



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 009 017.1**
 (22) Anmeldetag: **23.02.2007**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **25.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00 (2006.01)**
A61B 10/02 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)
A61B 6/02 (2006.01)
A61B 5/0402 (2006.01)
A61B 8/00 (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. 1 Patentkostengesetz).

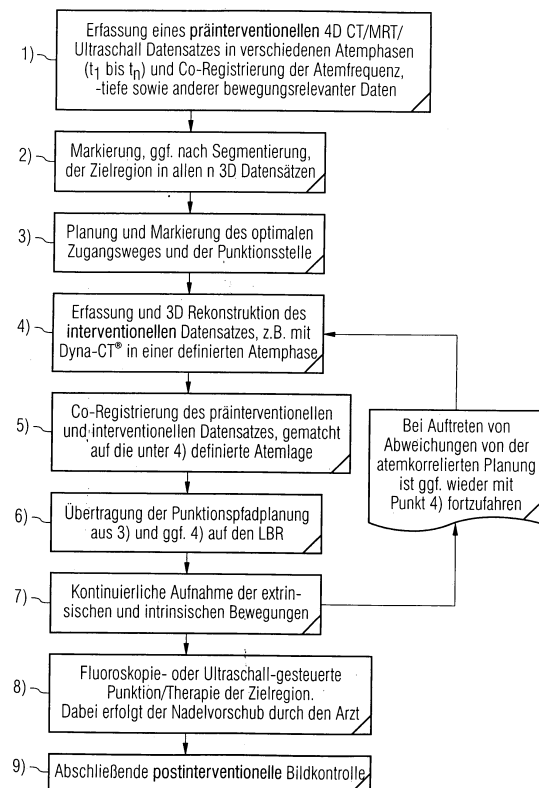
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
WO 2005/0 30 330 A1

(72) Erfinder:
**Camus, Estelle, Dr., 91052 Erlangen, DE; Meissner,
 Oliver, Dr., 80336 München, DE; Ostermeier,
 Martin, Dr., 91054 Buckenhof, DE; Redel, Thomas,
 Dr., 91099 Poxdorf, DE**

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs, die ein bildgebendes System (1) für zwei- oder dreidimensionale tomographische Bildgebung, einen damit registrierten Roboter (6) sowie ein oder mehrere Einrichtungen (10) zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen des Patienten umfasst. Eine Verarbeitungseinheit (11) registriert einen vor dem Eingriff aufgezeichneten 4-D-Bilddatensatz mit einem 2-D- oder 3-D-Bilddatensatz des Patienten, der bei einer definierten Atemlage unmittelbar vor dem Eingriff mit dem bildgebenden System (1) aufgezeichnet wurde. Aus diesen Bilddaten wird der Zugangspfad in Abhängigkeit von den bei Aufzeichnung des 4-D-Bilddatensatzes erfassten Bewegungen und der Registrierung an den Roboter (6) übertragen, der wiederum in Abhängigkeit von den momentanen Bewegungsdaten das Instrument auf einem vorgegebenen Sollpfad hält und einen Vorschub des Instruments durch die Person verhindert, falls und solange die momentanen Bewegungsdaten nicht mit den vorab aufgezeichneten Bewegungsdaten übereinstimmen. Die Anordnung vermindert das Risiko von Fehlpunktionen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs, die u. a. ein bildgebendes System für dreidimensionale tomographische Bildgebung, insbesondere ein C-Bogen-Röntgensystem umfasst.

[0002] Perkutane Verfahren spielen eine wichtige Rolle in der Diagnostik und Therapie unterschiedlicher Erkrankungen. Sie beruhen auf dem Prinzip der Punktion eines pathologischen Prozesses durch die Haut. Damit lassen sich bspw. mit speziellen Biopsienadeln Gewebeproben zu diagnostischen Zwecken entnehmen. Mit Hilfe einer Punktion kann auch eine Therapie durchgeführt werden, bspw. die Drainage eines Abszesses oder die Thermoablation einer solitären Lebermetastase. Die Perkutane Punktion erfolgt in der Regel nach einer vorausgegangenen bildgebenden Diagnostik mittels Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT) oder Ultraschall. Der Eingriff selbst kann durch eine Bildgebung in Echtzeit überwacht und anhand der Bildgebung gesteuert werden, wobei derzeit überwiegend CT oder Ultraschall als bildgebende Verfahren zum Einsatz kommen.

