



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 51 503 B4** 2004.01.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 51 503.4**
(22) Anmeldetag: **26.10.1999**
(43) Offenlegungstag: **18.01.2001**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.01.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 6/03**
A61B 19/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(66) Innere Priorität:
199 29 622.7 28.06.1999

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

(72) Erfinder:
Graumann, Rainer, Dr., 91315 Höchstadt, DE

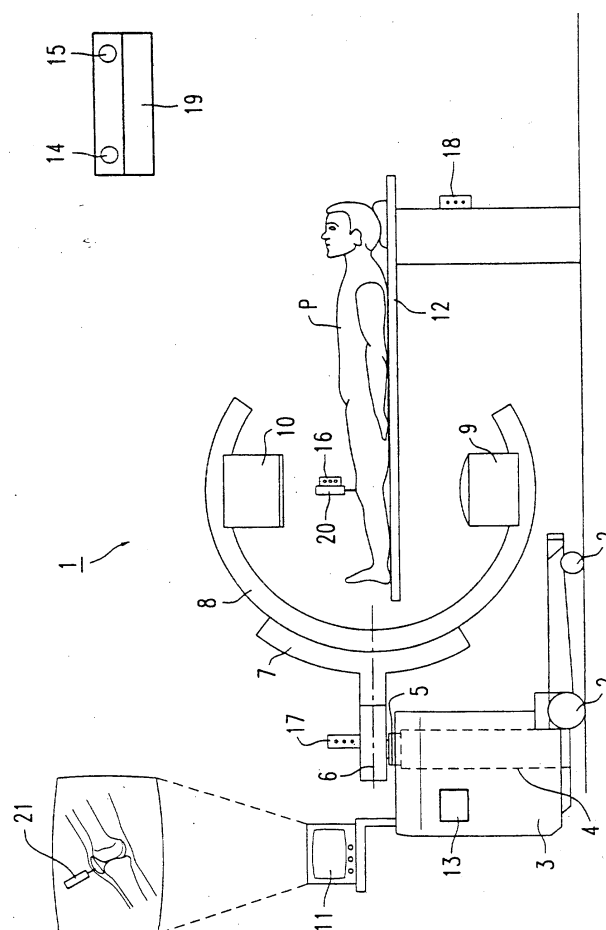
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 199 19 907 A1

(54) Bezeichnung: **Medizinisches System mit einem Bildgebungs- und einem Navigationssystem**

(57) Hauptanspruch: Medizinisches System mit einem verfahrbaren C-Bogen-Röntgengerät (1) zur Gewinnung von 3D-Bildern vom Körper eines Patienten (P), mit einem Navigationssystem (14 bis 19) zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes (20) relativ zum Körper des Patienten (P) und mit Mitteln (13) zur Einblendung eines Abbildes (21) des Instrumentes (20) in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät (1) gewonnenes 3D-Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe,

wobei während einer Operation die Position des Instrumentes (20) mit dem Navigationssystem (14 bis 19) ermittelt wird,

und wobei mit dem C-Bogen-Röntgengerät (1) ein 3D-Bild während einer Operation gewonnen wird, in welches das Abbild (21) des Instrumentes (20) nach der Durchführung einer Registrierungsprozedur eingeblendet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein medizinisches System mit einem Bildgebungssystem zur Gewinnung von Bildern vom Körper eines Patienten, mit einem Navigationssystem zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes relativ zum Körper des Patienten und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des Instrumentes in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild.

