(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 39 329 B4** 2006.10.26

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 39 329.6**
(22) Anmeldetag: **10.08.2001**
(43) Offenlegungstag: **13.03.2003**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **26.10.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 23/04*** (2006.01)
A61B 6/00 (2006.01)
H05G 1/02 (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:
Ziehm Imaging GmbH, 90451 Nürnberg, DE

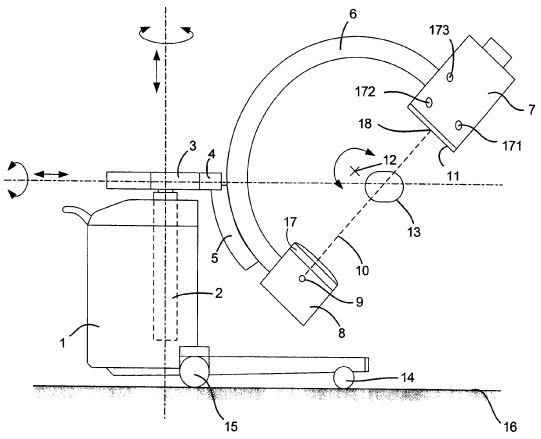
(74) Vertreter:
Czybulka, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 81667 München

(72) Erfinder:
Schweikard, Achim, Prof. Dr., 20253 Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 42 39 825 C1
DE 199 50 793 A1
DE 198 56 537 A1
DE 198 56 536 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen, wobei der Zusammenhang zwischen Parametern, welche die mechanische Verwindung der Röntgendiagnostikeinrichtung beschreiben, und Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, in einem Kalibriervorgang ermittelt wird, derart, dass während des Betriebs der Röntgendiagnostikeinrichtung ein Parameterdatensatz mit Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, an einen Steuerrechner übermittelt wird, der Daten zur Beschreibung der Verwindung rekonstruiert, wobei anschließend oder in Echtzeit die aus der Verwindung resultierenden Effekte ausgeglichen werden, wobei mittels Messaufnehmern die Kräfte gemessen werden, welche aufgrund der Verwindung in die Konstruktion eingebracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Kräfte mittels eines oder mehrerer an funktionell geeigneten Stellen des C-Bogens angebrachter Dehnungsmessstreifen gemessen werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem mehrfach verstellbaren C-Bogen, an dem wenigstens eine Röntgenstrahlenquelle und wenigstens ein Röntgenstrahlenempfänger einander gegenüberliegend angeordnet sind.

[0002] Röntgendiagnostikeinrichtungen mit einem C-Bogen sind bekannt. So befindet sich beispielsweise in der Produktpalette der Anmelderin eine stationäre Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen. Es sind auch Röntgendiagnostikeinrichtungen mit einem C-Bogen bekannt, die auf einem Wagen angeordnet ist.

[0003] In herkömmlichen Anwendungen von C-Bogen-Systemen werden Bilder von Untersuchungsobjekten erstellt und visuell ausgewertet. Dadurch wird z.B. während einer Operation der Sitz von Implantaten oder die genaue Lage von Knochenfragmenten nach Knochenbrüchen ermittelt. Diesen Anwendungen ist gemeinsam, dass Röntgenbilder lediglich visuell betrachtet werden.

[0004] Dass Röntgenbilder, die mit einem C-Bogen-System aufgenommen wurden, auf Grund der Lage des C-Bogens relativ zum Erdmagnetfeld verzeichnet sind, ist bekannt. Diese Verzeichnungseigenschaften der Bilder (Kissen-, Tonnenverzeichnungen etc.) wirken sich jedoch so aus, dass eine exakte Lageberechnung von Untersuchungsgegenständen im Rechner wesentlich erschwert wird.

[0005] Ziel von Systemen zur Computer-assistierten Navigation ist es, Bilder hinsichtlich der relativen räumlichen Lagebeziehungen von Untersuchungsgegenständen (Grössenverhältnisse, Abstände etc.) mit Computern auszuwerten.

Stand der Technik

[0006] In der DE 198 07 884 A1, den "Proceedings Int. Symp. Computer Assisted Radiology (CAR)", Paris (1995) 721-728 und Tokyo (1998) 716-722 sowie in dem Artikel von Gosse et al. "Roboterunterstützung in der Knieendoprothetik", Orthopädie 26 (1997) 258-265 wird ein Kalibrierverfahren vorgeschlagen, bei dem die positionsabhängigen Verzeichnungen der Bilder im Magnetfeld durch Anbringen eines geeigneten Kalibrierkörpers am Sichtfenster des C-Bogens berechnet werden. Die Verzerrungen, die durch das Erdmagnetfeld entstehen, liegen im Bereich von einigen mm (typischerweise bis zu 6 mm) für herkömmliche C-Bogeneinrichtungen. Durch die Berechnung vom Bildern, die in dieser Weise entzerrt wurden, ergibt sich die Möglichkeit einer rechnergestützten Weiterverarbeitung der Röntgenbilder in einfacheren Anwendungen.

[0007] Komplexere Anwendungen von Computer-assistierten Verfahren erfordern allerdings eine Genauigkeit, die weit über der Genauigkeit liegt, die durch eine einfache Entzerrung der Bilder erreichbar ist.

[0008] Die Konstruktionsziele aller Röntgendiagnostikeinrichtungen mit einem C-Bogen sind, dass der Abstand und die relative Position zwischen Röntgenstrahlenempfänger und Röntgenstrahlenquelle konstant sind, und dass bei Verschieben des C-Bogens in einer Halterung längs des Umfanges des C-Bogens die Anordnung aus Röntgenstrahlenempfänger und Röntgenstrahlenquelle um den Mittelpunkt des kreissegmentförmigen C-Bogens gedreht wird, wobei der Drehpunkt nicht zwangsläufig auf der Achse des Zentralstrahls zwischen dem Fokus der Röntgenstrahlenquelle und dem Mittelpunkt des Eingabefensters des Röntgenstrahlenempfängers liegen muss.