[0003] Aufgrund der minimalen Invasivität, der sicheren Zugangswege und der lokalen Therapiemöglichkeiten ist abzusehen, dass Perkutane Eingriffe in den nächsten Jahren weiter zunehmen werden. Durch die verbesserte Diagnostik können potenzielle Pathologien in immer früheren Stadien entdeckt und immer kleinere Herde in schwierig zugänglichen Positionen punktiert werden, bspw. unklare Rundherde in der Lunge mit Abmessungen zwischen 10 und 20 mm. Die perkutane Diagnostik und Therapie haben jedoch auch einige Einschränkungen. So wird in der Literatur eine Komplikationsrate zwischen 3,9% und 23,9% angegeben. Dabei handelt es sich zwar überwiegend um nicht lebensbedrohende Blutungen, Hämatoeme, Pneumothoraces oder Organverletzungen. Dennoch besteht auch das Risiko, an einem derartigen Eingriff zu versterben, insbesondere bei versehentlicher Verletzung eines großen Gefäßes. Ein schwerwiegendes Problem stellt hierbei eine Fehlpunktion dar. Die Rate fehlerhafter oder unvollständiger Punktionen wird in der Literatur mit bis zu 30% angegeben. Fehlpunktionen können zu einer falsch negativen Diagnose führen oder eine nicht ausreichende Therapiedosis in der gewünschten Zielregion verursachen. Die Anzahl von Fehlpunktionen muss sowohl im Interesse des Patienten als auch unter dem Gesichtspunkt einer effizienten und Kosten sparenden Medizin so gering wie möglich gehalten werden.

[0004] Die Schwierigkeit einer exakten Punktion liegt in der Variabilität der Zielregion durch Atembewegungen, pulssynchrone Verschiebungen von Or-

gan und Zielregion bzw. Herd, auch relativ zueinander, sowie möglichen unvorhersehbaren Bewegungen des Patienten, bspw. durch Schmerzreize während des Eingriffes.

[0005] Einige Probleme sind darauf zurückzuführen, dass Radiologen Punktionen nach Durchsicht der Bildaufnahmen aus der vorangegangenen bildgebenden Diagnostik und Planung eines geeigneten Zugangsweges häufig nach Gefühl durchführen, d. h. als sogenannte Blindpunktion. Die Lagevariation eines Herdes durch die Atemtätigkeit oder pulsierende Organbewegungen wird dabei abgeschätzt und in die Funktionsplanung einbezogen. Dabei bleibt jedoch ein erheblicher Bewegungsspielraum, der fast regelmäßig und zudem abhängig von der Erfahrung der den Eingriff durchführenden Person zu mehrfachen Funktionsversuchen und erneuten Lagekontrollen führt. Der Funktionsvorgang wird vor allem in spezialisierten Zentren optional in Echtzeit kontrolliert, bspw. mittels Röntgen- oder Ultraschall-Bildgebung.

[0006] Die WO 2005/030330 A1 beschreibt eine Anordnung zur Strahlentherapie, die auch zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs dienen kann, wobei ein Instrument von einem Roboter geführt wird. Zur Erfassung von Bewegungen des Zielgebiets wird zunächst ein 4D-Bilddatensatz mit außen am Patienten angebrachten Markern aufgezeichnet. Das Zielgebiet wird anschließend in den einzelnen Bildern des 4D-Bilddatensatzes markiert, so dass schließlich eine Zuordnungstabelle zwischen der Position der außen angebrachten Marker und der des innen liegenden Zielgebietes berechnet werden kann. Während des Eingriffs werden die außen liegenden Marker, und damit die Patientenbewegungen, über ein Ortungssystem erfasst. Mittels der Zuordnungstabelle wird die Position des Zielgebietes in Abhängigkeit vom Bewegungszustand ermittelt, um somit das Behandlungsinstrument mit größerer Genauigkeit auf das Zielgebiet ausrichten zu können.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Anordnung zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs anzugeben, die die Gefahr von Fehlpunktionen verringert.