[0002] Der Einsatz eines derartigen medizinischen Systems ist in klinischen Applikationsfeldern, z. B. der Orthopädie oder der Traumatologie, zur Unterstützung operativer Eingriffe an einem Patienten vorgesehen, insbesondere wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende eines von ihm geführten, in den Körper des Patienten eingedrungenen medizinischen Instrumentes verwehrt ist. Das Navigationssystem dient dabei zur präzisen Bestimmung der Ortskoordinaten, d. h. der Lage und Orientierung des Instrumentes im Raum bzw. an einem Operationssitus, dessen Abbild möglichst exakt in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild eingeblendet werden soll. Um die Einblendung des Abbildes des Instrumentes in das mit dem Bildgebungssystem gewonnene Bild mit hoher Genauigkeit durchführen zu können, so daß die im Bild gezeigte Lage und Orientierung des Instrumentes der tatsächlichen Lage und Orientierung des Instrumentes am Operationssitus entspricht, ist es wünschenswert, daß das Bild die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils des Patienten bzw. eines Organs im Körper des Patienten zeigt. Da die während der Operation für die Einblendung von Instrumenten vorgesehenen Bilder vom Körper eines Patienten in der Regel aber vor der Operation, beispielsweise mit einem Computertomographen, gewonnen werden, ist die Übereinstimmung zwischen einer im Bild dargestellten Lage und Form eines Körperteils bzw. Organs und der tatsächlichen Lage und Form des Körperteils bzw. Organs bei der Operation die Ausnahme. Die auftretenden Unterschiede sind vor allem dadurch bedingt, daß entweder die Lage des Patienten bei der Operation auf einer Patientenliege nicht genau der Lage des Patienten bei der Bildaufnahme entspricht, oder daß beim Öffnen des Patienten, beispielsweise durch natürliche Bewegungen (z. B. Herzschlag, Atmung, Peristaltik) Deformationen von Körperteilen, Deformationen von Organen oder Veränderungen von Organanlagen auftreten. Die während der Operation die realen Verhältnisse wiedergebende Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein vom Körper des Patienten gewonnenes Bild erweist sich daher als problematisch.

[0003] Eine Verbesserung der Navigation des Instrumentes ergibt sich, wenn während der Operation 2D-Projektionen vom Operationssitus aufgenommen werden, welche zur Korrektur der präoperativ gewonnenen Bilder herangezogen werden.

[0004] Nachteilig bleibt jedoch, daß die Genauigkeit

der Einblendung von Abbildern von Instrumenten relativ gering ist, der Chirurg also die genaue Lage des Instrumentes nur erraten kann und somit die Navigation nur eine grobe Orientierung bei operativen Eingriffen darstellt.

Stand der Technik

[0005] Aus der nicht vorveröffentlichten DE 199 19 907 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Katheternavigation in dreidimensionalen Gefäßbaufnahmen bekannt. Die Katheterposition wird mittels eines in die Spitze des Katheters eingebauten miniaturisierten Positionserfassungssystems ermittelt und in die 3D-Ansicht des präoperativ aufgenommenen und in einem Navigationsrechner rekonstruierten Gefäßbaums eingeblendet.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein medizinisches System der eingangs genannten Art derart auszubilden, daß die Einblendung des Abbildes eines Instrumentes in ein mit einem Bildgebungssystem gewonnenes Bild mit höherer Genauigkeit der tatsächlichen Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Körper des Patienten entspricht.

[0007] Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein medizinisches System mit einem verfahrenbaren C-Bogen-Röntgengerät zur Gewinnung von 3D-Bildern vom Körper eines Patienten, mit einem Navigationssystem zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes relativ zum Körper des Patienten und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des Instrumentes in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät gewonnenes 3D-Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe, wobei während einer Operation die Position des Instrumentes mit dem Navigationssystem ermittelt wird, und wobei mit dem C-Bogen-Röntgengerät ein 3D-Bild während einer Operation gewonnen wird, in welches das Abbild des Instrumentes nach der Durchführung einer Registrierungsprozedur eingeblendet wird. Die mit dem C-Bogen-Röntgengerät während eines operativen Eingriffs vom Körper des Patienten gewonnenen, zur Einblendung von Instrumenten vorgesehenen 3D-Bilder zeigen dabei die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils oder Organs, wodurch die Voraussetzungen für eine exakte, der realen Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Körper des Patienten entsprechenden Einblendung des Abbildes des Instrumentes in eines der gewonnenen 3D-Bilder geschaffen werden. Die exakte Ermittlung der Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Operationssitus erfolgt mit Hilfe des Navigationssystems und die entsprechende Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein 3D-Bild mit Hilfe der Mittel zur Einblendung, welche in der Praxis beispielsweise einen Bildrechner umfassen. Eine derartige Einblendung