[0009] In der Praxis werden die Konstruktionsziele nur näherungsweise erreicht: Einerseits weisen sämtliche mechanische Komponenten der Röntgendiagnostikeinrichtung eine bestimmte Elastizität auf, die in Kombination mit den Massen der Komponenten, insbesondere des C-Bogen-Profils, des Röntgenstrahlenempfängers und der Röntgenstrahlenquelle in Abweichungen von den Anforderungen an Abstand und relative Position resultieren. Hinzu kommen mögliche Abweichungen der C-Bogen-Form von einem Kreis, die mechanischen Toleranzen in der Halterung sowie die mechanischen Spannungen im C-Bogen, die durch die Halterung erzeugt werden.

[0010] Geht man beispielsweise davon aus, dass das Untersuchungsobjekt in der Mitte zwischen dem Fokus der Röntgenstrahlenquelle und dem Eingangsfenster des Röntgenstrahlenempfängers angeordnet ist, so ist durch die geometrische Röntgenoptik eine Vergrößerung um einen Faktor 2 gegeben. Der Fokus der Röntgenstrahlenquelle muss daher mit einer Genauigkeit von 0.5mm bezüglich eines mit dem Eingangsfenster des Röntgenstrahlenempfängers verbundenen Koordinatensystems festliegen, wenn insgesamt submillimetrische Genauigkeit erreicht werden soll.

[0011] Bedingt durch das üblicherweise verwendete U-Profil für einen C-Bogen, wie es allgemein bekannt ist, weist dieser eine relativ hohe mechanische Steifigkeit bei Krafteinwirkungen in der C-Bogen-Ebene auf. Hingegen ist die Stabilität eines derartigen C-Bogens gegenüber Verwindung eingeschränkt. Von allen in der Praxis auftretenden mechanischen Veränderungen der C-Bogen-Geometrie, wirkt sich eine Verschiebung des Fokus der Röntgenstrahlenquelle in einer Ebene senkrecht zur Hauptstrahlenachse

gravierend auf die Abbildungsgenauigkeit aus.

[0012] Aus der DE 199 50 793 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen gemäß dem Patentanspruch 1 bekannt. Gemäß dieser Offenlegungsschrift wird der Zusammenhang zwischen Parametern, welche die mechanische Verbindung der Diagnostikeinrichtung beschreiben und Kenngrößen, die mit der Verwindung des C-Bogens korrespondieren, in einem Kalibrierverfahren ermittelt. Dies erfolgt so, dass während des Betriebes der Diagnostikeinrichtung ein Parameterdatensatz mit Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, an einen Steuerrechner übermittelt wird, der Daten zur Beschreibung der Verwindung rekonstruiert, wobei anschließend oder in Echtzeit die aus der Verwindung resultierenden Effekte ausgeglichen werden. Mit Hilfe von wenigstens zwei Kameras sowie einer zum Teil röntgendichten Markerplatte, die in geometrisch bestimmter Weise relativ zu der Röntgenstrahlenquelle bzw. zu deren Fokus angeordnet ist, kann stets die aktuelle Position des Fokus der Röntgenstrahlenquelle ermittelt werden. Zudem ist es gemäß diesem Dokument möglich, mit Hilfe einer Markerplatte, die mehrere röntgendichte Marken aufweist, mit Hilfe eines Rechners Abbildungsparameter zu bestimmen und zu korrigieren, die den geometrischen Bezug zwischen der Röntgenstrahlenquelle und dem Röntgenstrahlenempfänger angeben.

[0013] Für die Bestimmung der Abbildungseigenschaften ist somit ein komplexes System aus Kameras und verschiedenen Markerplatten notwendig, um die Verwindungen der Diagnostikeinrichtung und insbesondere des C-Bogens und daraus den Ort der Bildquelle zu bestimmen.

[0014] Aus der DE 42 398 25 C1 ist ein Röntgendiagnostikgerät mit einem C-Bogen bekannt, bei dem Stellmittel, z.B. elektromechanische Antriebe vorgesehen sind, die eine Verstellung der Röntgenstrahlenquelle bzw. des Empfängers derart bewirken, dass der Zentralstrahl der Röntgenstrahlenquelle auf eine Verschwenkung immer auf das Zentrum eines Leuchtschirmes trifft. Zur Detektion der räumlichen Ausrichtung der Röntgenstrahlenquelle und des Empfängers sind z.B. bekannte Wegaufnehmer am C-Boten vorgesehen.

[0015] Aus der DE 198 56 537 A1 ist eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen bekannt, die kalibriert wird, indem die Position von am Röntgenstrahler und/oder am Bildverstärker angeordneten geometrisch bekannten Kalibrationskörpern zum Gehäuse des Bildverstärkers und/oder des Röntgenstrahlers berechnet wird. Bei Röntgenaufnahmen, in denen die Kalibrationskörper ebenfalls abgebildet sind, werden dann die Abbildungseigenschaften der Diagnostikeinrichtung mit dem C-Bogen berechnet, wobei Verzerrungen in diesen Röntgenaufnahmen korrigiert werden.

[0016] Gemäß der DE 198 56 536 A1 wird eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen dadurch kalibriert, dass ein Referenzbild in einer Referenzausrichtung des C-Bogens aufgenommen wird und darin die Positionen von am Bildverstärker und/oder Röntgenstrahler angeordneten und abgebildeten Kalibrationskörpern bestimmt werden. Die entsprechenden Positionen einer Röntgenaufnahme eines Patienten werden dann mit den Positionen der Kalibrationskörper im Referenzbild verglichen, wobei aus den Differenzen dieser Positionen die in der Röntgenaufnahme eines Patienten auftretenden Verzerrungen korrigiert werden.

[0017] Bei all den bekannten Verfahren wird somit eine Kalibration vorgenommen, bei der Referenzbilder, röntgendichte Kalibrationskörper, Kameras und Rechner verwendet werden.

Aufgabenstellung

[0018] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, für die Bestimmung der Abbildungseigenschaften der Diagnostikeinrichtung ein einfacheres Verfahren anzugeben, das insbesondere ohne röntgendichte Kalibrationskörper oder Referenzbilder auskommt.

