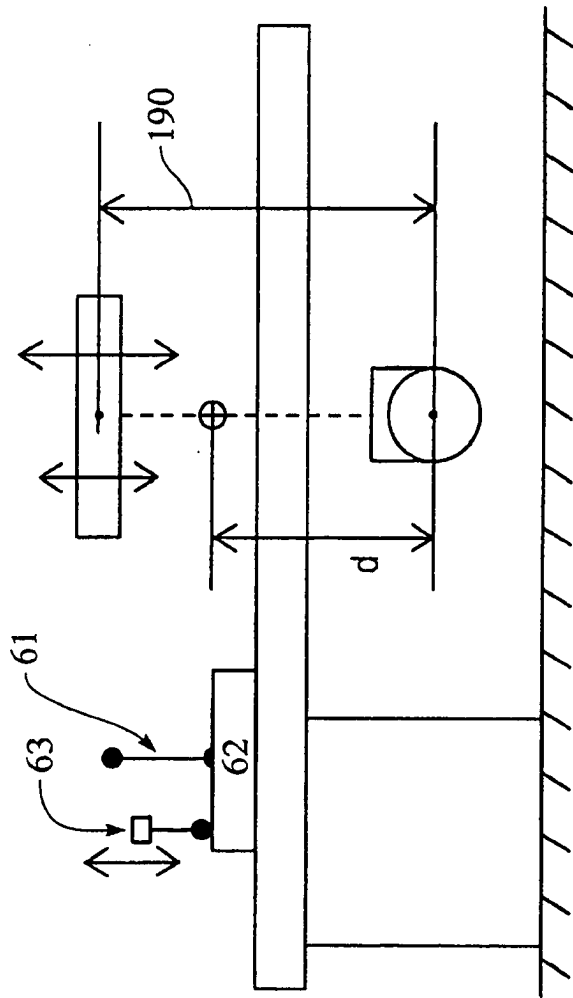


Fig.7