des Abbildes des Instrumentes in ein die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils oder Organs darstellendes 3D-Bild stellt somit aufgrund ihrer hohen Übereinstimmung mit den real am Operationssitus vorherrschenden Verhältnissen für einen Chirurgen eine wirkungsvolle und zuverlässige Unterstützung bei operativen Eingriffen an Patienten dar, insbesondere wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende des Instrumentes, beispielsweise weil das Instrument in Gewebe eingedrungen ist, verwehrt ist. Unter der Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes wird dabei nicht notwendigerweise eine originalgetreue Abbildung des Instrumentes verstanden. Vielmehr kann die Abbildung des Instrumentes nur schematisch sein, wobei zumindest die relevanten äußeren Abmessungen des Instrumentes erkennbar sind. Als Navigationssystem zur Bestimmung der Lage und der Orientierung eines Instrumentes sind magnetische oder optische Navigationssysteme geeignet, wie sie beispielsweise von der Firma Radionics vertrieben werden.

[0008] Die Verwendung eines verfahrbaren C-Bogen-Röntgengeräts zeichnet sich dadurch aus, dass das C-Bogen-Röntgengerät bei Bedarf einfach und schnell zum Zweck der Navigation an einen Patienten herangefahren und falls nicht mehr erforderlich wieder entfernt werden kann, um Bewegungsraum für das OP-Team zu schaffen.

[0009] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß die Position des C-Bogen-Röntgengerätes, also dessen Lage und Orientierung, gleichzeitig mit der Position des in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät gewonnenes Bild einzublendenden Instrumentes erfaßbar ist. Gemäß einer Variante der Erfindung wird gleichzeitig auch die Position einer Patientenliege erfaßt, auf welcher ein Patient während des operativen Eingriffs gelagert ist. Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung der Positionen des Instrumentes, des C-Bogen-Röntgengerätes und der Patientenliege mit dem Navigationssystem. Auf diese Weise wird die Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät gewonnenes Bild erleichtert, da nach einer anfangs notwendigen Registrierungsprozedur zur Bestimmung der Ausgangslage des im Bild darzustellenden Instrumentes relativ zum Operationssitus, die Registrierung des Instrumentes bei Bewegungen des Instrumentes bzw. Verstellungen des C-Bogen-Röntgengerätes oder der Patientenliege nicht mehr wiederholt werden muß, sondern die Lage und Orientierung des Instrumentes aufgrund der gleichzeitigen Erfassung der Positionen des Instrumentes, des C-Bogen-Röntgengerätes und der Patientenliege online berechnet und entsprechend eingeblendet werden kann. Mit dem medizinischen System sind also zur Unterstützung operativer Eingriffe mit Abbildern von Instrumenten versehene 3D-Bilder online erzeugbar, welche Positionsveränderungen des Instrumentes, des C-Bogen-Röntgengerätes und/oder der Patientenliege berücksichtigen. Die 3D-Bilder sind

dabei auch kontinuierlich erzeugbar.

Ausführungsbeispiel

[0010] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt, welche ein erfindungsgemäßes medizinisches System mit einem C-Bogen-Röntgengerät und einem Navigationssystem zeigt.

[0011] Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels weist das C-Bogen-Röntgengerät **1** einen auf Rädern **2** verfahrbaren Gerätewagen **3** und eine in der FIG nur schematisch angedeutete Hubvorrichtung **4** mit einer Säule **5** auf. An der Säule **5** ist ein Halteteil **6** angeordnet, an dem eine Haltevorrichtung **7** zur Lagerung eines C-Bogens **8** angeordnet ist. Am C-Bogen **8** sind einander gegenüberliegend ein Röntgenstrahler **9** und ein Röntgenstrahlenempfänger **10** angeordnet. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels handelt es sich bei dem Röntgenstrahlenempfänger **10** um einen an sich bekannten Festkörperdetektor. Der Röntgenstrahlenempfänger kann jedoch auch ein Röntgenbildverstärker sein, wobei der Festkörperdetektor gegenüber dem Röntgenbildverstärker den Vorteil besitzt, daß er geometrisch verzerrungsfreie Röntgenbilder liefert. Die mit dem Festkörperdetektor gewonnenen Röntgenbilder können in an sich bekannter Weise auf einer Anzeigeeinrichtung **11** dargestellt werden.