[0019] Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung für ein Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

[0020] Demgemäß werden die in die Konstruktion der Diagnostikeinrichtung eingebrachten Kräfte, die eine Verwindung der Diagnostikeinrichtung bewirken, mittels eines oder mehrerer an funktionell geeigneten Stellen des C-Bogens angebrachter Dehnungsmessstreifen gemessen. Die Ausgangssignale der Dehnungsmessstreifen korrelieren eindeutig mit der Verwindung der Konstruktion der Diagnostikeinrichtung, wodurch es möglich ist, ohne zusätzliche auszuwertende Referenzbilder und ohne Kalibrationskörper die Abbildungseigenschaften der Diagnostikeinrichtung eindeutig zu bestimmen. Dadurch, dass Kalibrationskörper vermieden werden, erscheinen diese auch nicht mehr im Bild einer Röntgenaufnahme eines Patienten als mehr oder minder störende Artefakte.

[0021] Mit der Erfindung können alle Möglichkeiten einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen, wie beispielsweise das Einblenden, der elektrische Zoom oder die Bilddrehung, verwendet werden, ohne dass die Funktionalität im Zusammenhang mit einem CAS (Computer Aided System)-/CAR-System beeinträchtigt wird. Zudem ist der Ausgleich der Verwindungseigenschaften unabhängig von der Berechnung der magnetischen Verzeichnung möglich, so-

dass Ungenauigkeiten durch Wechselwirkung der beiden Effekte weitestgehend vermieden werden.

[0022] Mit der Erfindung wird der Zusammenhang zwischen Parametern, welche die mechanische Verwindung beschreiben und Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, in einem Kalibriervorgang ermittelt, wobei während des Betriebs der Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen, ein Parameterdatensatz mit Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, an einen Steuerrechner übermittelt wird, der Daten zur Beschreibung der Verwindung rekonstruiert, wobei anschließend oder in Echtzeit die aus der Verwindung resultierenden Effekte ausgeglichen werden.

[0023] Die Dehnungsmessstreifen können zur Messung der Spannungen und Kräfte, die von Detektor oder Quelle eingekoppelt werden, und/oder zur Bestimmung der räumlichen Lage aus Gravitationskräften und/oder zur Lagebestimmung aus den Winkelwerten des C-Bogens an den C-Bogen verwendet werden, wobei die Daten der Dehnungsmessstreifen an einen Steuerrechner übermittelt werden.

[0024] Zudem kann erfindungsgemäß zusätzlich noch ein dreidimensionaler Kalibrierturm in den Strahlengang der Röntgendiagnostikeinrichtung mit C-Bogen gebracht werden. Der Kalibrierturm enthält röntgendichte Marken (z.B. kleine Metallobjekte), deren Lage relativ zueinander vermessen ist. Für eine Serie von unterschiedlichen Stellungen des C-Bogens werden Bilder des Kalibrierturms erfasst. Mit dem Kalibrierturm kann errechnet werden, wie die mechanische Verwindung die Röntgenquelle gegenüber dem Röntgendetektor auslenkt. Zur Beschreibung dieser Auslenkung werden Zahlenwerte benutzt, welche die räumliche Auslenkung der Quelle, bezogen auf ein Koordinatensystem, welches starr dem Röntgendetektor zugeordnet ist, beschreiben.

[0025] Für eine Serie von Stellungen des C-Bogens wird erfindungsgemäß mit dem Kalibrierturm die jeweilige Auslenkung der Röntgenquelle ermittelt. Demzufolge werden jeder Stellung die Werte der Dehnungsmessstreifen zugeordnet. Damit können die an den Dehnungsmessstreifen gemessenen Kräfte in Beziehung zu den jeweiligen stellungsabhängigen Auslenkungen der Quelle gesetzt werden.

[0026] Während des eigentlichen Anwendungsbetriebs der Röntgendiagnostikeinrichtung mit C-Bogen ist der Kalibrierturm störend, so dass die Auslenkung allein aus den Werten der Dehnungsmessstreifen ermittelt wird. Zu dieser Berechnung werden die gemessenen Werte der Dehnungsmessstreifen an den Steuerrechner z.B. über die Datenschnittstelle des C-Bogens (z.B. DICOM-Format) übermittelt, und dazu passende Auslenkungsparameter durch einen Interpolationsalgorithmus bestimmt. Wurden also beispielsweise zwei Dehnungsmessstreifen benutzt, und wurden für die aktuelle Stellung Werte d1 beim ersten bzw. d2 beim zweiten Dehnungsmessstreifen gemessen, und liegen rechnerseitig die Werte d1, d2 zwischen Werten m1a und m1b bzw. m2a und m2b (d.h. m1a <= d1 <= m1b und m2a <= d2 <= m2b), wobei die Werte m1a, m1b, m2a, m2b während des Kalibriervorgangs gemessen wurden, so werden die Auslenkungsparameter für die aktuelle Stellung (entsprechend d1, d2) durch Interpolation berechnet.

[0027] Wesentlich für die Sicherheit des Verfahrens ist die Übermittlung einer Kennung des C-Bogens. D.h. dem Steuerrechner werden Daten übermittelt, die für das jeweilige C-Bogengerät spezifisch sind, um so zu vermeiden, dass ein falsches Modell der Auslenkungseigenschaften benutzt wird.

[0028] Die Sicherheit des Gesamtverfahrens lässt sich durch redundante Zusatzmessungen erhöhen. So kann im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zusätzlich zu den Dehnungsmessstreifen ein sogenannter künstlicher Horizont benutzt werden, der die räumliche Stellung des C-Bogens der Röntgendiagnostikeinrichtung misst und die gemessenen Werte an den Leitrechner übermittelt.

[0029] Durch entweder einen Datensatz (Dehnungsmessstreifen oder Horizontdaten) oder beide Datensätze (Horizontdaten und Dehnungsmessdaten) kann im Steuerrechner jeweils auf die spezifischen Auslenkungsdaten bzw. Verwindungsdaten rückgeschlossen werden. Weiterhin ist die Art der Ausführung der Dehnungsmessstreifen für das erfindungsgemäße Verfahren unerheblich, d.h. es können handelsübliche Messaufnehmer zur Messung der Spannungen und Kräfte, die von Detektor oder Quelle in das Profil eingekoppelt werden, wie auch Messaufnehmer zur Bestimmung der räumlichen Lage aus Gravitationskräften und Messaufnehmer zur Lagebestimmung aus den Winkelwerten des C-Bogens, verwendet werden.