[0008] Die Aufgabe wird mit der Anordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Anordnung sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie dem Ausführungsbeispiel entnehmen.

[0009] Eine beispielhafte Anordnung umfasst zumindest ein bildgebendes System für zwei- oder dreidimensionale tomographische Bildgebung, vorzugsweise ein C-Bogen-Röntgensystem, einen Roboter, der mit dem bildgebenden System registriert und mit einer Aufnahmeeinheit zur Aufnahme eines Instru-

menten für den perkutanen Eingriff ausgestattet ist, eine oder mehrere Einrichtungen zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen eines auf einer Lagerungseinrichtung gelagerten Patienten sowie einer speziell ausgestalteten Verarbeitungseinheit. Die mit der Einrichtung erfassbaren Bewegungen umfassen dabei zumindest die Atembewegung des Patienten. Die Verarbeitungseinheit weist verschiedene Module sowie eine Eingabeschnittstelle auf. Die Eingabeschnittstelle ermöglicht die Zuführung eines vor dem Eingriff aufgezeichneten 4D-Bilddatensatzes mit einer zeitlichen Abfolge von 3D-Bildern des für den Eingriff relevanten Bereiches des Patienten, denen jeweils eine gleichzeitig aufgezeichnete Information über äußere und/oder innere Bewegungen des Patienten zugeordnet ist und in denen jeweils ein Zugangspfad für den perkutanen Eingriff markiert ist oder markiert werden kann. Der vor dem Eingriff aufgezeichnete 4D-Bilddatensatz kann auch ein Bilddatensatz sein, der in der gleichen Untersuchung oder Sitzung wie der Eingriff, insbesondere mit dem bildgebenden Gerät der Anordnung, vor Beginn des Eingriffs aufgezeichnet wurde. Das Registrierungsmodul ist so ausgebildet, dass es den vor dem Eingriff aufgezeichneten 4D-Bilddatensatz mit einem 2D- oder 3D-Bilddatensatz des Patienten registriert, der bei einer definierten Atemlage des Patienten unmittelbar vor dem Eingriff mit dem bildgebenden System aufgezeichnet wurde. Bei dem 3D-Bilddatensatz kann es sich in dem Fall, in dem der 4D-Bilddatensatz in der gleichen Untersuchung mit dem gleichen bildgebenden Gerät aufgezeichnet wurde, auch um 3D-Bilddaten aus dem 4D-Bilddatensatz handeln. Das Generierungsmodul generiert aus den Zugangspfaden in den 3D-Bildern auf Basis der mit dem Registrierungsmodul durchgeführten Registrierung Daten für den Roboter, die dem Roboter einen mit den aufgezeichneten äußeren bzw. inneren Bewegungen variierenden Sollpfad für das Instrument vorgeben. Das Steuerungsprogramm für den Roboter ist dabei so ausgeführt, dass der Roboter das von einer den Eingriff durchführenden Person geführte Instrument während des Eingriffs in Abhängigkeit von momentanen Bewegungsdaten des Patienten, die der Steuerung des Roboters von der einen oder den mehreren Einrichtungen zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen während des Eingriffs übermittelt werden, auf dem vorgegebenen Sollpfad hält und einen Vorschub des Instruments verhindert, falls und solange eine Abweichung der während des Eingriffs erfassten Bewegungen von den mit dem 4D-Bilddatensatz aufgezeichneten Bewegungen einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet.

[0010] Auf diese Weise werden bei der Nutzung dieser Anordnung innere und/oder äußere Bewegungen des Patienten während des Eingriffs bei der Führung des Instrumentes automatisch berücksichtigt, so dass sich die Gefahr von Fehlpunktionen aufgrund

derartiger Bewegungen verringert. Der Roboter gewährleistet dabei, dass die den Eingriff durchführende Person das Instrument in jeder Bewegungsphase (innere und/oder äußere Bewegungen) des Patienten immer auf dem für diese Bewegungsphase vordefinierten Pfad führt. Werden Bewegungen detektiert, die bei der Voruntersuchung während der Aufzeichnung des 4D-Bilddatensatzes, auf Basis dessen die Zugangsplanung erfolgte, nicht aufgetreten sind, so verhindert der Roboter den weiteren Vorschub des Instruments durch die den Eingriff führende Person.