[0012] Das in der FIG gezeigte C-Bogen-Röntgengerät **1** zeichnet sich dadurch aus, daß mit ihm 3D-Röntgenbilder vom Körper bzw. von Körperteilen eines auf einer vertikal und horizontal verstellbaren Patientenliege **12** gelagerten Patienten P angefertigt werden können. Zur 3D-Bildgebung ist ein im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels im Gerätewagen **3** des C-Bogen-Röntgengerätes **1** angeordneter, in nicht dargestellter Weise mit dem Festkörperdetektor **10** und der Anzeigeeinheit **11** verbundener Bildrechner **13** vorhanden. Der Bildrechner **13** rekonstruiert in an sich bekannter Weise aus 2D-Projektionen, welche bei einer Verstellung des C-Bogens **8**, beispielsweise längs seines Umfangs, um ein in einem Bild darzustellendes Körperteil des Patienten P gewonnen werden, 3D-Bilder von dem darzustehenden Körperteil.

[0013] Mit Hilfe des Navigationssystems des medizinischen Systems können während der Operation des Patienten P von einem in der FIG nicht dargestellten Chirurgen verwendete Instrumente als Abbild in während der Operation angefertigte 3D-Bilder vom Körper des Patienten P eingeblendet werden. Auf diese Weise erhält der Chirurg eine wirkungsvolle und zuverlässige Unterstützung bei dem operativen Eingriff. Dies ist vor allem dann von Vorteil, wenn dem Chirurgen beispielsweise beim Eindringen des Instrumentes in Körpergewebe des Patienten P der Blick auf das patientenseitige, in das Körpergewebe eingedrungene Ende des Instrumentes verwehrt ist und keine Klarheit darüber besteht, wie weit das In-

strument bereits in den Körper des Patienten eingebracht bzw. wie die Lage des Instruments relativ zu einem Organ des Patienten P ist. In einem solchen Fall kann der Chirurg anhand der Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein vom Körper bzw. einem Körperteil des Patienten P gewonnenes 3D-Bild die Lage und Orientierung des Instrumentes erkennen und das Instrument entsprechend navigieren. Um ein Instrument genau anhand der Bildinformationen navigieren zu können, sind exakte Bilder des realen Operationssitus erforderlich, welche erfindungsgemäß durch die Gewinnung von 3D-Bildern während der Operation erhalten werden.

[0014] Die Bestimmung der Lage und der Orientierung des Instruments relativ zu dem Operationssitus erfolgt im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit einem optischen Navigationssystem. Das Navigationssystem umfaßt Kameras **14**, **15** und Referenzelemente **16** bis **18**, welche an hinsichtlich ihrer Position zu erfassenden Instrumenten oder Objekten angeordnet sind und von den Kameras **14**, **15** aufgenommen werden. Ein Rechner **19** des Navigationssystems wertet die mit den Kameras **14**, **15** aufgenommenen Bilder aus und kann anhand der aufgenommenen Referenzelemente **16** bis **18** die Positionen, d. h. die Lagen und Orientierungen der Referenzelemente **16** bis **18** und somit der Instrumente bzw. Objekte im Raum ermitteln.