[0030] Damit stehen dem Steuerrechner alle Daten zur genauen Berechnung der Projektionsgeometrie der C-Bogen-Kamera zur Verfügung, wobei diese Berechnung auch in Echtzeit durchführbar ist.

[0031] In der oben beschriebenen Ausführungsform wird der Kalibrierturm am Röntgendetektor angebracht und vermessen. Alternativ dazu kann jedoch ein Kalibrierobjekt auch an der Röntgenquelle angebracht werden. Damit können Daten, die mit der Ver-windung korrelieren, aus der Lage der Kalibrierobjekte im Röntgenbild ermittelt werden.

[0032] Ein an der Quelle angebrachtes Kalibrierobjekt kann in den Strahlengang hineinbewegt, und danach wieder herausgezogen werden. Dies ist möglich, weil in typischen C-Bogen-Konstruktionen im

Gehäuse der Quelle noch Platz für einen Antrieb und einen solchen Kalibrierkörper ist. Der in der Quelle angebrachte Kalibrierkörper kann damit im C-Bogen verbleiben, und muss zu etwaigen Neukalibrierungen nicht eigens separat beim Benutzer des C-Bogens verwahrt werden. Der in der Quelle verfahrbar angeordnete Kalibrierkörper besitzt den Vorteil, dass das Einbringen des Kalibrierkörpers bei Neukalibrierung mit einem einfachen Steuerbefehl angestoßen werden kann, und der C-Bogen wechselweise im einfachen visuellen Betrieb oder im CAS-Betrieb eingesetzt werden kann, und die für den CAS-Betrieb benutzten Kalibrierobjekte nicht als störende Artefakte im einfachen Betrieb auftauchen.

Ausführungsbeispiel

[0033] Die Erfindung wird an Hand der Zeichnungen näher beschrieben. In diesen stellen dar:

[0034] Fig. 1: Eine C-Bogen-Röntgendiagnostikeinrichtung;

[0035] Fig. 2: Eine schematische Darstellung der Verhältnisse bei der Benutzung eines verfahrbaren Kalibrierobjekts;

[0036] Fig. 3a: Die Anordnung der Elemente Winkelgeber, Kraftmessaufnehmer, Horizontgeber und Kalibrierturm Dehnungsmessstreifen, Horizontgeber, Winkelgeber gemäß der Erfindung;

[0037] Fig. 3b: Die Anordnung der Elemente Dehnungsmessstreifen, Horizontgeber und Winkelgeber zur Bestimmung der räumlichen Stellung des C-Bogens während des Betriebs; und

[0038] Fig. 4: Das Koordinatensystem des Röntgenstrahlenempfängers.

[0039] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Röntgendiagnostikeinrichtung dargestellt. Auf einem Gerätewagen **1**, der mittels Rollen **14**, **15** auf den Fußboden **16** verfahrbar ist, ist an einer höhenverstellbaren Säule **2** ein Säulenkopf **3** drehbar um die Säulenachse angeordnet. Der Säulenkopf **3** weist eine Horizontalführung auf, in der ein Pendellager **4** horizontal verschiebbar ist. In dem Pendellager **4** ist eine Halterung **5** um eine horizontale Achse drehbar gelagert. Die Halterung **5** trägt einen C-Bogen **6** mit Mittelpunkt **12**, der längs seines Umfanges an der Halterung **5** beweglich gelagert ist. Der C-Bogen **6** weist an seinen Enden einen Röntgenstrahlenempfänger **7** und diesem gegenüber liegend eine Röntgenstrahlenquelle **8** auf. Der durch den Fokuspunkt **9** der Röntgenstrahlenquelle und den Mittelpunkt **18** des Eingangsfensters des Röntgenstrahlenempfängers **7** bestimmte Zentralstrahl **10** muss nicht notwendigerweise den Mittelpunkt **12** des C-Bogens enthalten.

[0040] Die Signale des Röntgenstrahlenempfängers werden über eine Fernsehkette einem Bildverarbeitungs- und Bildspeicherrechner zugeführt. Zwischen der Röntgenstrahlenquelle und dem Röntgenstrahlenempfänger ist im Falle einer Röntgenuntersuchung das Untersuchungsobjekt **13** angeordnet. Die Röntgenquelle weist eine Kalibriervorrichtung **17** auf, die zum Zweck der Kalibrierung der Röntgenstrahleinrichtung in einem reproduzierbaren Abstand zum Fokuspunkt **9** der Röntgenstrahlenquelle gebracht wird. Der Röntgenstrahlenempfänger weist an seinem Gehäuse Referenzmarken **171**, **172**, **173** auf, die Teil eines nicht gezeigten 3D-Positionsbestimmungssystemes sind. Mit Hilfe eines solchen Systems ist es möglich, die räumlichen Koordinaten der Referenzmarken zu bestimmen. Sind die Referenzmarken wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 gezeigt, am Röntgenstrahlenempfänger geeignet angeordnet, so ist es möglich, mittels dreier Referenzmarken ein Koordinatensystem bezüglich des Mittelpunktes **18** des Eingangsfensters **11** des Röntgenstrahlenempfängers **7** im Raum festzulegen. Durch weitere, nicht dargestellte Referenzmarken im Bereich des Untersuchungsobjektes **13**, die ebenso mit dem 3D-Positionsbestimmungssystem zusammenwirken, ist es möglich, die Lage des Untersuchungsobjektes **13** bezüglich der Eingangsfenster **11** des Röntgenempfängers **7** zu bestimmen.

[0041] Für die Zuordnung von Bildbereichen des Röntgenbildes zu Referenzmarken und/oder Flächen des Untersuchungsobjektes **13** ist es notwendig, die Lage des Fokuspunktes **9** in Bezug auf das Untersuchungsobjekt **13** und der Röntgenempfänger **7** zu kennen. In der Praxis gestaltet sich die Bestimmung des Fokuspunktes **9** der Röntgenstrahlenquelle schwierig, weil häufig bei Röntgenuntersuchungen die Röntgenstrahlenquelle unterhalb des Patientenlagetisches angeordnet wird und eine Positionsbestimmung des Ortes und der Ausrichtung des Gehäuses der Röntgenstrahlenquelle mit Hilfe des 3D-Positionsbestimmungssystems nicht möglich ist.