[0011] Der hierbei eingesetzte Roboter ist vorzugsweise ein 6-DOF-(Degrees Of Freedom) oder ein 7-DOF-Roboter. In der bevorzugten Ausgestaltung wird ein sog. Leichtbauroboter (LBR) eingesetzt, der vorzugsweise modular aufgebaut und dem menschlichen Arm nachempfunden ist. Derartige Roboter haben sieben Freiheitsgrade und ermöglichen im Vergleich zu den klassischen Industrierobotern eine erhöhte Flexibilität und Manipulierbarkeit. Eine integrierte Sensorik in Verbindung mit innovativen Regelungsalgorithmen ermöglicht es, äußeren Kräften nachzugeben sowie sensible Bewegungen und komplexe Bewegungsabläufe durchzuführen. Einem Leichtbauroboter können auch Arbeitsschritte beigebracht werden, indem er bei der Hand genommen und geführt wird (sog. Teachen). Ein aufwendiges Programmieren ist hierfür nicht erforderlich.

[0012] Die ein oder mehreren Einrichtungen zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen umfassen neben einer Einrichtung zur Aufzeichnung der Atembewegung vorzugsweise auch ein EKG-System zur Erfassung des Herzschlags. Auch andere Einrichtungen zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen, bspw. ein Positionserfassungssystem für äußere Bewegungen, können eingesetzt werden. Hierbei kann es sich bspw. um ein optisches System mit einer Kamera handeln, das auf dem Patienten im Bereich des Eingriffs angebrachte Markierungen und deren Bewegungen erfasst. Hierbei ist es erforderlich, dass die bei der Erstellung des prä-interventionellen 4D-Bilddatensatzes aufgezeichneten Bewegungen auch mit den Einrichtungen der Anordnung erfasst werden können.

[0013] Die vorgeschlagene Anordnung nutzt somit eine Kombination aus einer bewegungsadaptierten 4D-Bildgebung und einem Robotersystem, um zum einen zyklische Bewegungen, wie Atem oder Pulsschlag, automatisch bei dem Eingriff zu berücksichtigen und zum anderen unwillkürliche Bewegungen des Patienten während des Eingriffes zu erkennen und den Patienten entsprechend zu schützen. Durch die Möglichkeit, der behandelnden Person bestimmte Bewegungen bei der Führung des Instrumentes freizugeben und andere zu blockieren, wird eine hochgenaue Punktion ermöglicht.

[0014] Die vorgeschlagene Anordnung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) eine stark schematisierte beispielhafte Darstellung der vorgeschlagenen Anordnung sowie

[0016] [Fig. 2](#) ein Beispiel für die Durchführung einer perkutanen Intervention mit der vorgeschlagenen Anordnung.

[0017] In der schematischen Darstellung der [Fig. 1](#) ist ein C-Bogen-Röntgengerät **1** als bildgebendes System angedeutet, das u. a. den C-Bogen **4** mit dem daran angebrachten Röntgenaufnahmesystem bestehend aus Röntgenröhre **2** und Röntgendetektor **3** sowie die Patientenlagerungseinrichtung **5** umfasst. Bei dem bildgebenden System kann es sich auch um andere Systeme, wie bspw. ein Ultraschallgerät, einen Computertomographen oder ein Gerät der funktionellen Bildgebung, insbesondere zur Positronen-Emissions-Tomographie, handeln.