[0015] Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist das Referenzelement **16** an einem medizinischen Instrument **20**, das Referenzelement **17** am C-Bogen-Röntgengerät **1** und das Referenzelement **18** an der Patientenliege **12** angeordnet. Auf diese Weise kann der Rechner **19** anhand der gewonnenen Kamerabilder jeweils die aktuellen Positionen des Instrumentes **20**, des C-Bogen-Röntgengerätes **1** und der Patientenliege **12** ermitteln. Der Rechner **19**, welcher in nicht dargestellter Weise mit dem Bildrechner **13** verbunden ist, stellt dem Bildrechner **13** jeweils die Daten über die aktuellen Positionen des Instrumentes **20**, des C-Bogen-Röntgengerätes **1** und der Patientenliege **12** zur Verfügung, so daß der Bildrechner **13** jeweils die exakte Lage und Orientierung des Instrumentes **20** relativ zum Operationssitus ermitteln und das Abbild des Instrumentes **20** in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät **1** während der Operation gewonnenes 3D-Bild einblenden kann. Zu Beginn der Einblendung des Abbildes des Instrumentes **20** ist in der Regel eine Registrierungsprozedur erforderlich, bei der die Ausgangslage des Instrumentes **20** relativ zum Operationssitus sowie die Positionen des C-Bogen-Röntgengerätes **1** und der Patientenliege **12** erfaßt werden. Alle weiteren Bewegungen des Instrumentes **20**, des C-Bogen-Röntgengerätes **1** und der Patientenliege **12** werden über die Kameras **14**, **15** und den Rechner **19** gleichzeitig und kontinuierlich erfaßt. Änderungen der Positionen des Instrumentes **20**, des C-Bogen-Röntgengerätes **1** oder der Patientenliege **12** stehen dem Bildrechner **13** somit quasi unmittelbar zur Verfügung, so daß die-

ser die Einblendung des Abbildes des Instrumentes **20** in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät **1** gewonnenes 3D-Bild der veränderten Situation entsprechend online anpassen kann. Auf diese Weise sind nicht nur statische, sondern auch kontinuierlich aufeinanderfolgende, mit der Einblendung des Abbildes des Instrumentes **20** versehene 3D-Bilder erzeugbar.

[0016] In der FIG ist eine derartige Einblendung eines Abbildes **21** des Instrumentes **20** in ein 3D-Bild exemplarisch dargestellt.

[0017] Als Navigationssystem muß im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels nicht notwendigerweise ein optisches Navigationssystem zum Einsatz kommen. Vielmehr sind auch magnetische Navigationssysteme zur Bestimmung der Positionen von Instrumenten, C-Bogen-Röntgengerät und Patientenliege geeignet.

[0018] Die Positionen des Instrumentes, des C-Bogen-Röntgengerätes und der Patientenliege müssen im übrigen nicht gleichzeitig erfaßt werden. Eine nahezu gleichzeitige Erfassung ist jedoch dann erforderlich, wenn nach Veränderungen der Positionen des Instrumentes, des C-Bogen-Röntgengerätes oder der Patientenliege das Abbild des Instrumentes online in gewonnenen 3D-Bilder eingeblendet werden soll.

[0019] Die Ermittlung der Positionen des C-Bogen-Röntgengerätes und der Patientenliege muß nicht durch das Navigationssystem erfolgen. Vielmehr können die Positionen auch durch andere geeignete Mittel zur Positionserfassung, welche beispielsweise auf Basis signaltragender Wellen arbeiten, ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Medizinisches System mit einem verfahrenbaren C-Bogen-Röntgengerät (**1**) zur Gewinnung von 3D-Bildern vom Körper eines Patienten (P), mit einem Navigationssystem (**14** bis **19**) zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes (**20**) relativ zum Körper des Patienten (P) und mit Mitteln (**13**) zur Einblendung eines Abbildes (**21**) des Instrumentes (**20**) in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät (**1**) gewonnenes 3D-Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe,

wobei während einer Operation die Position des Instrumentes (**20**) mit dem Navigationssystem (**14** bis **19**) ermittelt wird, und wobei mit dem C-Bogen-Röntgengerät (**1**) ein 3D-Bild während einer Operation gewonnen wird, in welches das Abbild (**21**) des Instrumentes (**20**) nach der Durchführung einer Registrierungsprozedur eingeblendet wird.

2. Medizinisches System nach Anspruch 1, bei dem die Position des C-Bogen-Röntgengerätes (**1**) gleichzeitig mit der Position des Instrumentes (**20**) erfaßbar ist.

3. Medizinisches System nach Anspruch 2, welches eine Patientenliege (**12**) umfaßt, wobei die Position der Patientenliege (12) gleichzeitig mit den Positionen des C-Bogen-Röntgengerätes (**1**) und des Instrumentes (**20**) erfaßbar ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