[0042] Andererseits ist aber auch die mechanische Stabilität des C-Bogens **6** nicht ausreichend, um Auslenkungen der Röntgenstrahlenquelle **8** aus der Ebene des C-Bogens **6** von etwa < 0,5mm zu gewährleisten. Deshalb wird bei der erfindungsgemäßen Röntgendiagnostikeinrichtung die Position des Fokuspunktes **9** bezüglich des Röntgenstrahlenempfängers **7** mittels eines Röntgenstrahlen-Kalibrierverfahrens bestimmt.

[0043] Fig. 2 zeigt schematisch die Verhältnisse bei der Benutzung eines verfahrbaren Kalibrierobjekts im Gehäuse der Quelle. In der Röntgenstrahlenquelle **8** ist eine Röntgenröhre **22** angeordnet, bei der in einem Fokuspunkt **9** ein Röntgenstrahlenkegel erzeugt wird. Zwischen dem Fokuspunkt **9** und dem Untersuchungsobjekt **13** ist ein Testabsorber **19** angeordnet,

der auf einer Trägerplatte eine strahlenabsorbierende Struktur **20** trägt. Die Struktur wird dem Röntgenstrahlen-Positionsbild des Untersuchungsobjektes **13** überlagert und wird über den Röntgenstrahlenempfänger **7** und die nachgeschaltete Videokette einem Bildverarbeitungssystem der Röntgendiagnostikeinrichtung zugeführt. Die strahlenabsorbierende Struktur **20** auf dem Testabsorber **19** wird im Zentrum des Röntgenstrahlenempfängers mit einer Vergrößerung (a1 + a2)/a1 = f/a1 abgebildet, wobei a1 der Abstand zwischen dem Fokuspunkt **9** und der strahlenabsorbierenden Struktur **20** auf der Trägerplatte **21** und a2 der Abstand zwischen der strahlenabsorbierenden Struktur **20** und dem Eingangsfenster **11** des Röntgenstrahlenempfängers ist. Für den Abstand f des Fokuspunktes **9** vom Eingangsfenster **11** des Röntgenstrahlenempfängers gilt: f = a1 + a2 = p1 + p2. Eine Struktur des Untersuchungsobjektes **13**, die sich im Abstand p1 vom Fokuspunkt **9** entfernt befindet, wird auf dem Röntgenbild mit einer Vergrößerung von (p1 + p2)/p1 = f/p1 dargestellt.

[0044] In der Praxis gilt für eine erfindungsgemäße Röntgendiagnostikeinrichtung: p1 = p2 und a2 = 50 a1. Für die nachfolgenden Betrachtungen wird näherungsweise a2 = 50a1 gesetzt. Eine strahlenabsorbierende Struktur **20** auf dem Testabsorber **19** mit einer Ausdehnung von 0.5mm senkrecht zum Zentralstrahl **10** wird in Röntgenbild mit einer Breite von ungefähr 25mm abgebildet. Durch die endliche und anisotrope Ausdehnung des Fokuspunktes **9** erhält man im Röntgenbild keine scharfen Schatten sondern eine Schwärzeverteilung, die näherungsweise durch einen Bereich eines Kernschattens und einen Bereich eines Halbschattens charakterisiert werden kann. Ein Kernschatten ist dann nicht zu erwarten, wenn die Ausdehnung des Fokuspunktes größenordnungsmäßig gleich der Ausdehnung der strahlenabsorbierenden Struktur **20** ist. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Lage des Projektionsbildes der strahlenabsorbierenden Struktur **20** des Testabsorbers **19** auf dem mit der Projektion des Untersuchungsobjektes **13** überlagerten Röntgenbild ermittelt werden muss, ist es wünschenswert, die strahlenabsorbierende Struktur **20** mit einem optimalen Kontrast abzubilden. Dies bedeutet, dass die strahlenabsorbierende Struktur eine möglichst hohe Kernladungszahl (vorzugsweise wird Gold verwendet) und eine Breite von etwa 1mm aufweist, was etwa der doppelten maximalen Ausdehnung des Fokuspunktes entspricht.

[0045] In Fig. 4 ist ein mit dem Röntgenstrahlenempfänger **7** verbundenes Koordinatensystem dargestellt, das für die Beschreibung des Ortes des Fokuspunktes **9** herangezogen wird. Der Koordinatenursprung liegt dabei im Mittelpunkt **18** des Eingangsfensters des Röntgenstrahlenempfängers, das die xy-Ebene mit der Koordinate z = 0 darstellt. Die x-Achse wird im Beispiel der Fig. 4 durch die Mittelebene des C-Bogens **6** festgelegt; im Ausführungsbeispiel ist eine Referenzmarke **174** am Gehäuse des Röntgenstrahlenempfängers mit y = 0 angeordnet. Der Fokuspunkt **9** wird bezüglich dieses Koordinatensystems werkseitig für eine definierte Lage des C-Bogens im Raum derart eingestellt, dass der Fokuspunkt **9** die Koordinaten (x0, y0, z0) = (x, 0, 0) besitzt, wobei f der Abstand des Fokuspunktes **9** vom Mittelpunkt **18** des Eingangsfensters **11** des Röntgenempfängers ist. Aufgrund der elastischen Verbiegungen des C-Bogens liegen die Fokuspunkte im praktischen Betrieb der Röntgendiagnostikeinrichtung in dem in Fig. 4 schematisch dargestellten gestrichelt umrandeten quaderförmigen Bereich **23**. Dieser quaderförmige Bereich **23** weist die größte Ausdehnung in y-Richtung auf, während, bedingt durch die Konstruktion des C-Bogens **6**, die Ausdehnungen des quaderförmigen Bereiches **23** in x- und z-Richtung wesentlich kleiner sind.