[0018] Im vorliegenden Fall ist an der Raumdecke ein Roboter **6** montiert, der am Ende seines Roboterarms **7** die Aufnahmevorrichtung **8** für eine Punktionsnadel trägt. Im vorliegenden Beispiel ist lediglich eine Einrichtung zur Erfassung von inneren und/oder äußeren Bewegungen des Patienten als Atemgurt **10** dargestellt. Das C-Bogen-Röntgensystem **1**, die Steuerung **9** des Roboters **6** sowie der Atemgurt **10** sind mit einer Verarbeitungseinheit **11** verbunden. Diese Verarbeitungseinheit weist eine Eingabeschnittstelle **12** für die Zuführung eines präoperativ aufgezeichneten 4D-Bilddatensatzes, ein Registrierungsmodul **13** zur Registrierung dieses 4D-Bilddatensatzes mit einem mit dem C-Bogen-Röntgensystem **1** aufgezeichneten 3D-Bilddatensatz des Patienten in einer definierten Atemlage sowie das Generierungsmodul **14** auf, das die Daten des Sollpfades des Instrumentes generiert und für die Bewegung bzw. Steuerung des Roboterarms **7** an das Steuerungsprogramm der Steuerung **9** des Roboters **6** übermittelt.

[0019] Die Verarbeitung der Daten und Steuerung des Roboters, d. h. die Module der Verarbeitungseinheit und die Steuerung, können bei der vorgeschlagenen Anordnung für den Fachmann ersichtlich auch in einer einzigen Einheit zusammengefasst oder auf mehrere räumlich getrennte Einheiten aufgeteilt sein. Dies spielt für die erfindungsgemäße Funktion der Anordnung keine Rolle.

[0020] Bei der Durchführung einer perkutanen Intervention mit der vorgeschlagenen Anordnung werden die folgenden Verfahrensschritte 1) bis 9) durchgeführt, die auch im Flussdiagramm der [Fig. 2](#) dargestellt sind.

1) Zunächst wird ein prä-interventioneller 4D-Bilddatensatz vom Patienten erfasst und ggf. rekonstruiert. Die Erfassung dieses Bilddatensatzes kann mit unterschiedlichen tomographischen bildgebenden Techniken erfolgen, bspw. mittels CT, mittels MRT oder mittels Ultraschall. Die Erfassung des Bilddatensatzes erfolgt in verschiedenen Atemphasen (t_1 bis t_n), mindestens jedoch in einer maximalen Inspirations- und Expirationsphase. Ggf. können Zwischenstufen der Atmung interpoliert werden. Parallel dazu werden die Atemfrequenz und -tiefe sowie möglichst alle bewegungsrelevanten Daten aufgezeichnet, wie bspw. die Herzaktivität (EKG), die Darmtätigkeit oder die äußere Patientenbewegung. Hierzu können bekannte Einrichtungen eingesetzt werden, wie bspw. ein Atemgurtsystem oder ein EKG-Gerät. Die aufgezeichneten Bewegungsdaten werden mit dem 4D-Bilddatensatz coregistriert, so dass jeder Bewegungsphase ein 3D-Bild (bzw. 3D-Bilddatensatz) des 4D-Bilddatensatzes zugeordnet werden kann oder umgekehrt.

2) Im nächsten Schritt wird in allen 3D-Bildern des 4D-Bilddatensatzes, ggf. nach einer Segmentierung des interessierenden Bereiches, die Zielregion durch den Anwender markiert. Dies kann, ebenso wie der nachfolgende Schritt, am Bildschirm mit Hilfe eines geeigneten graphischen Eingabegerätes erfolgen.

3) Anschließend werden der optimale Zugangsweg zu der Zielregion sowie die Punktionsstelle in allen n 3D-Bildern geplant und markiert. Dies erfolgt ggf. unter Berücksichtigung der Atembewegung, pulssynchroner Organbewegung und der Elastizität/Deformierbarkeit des Gewebes in der Zielregion und auf dem Punktionspfad.

Nach diesen vorbereitenden Schritten liegt somit für jede Bewegungsphase ein Zugangsweg fest und ist in den entsprechenden 3D-Bildern markiert.

Die Aufzeichnung des 4D-Bilddatensatzes sowie die entsprechenden vorbereitenden Schritte können auch im größeren zeitlichen Abstand vor dem eigentlichen Eingriff vorgenommen werden.

