(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 102 10 645 A 1**

(51) Int. Cl.[7]: **A 61 B 6/00**

(21) Aktenzeichen: 102 10 645.2
(22) Anmeldetag: 11. 3. 2002
(43) Offenlegungstag: 9. 10. 2003

DE 102 10 645 A 1

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

(72) Erfinder:
Hall, Andrew, St. Charles, Mo., US; Heigl, Benno, 96253 Untersiemau, DE; Hornegger, Joachim, Dr., 91083 Baiersdorf, DE; Killmann, Reinmar, Dr., 91301 Forchheim, DE; Rahn, Norbert, 91301 Forchheim, DE; Rauch, John, St. Louis, Mont., US; Seissl, Johann, 91058 Erlangen, DE; Wach, Siegfried, 91315 Höchstadt, DE

(56) Entgegenhaltungen:
DE 199 19 907 A1
DE 44 18 868 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Erfassung und Darstellung eines in einen Untersuchungsbereich eines Patienten eingeführten medizinischen Katheters

(57) Verfahren zur Erfassung und Darstellung eines in einen Untersuchungsbereich eines Patienten eingeführten medizinischen Katheters, insbesondere im Rahmen einer kardialen Untersuchung oder Behandlung, mit folgenden Schritten:
- Verwendung eines 3-D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs und Erzeugung eines 3-D-Rekonstruktionsbilds des Untersuchungsbereichs,
- kontinuierliche oder diskontinuierliche Erfassung der räumlichen Position der Spitze des Katheters mittels eines Positionserfassungssystems, wobei in der Spitze ein Positionserfassungsmittel integriert ist.
- Darstellung des 3-D-Rekonstruktionsbilds und positionsgenaue Darstellung der Spitze des Katheters im 3-D-Rekonstruktionsbild an einem Monitor, wobei das Koordinatensystem des Positionserfassungssystems und das Koordinatensystem des 3-D-Rekonstruktionsbilds miteinander registriert sind.

DE 102 10 645 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung und Darstellung eines in einen Untersuchungsbereich eines Patienten eingeführten medizinischen Katheters, insbesondere im Rahmen einer kardialen Untersuchung oder Behandlung.

[0002] In zunehmendem Maß erfolgen Untersuchungen oder Behandlungen eines erkrankten Patienten minimal-invasiv, d. h. mit möglichst geringem operativem Aufwand. Als Beispiel sind Behandlungen mit Endoskopen, Laparoskopen oder Kathetern zu nennen, die jeweils über eine kleine Körperöffnung in den Untersuchungsbereich des Patienten eingeführt werden. Katheter kommen häufig im Rahmen kardiologischer Untersuchungen zum Einsatz, beispielsweise bei Arrhythmien des Herzens, die heutzutage durch sogenannte Ablations-Prozeduren behandelt werden.

[0003] Hierbei wird ein Katheter unter Röntgenkontrolle, also bei Aufnahme von Durchleuchtungsbildern über Venen oder Arterien in eine Herzkammer geführt. In der Herzkammer wird das die Arrhythmie verursachende Gewebe durch die Applikation hochfrequenten Stroms ablatiert, wodurch das vorher arrhythmogene Substrat als nekrotisches Gewebe hinterlassen wird. Der heilende Charakter dieser Methode weißt große Vorzüge im Vergleich mit lebenslanger Medikation auf, zudem ist diese Methode auf lange Sicht auch wirtschaftlich.

[0004] Das Problem aus medizinisch/technischer Sicht besteht darin, dass der Katheter während der Röntgenkontrolle zwar sehr exakt und hochaufgelöst in einem oder mehreren Durchleuchtungsbildern, auch Fluoro-Bilder genannt, während der Intervention visualisiert werden kann, jedoch kann die Anatomie des Patienten während der Intervention nur ungenügend in den Durchleuchtungsbildern abgebildet werden. Zur Verfolgung des Katheters werden bisher gewöhnlich zwei 2D-Durchleuchtungsaufnahmen aus zwei verschiedenen, vornehmlich orthogonal zueinander stehenden Projektionsrichtungen aufgenommen. Anhand der Informationen dieser beiden Aufnahmen muss der Arzt nun die Position des Katheters selbst bestimmen, was häufig nur relativ ungenau möglich ist.

[0005] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Darstellungsmöglichkeit anzugeben, die dem behandelnden Arzt ein einfaches Erkennen der genauen Position des Katheters im Untersuchungsbereich, also beispielsweise im Herzen, ermöglicht.