Bezugszeichenliste

1	Gerätewagen
2	höhenverstellbare Säule
3	Säulenkopf
4	Pendellager
5	Halterung
6	C-Bogen
7	Röntgenstrahlenempfänger
8	Röntgenstrahlenquelle
9	Fokuspunkt
10	Zentralstrahl
11	Eingangsfenster
12	Mittelpunkt des C-Bogens
13	Untersuchungsobjekt
14	Rolle
15	Rolle
16	Fußboden
17	Kalibriervorrichtung
171	Referenzmarke
172	Referenzmarke
173	Referenzmarke
174	Referenzmarke
18	Mittelpunkt des Eingangsfenster
19	Testabsorber
20	strahlenabsorbierende Struktur
21	Trägerplatte
22	Röntgenröhre
23	quaderförmiger Bereich
66	Winkelencoder
77	Kraftmessaufnehmer
88	Horizontmessaufnehmer
99	Kalibrierturm

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem C-Bogen, wobei der Zusammenhang zwischen Parametern, welche die mechanische Verwin-

dung der Röntgendiagnostikeinrichtung beschreiben, und Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, in einem Kalibriervorgang ermittelt wird, derart, dass während des Betriebs der Röntgendiagnostikeinrichtung ein Parameterdatensatz mit Kenngrößen, die mit der Verwindung korrelieren, an einen Steuerrechner übermittelt wird, der Daten zur Beschreibung der Verwindung rekonstruiert, wobei anschließend oder in Echtzeit die aus der Verwindung resultierenden Effekte ausgeglichen werden, wobei mittels Messaufnehmern die Kräfte gemessen werden, welche aufgrund der Verwindung in die Konstruktion eingebracht werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kräfte mittels eines oder mehrerer an funktionell geeigneten Stellen des C-Bogens angebrachter Dehnungsmessstreifen gemessen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Verwindung einer Röntgenquelle gegenüber dem Röntgendetektor, die Vorrichtungsteile der Röntgendiagnostikeinrichtung mit C-Bogen sind, aus den Ausgangssignalen der Dehmungsmeßstreifen errechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein dreidimensionaler Kalibrierturm in den Strahlengang der Röntgendiagnostikeinrichtung des C-Bogens gebracht wird, der röntgendichte Marken enthält, deren Lage, relativ zueinander vermessen ist, dass für eine Serie von unterschiedlichen Stellungen des C-Bogens Bilder des Kalibrierturms erfasst werden, und dass jeder Stellung des Kalibrierturms Werte der Dehnungsmessstreifen zugeordnet werden, wodurch die an den Dehnungsmessstreifen gemessenen Kräfte in Beziehung zu den jeweiligen stellungsabhängigen Auslenkungen der Quelle gesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass während des Anwendungsbetriebs der Röntgendiagnostikeinrichtung mit C-Bogen die Auslenkung allein aus den Werten der Dehnungsmessstreifen ermittelt wird, wobei die gemessenen Werte der Dehnungsmessstreifen an den Steuerrechner übermittelt werden, und die Auslenkungsparameter durch einen Interpolationsalgorithmus bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beschreibung der Auslenkung Zahlenwerte benutzt werden, welche die räumliche Auslenkung der Röntgenquelle, bezogen auf ein dem Röntgendetektor starr zugeordnetes Koordinatensystem beschreiben.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den Dehnungsmessstreifen ein sogenannter künstlicher Horizont benutzt wird, der die räumliche Stellung des C-Bogens der Röntgendiagnostikeinrichtung misst und die gemessenen Werte an den Steuerrechner übermittelt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Röntgendiagnostikeinrichtung mit C-Bogen eine spezifische Kennung an den Steuerrechner übermittelt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