4) Unmittelbar vor dem Eingriff erfolgt die Erfassung eines interventionellen 3D-Bilddatensatzes mit dem C-Bogen-Röntgensystem in definierter Atemlage, z. B. Atemruhelage, des Patienten. Nach der 3D-Rekonstruktion des Datensatzes kann optional nochmals eine Überprüfung der Planung und Markierung des optimalen Zugangsweges und der Punktionsstelle erfolgen.

5) Im nächsten Schritt erfolgt die Registrierung des prä-interventionellen und des interventionellen Datensatzes, angepasst auf die bei der Erzeugung des interventionellen Datensatzes definierte Atemlage. Damit können die Auslenkungen der Atemexkursionen und Organbewegungen des prä-interventionellen 4D-Bilddatensatzes dem statischen interventionellen 3D-Bilddatensatz

übertragen bzw. einem veränderten Atemzyklus angepasst werden.

6) Anschließend erfolgt die Übertragung der Zugangsplanung aus den vorangehenden Schritten auf den eingesetzten Roboter. Dies wird durch das Generierungsmodul der Verarbeitungseinheit durchgeführt.

7) Schließlich erfolgt während des Eingriffs die kontinuierliche Aufnahme der extrinsischen und intrinsischen Bewegungen des Patienten, bspw. mit dem Atemgurtsystem oder über ein EKG-Signal. Anhand der Planung folgt der Roboter automatisch atmungsregistriert dem Punktionspfad, der den optimalen Zugangspunkt mit der variablen Lage der zu punktierenden Region verbindet. Dabei ist die Steuerung des Roboters, eines LBR, so programmiert, dass der Roboter einen Vorschub der Punktionsnadel nur freigibt, solange die Ausrichtung am LBR der atmungskorrelierten Planung entspricht bzw. das Bewegungsmuster (z. B. Atmungsmuster) nicht verlassen wird. Eine Abweichung kann bspw. durch Husten des Patienten auftreten. Bei Auftreten von längeren oder größeren Abweichungen müssen ggf. die Schritte 4) bis 6) erneut durchgeführt werden.

8) Während des Eingriffs, d. h. der Punktion oder Therapie der Zielregion, erfolgt der Nadelvorschub durch den Arzt. Dies kann ggf. zusätzlich mittels Fluoroskopie oder Ultraschall-Bildgebung überwacht werden.

9) Abschließend führt der Arzt eine post-interventionelle Bildkontrolle durch, bspw. mit dem C-Bogen-Röntgensystem oder einem Ultraschallsystem.

[0021] Der Vorteil der vorgeschlagenen Anordnung liegt in der Kombination einer Bildgebung, die Atemtätigkeit, pulssynchrone Organbewegung und/oder zufällige andere Bewegungen (bspw. Darmtätigkeit oder Patientenbewegung) berücksichtigt, mit einem Robotersystem, das den Arzt hochgenau anhand dieser Bild- und Bewegungsdaten bei der Punktion unterstützen kann.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Unterstützung eines perkutanen Eingriffs, die zumindest umfasst:

- ein bildgebendes System (1), das zwei- oder dreidimensionale tomographische Bildgebung ermöglicht,
- einen Roboter (6), der mit dem bildgebenden System (1) registriert und mit einer Aufnahmeeinheit (8) zur Aufnahme eines Instrumentes für den perkutanen Eingriff ausgestattet ist,
- eine oder mehrere Einrichtungen (10) zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen eines auf einer Lagerungseinrichtung (5) gelagerten Patienten, wobei die Bewegungen zumindest die Atembewegung umfassen, und
- einer Verarbeitungseinheit (11) mit

- einer Eingabeschnittstelle (12) für einen vor dem Eingriff aufgezeichneten 4D-Bilddatensatz mit einer zeitlichen Abfolge von 3D-Bildern eines für den Eingriff relevanten Bereiches des Patienten, denen jeweils eine gleichzeitig aufgezeichnete Information über äußere und/oder innere Bewegungen des Patienten zugeordnet ist und in denen jeweils ein Zugangspfad für den perkutanen Eingriff markiert ist oder markiert werden kann,