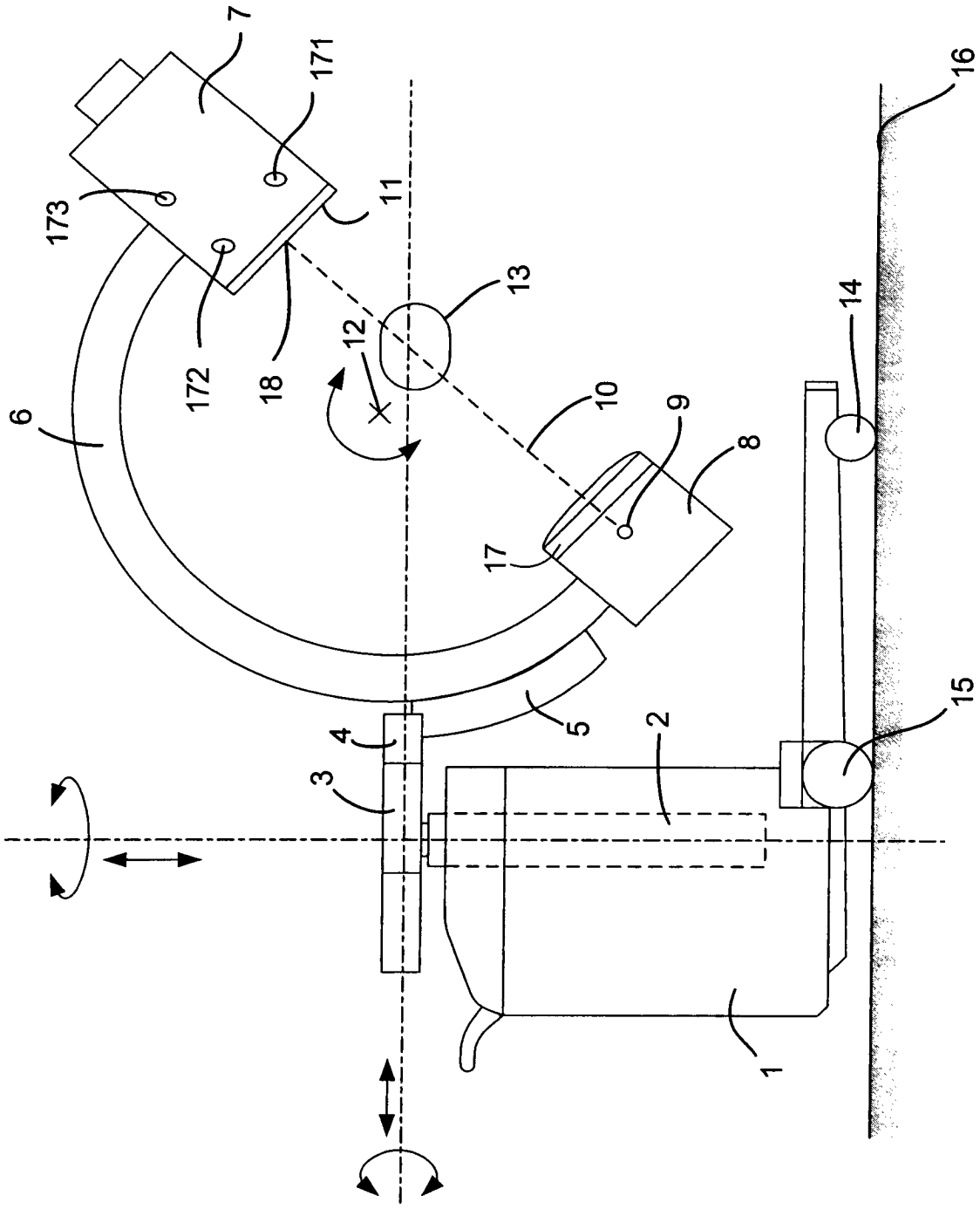


Fig. 1

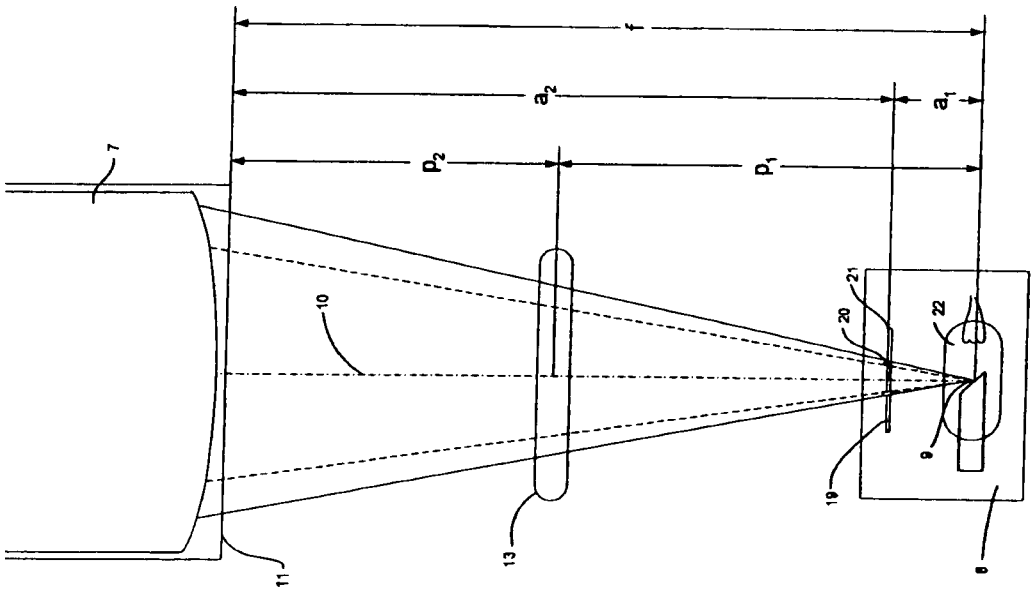


Fig. 2

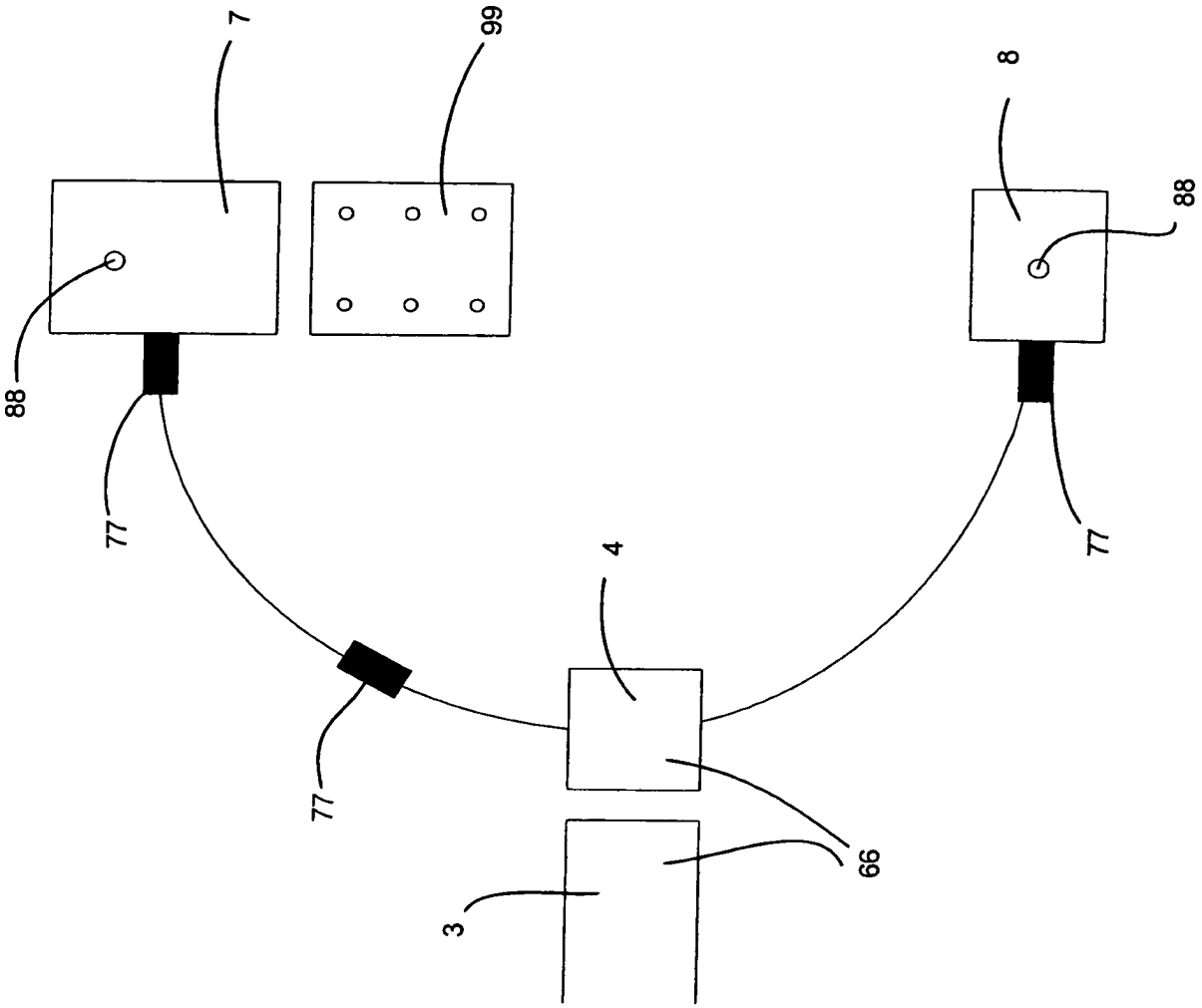


Fig. 3a

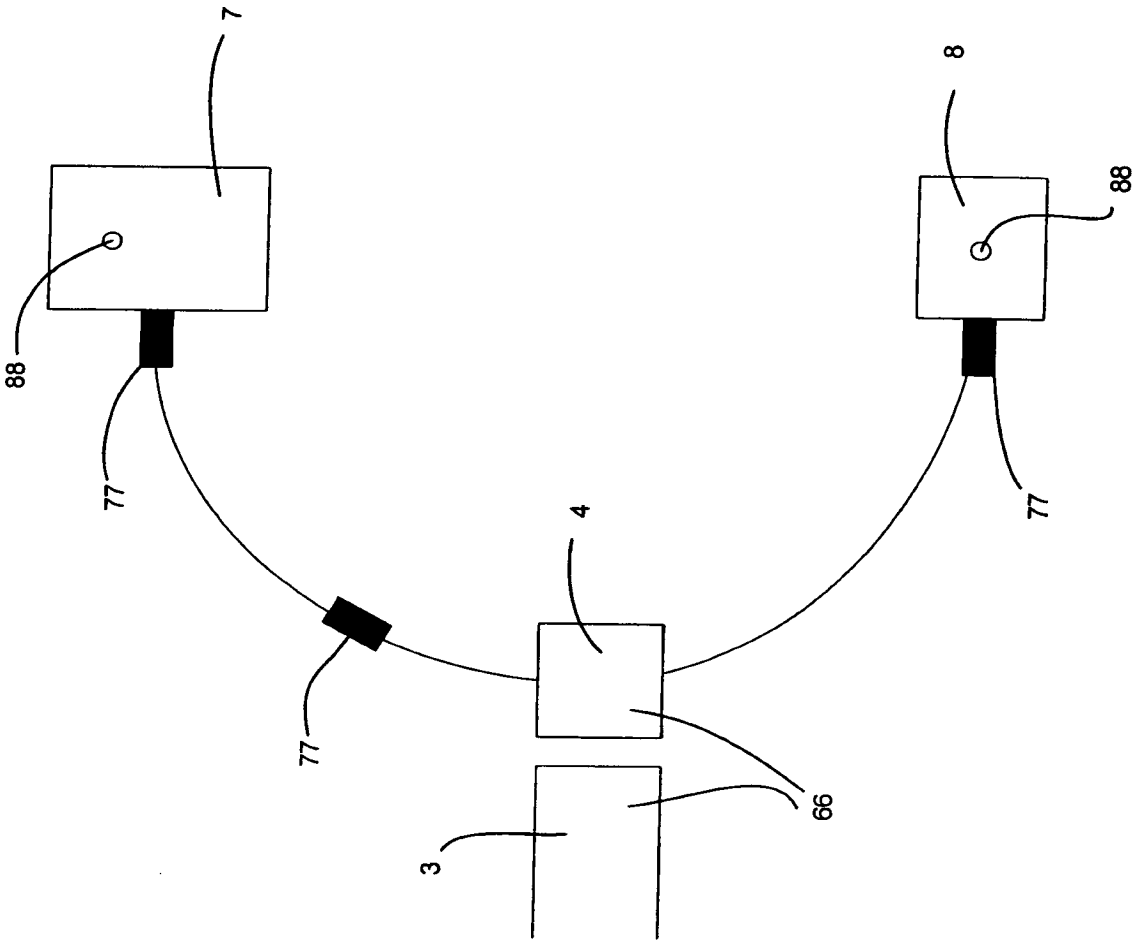


Fig. 3b

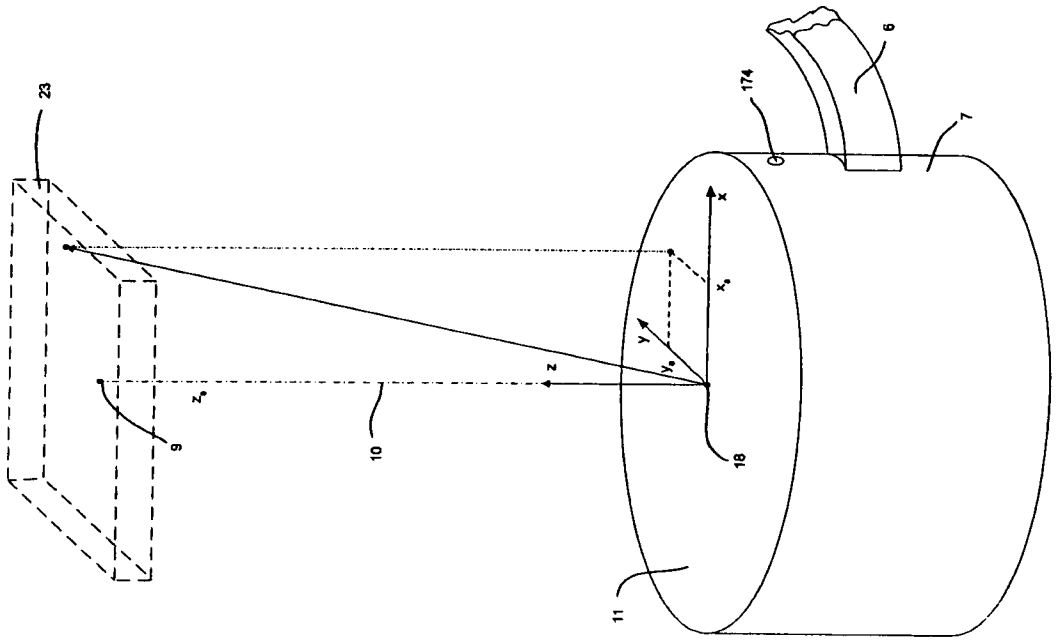


Fig. 4