- einem Registrierungsmodul (13), das den vor dem Eingriff aufgezeichneten 4D-Bilddatensatz mit einem 2D- oder 3D-Bilddatensatz des Patienten registriert, der bei einer definierten Atemlage des Patienten unmittelbar vor dem Eingriff mit dem bildgebenden System (1) aufgezeichnet wurde, und

- einem Generierungsmodul (14), das aus den Zugangspfaden in den 3D-Bildern auf Basis der mit dem Registrierungsmodul (13) durchgeführten Registrierung Daten für den Roboter (6) generiert, die dem Roboter (6) einen mit den aufgezeichneten äußeren bzw. inneren Bewegungen variierenden Sollpfad für das Instrument vorgeben,

- wobei ein Steuerungsprogramm für den Roboter (6) so ausgeführt ist, dass der Roboter (6) das von einer den Eingriff durchführenden Person geführte Instrument während des Eingriffs in Abhängigkeit von momentanen Bewegungsdaten, die einer Steuerung des Roboters (6) von der einen oder den mehreren Einrichtungen (10) zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen gleichzeitig übermittelt werden, auf dem vorgegebenen Sollpfad hält und einen Vorschub des Instruments durch die Person verhindert, falls und solange eine Abweichung der während des Eingriffs erfassten Bewegungen von den mit dem 4D-Bilddatensatz aufgezeichneten Bewegungen einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, bei der der Roboter (6) ein Leichtbauroboter ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Roboter (6) ein 6-DOF oder 7-DOF Roboter ist.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das bildgebende System (1) ein C-Bogen-Röntgensystem ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das bildgebende System (1) ein Ultraschallgerät ist.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das bildgebende System (1) ein Computertomograph ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die eine oder mehrere Einrichtungen (10) zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen ein EKG-System zur Erfassung des Herzschlags

umfassen.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die eine oder mehreren Einrichtungen (**10**) zur Erfassung von äußeren und/oder inneren Bewegungen ein Positionserfassungssystem umfassen, mit dem eine äußere Bewegung des für den Eingriff relevanten Bereiches des Patienten erfassbar ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

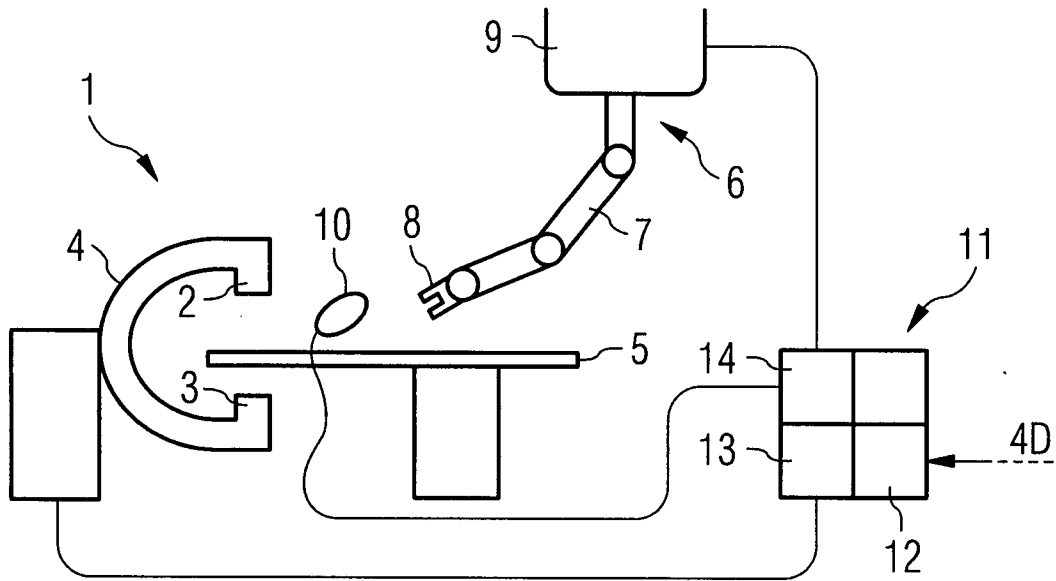


FIG 2