[0006] Zur Lösung dieses Problems ist ein Verfahren der eingangs genannten Art mit folgenden Schritten vorgesehen:

- Verwendung eines 3D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs und Erzeugung eines 3D-Rekonstruktionsbilds des Untersuchungsbereichs,
- Kontinuierliche oder diskontinuierliche Erfassung der räumlichen Position der Spitze des Katheters mittels eines Positionserfassungssystems, wobei in der Spitze ein Positionserfassungsmittel integriert ist,
- Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds und positionsgenaue Darstellung der Spitze des Katheters im 3D-Rekonstruktionsbild an einem Monitor, wobei das Koordinatensystem des Positionserfassungssystems und das Koordinatensystem des 3D-Rekonstruktionsbilds miteinander registriert sind.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, während der Untersuchung quasi in Echtzeit den Katheter, bei dem es sich um ein flexibles und biegsames, also nicht starres Instrument handelt, in einer dreidimensionalen Darstellung des Untersuchungsbereichs, also beispielsweise des Herzens oder eines zentralen Gefäßbaums etc. positionsrichtig im Volumenbild darzustellen. Dies wird ermöglicht, in dem zum einen unter Verwendung eines 3D-Bilddatensatzes eine dreidimensionale Rekonstruktionsdarstellung des Untersuchungsbereichs erzeugt wird. Zum andern ermöglicht die Verwendung eines Katheters mit einem spitzenseitig integrierten Positionserfassungsmittel, das mit einem geeigneten externen Positionserfassungssystem in einem positionserfassungssystemeigenen Koordinatensystem in seinen Raumkoordinaten erfasst werden kann, die genaue Bestimmung der räumlichen Position der Katheterspitze, wenn sich diese bereits im Untersuchungsbereich befindet. Aufgrund der Registrierung der beiden Koordinatensysteme des 3D-Bilddatensatzes bzw. des 3D-Rekonstruktionsbilds und des Positionserfassungssystems können nun über eine geeignete Transformationsmatrix die Koordinaten der Spitze aus dem Koordinatensystem des Positionserfassungssystems in das des 3D-Rekonstruktionsbilds transformiert werden, so dass die Katheterspitze lage- und positionsgenau im 3D-Volumenbild angezeigt werden kann. Der Arzt erhält also eine sehr genaue Darstellung der Katheterspitze in ihrer Ist-Lage im Untersuchungsbereich, den er in seinen relevanten anatomischen Feinheiten aus der Darstellung des 3D-Volumenbilds ebenfalls sehr genau und hochaufgelöst erkennen kann. Dies ermöglicht auf einfache Weise die Navigation des Katheters.

[0008] Zur Registrierung der beiden Koordinatensysteme können nach einer ersten Erfindungsalternative im 3D-Rekonstruktionsbild und entsprechend im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems definierte Markierungen verwendet werden. Das heißt, es werden in beiden Koordinatensystemen jeweils die gleichen Markierungen definiert, so dass aufgrund einer geeigneten, die Markierungen aufeinander abbildenden Transformationsmatrix beide Koordinatensysteme bezüglich einander registriert werden können. Die Markierungen können beispielsweise im 3D-Rekonstruktionsbild benutzerseitig interaktiv definiert werden, beispielsweise über eine Bedienmaus. Die Markierungen im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems können beispielsweise durch Bewegen des Katheters an die Markierungspositionen definiert werden. Hier können zum einen externe Markierungen verwendet werden, solang entsprechende Markierungen auch im 3D-Rekonstruktionsbild erkennbar sind. Unter externen Markierungen sind beispielsweise am Patienten angebrachte Markierungen oder dergleichen verwendbar. Auch besteht die Möglichkeit, interne Markierungen zu verwenden, wobei diese mit dem in den Untersuchungsbereich eingeführten Katheter unter gleichzeitiger Röntgenkontrolle angefahren und so definiert werden. Das heißt, der Arzt bewegt den Katheter zu bestimmten, bereits im 3D-Rekonstruktionsbild festgelegten Punkten im Untersuchungsbereich, z. B. zu bestimmten Gefäßverzweigungen oder dergleichen. Erreicht er einen solchen Punkt, kann dieser als Markierung definiert werden. Bei Verwendung der vorher genannten externen Markierungen werden diese in ihren Positionen durch Bewegen des Katheters an die Markierungsposition definiert.

[0009] Daneben besteht als zweite Alternative die Möglichkeit, als Markierungen im 3D-Rekonstruktionsbild sichtbare und am Patienten extern angebrachte Markierungen zu verwenden.

[0010] Für eine sichere Registrierung ist es zumeist ausreichend, wenn in jedem Koordinatensystem wenigstens drei Markierungen und vorzugsweise jeweils die gleiche Anzahl definiert wird. Denn über wenigstens drei Markierungspaare kann eine genaue Stellung der Koordinatensysteme zueinander erfasst und über die Transformationsma-

trix beschrieben werden.

[0011] Nach Identifizierung der wenigstens drei Markierungspaare erfolgt eine 3D/3D-Registrierung. Im Ergebnis wird eine Transformationsmatrix erhalten, die die Translations-, Orientierungs- und Scaling-Parameter enthält. Die Transformationsmatrix beschreibt die Registrierung zwischen den Bildkoordinaten und den Koordinaten des Positionierungssystems, so dass die Koordinaten des Positionierungssystems in Bildkoordinaten während der nachfolgenden Katheterintervention oder während der bereits erfolgten Katheterintervention transformiert werden können. Insgesamt handelt es sich bei den beschriebenen Registrierungsvarianten um eine sogenannte Markierungs- und/oder Landmarken gestützte Registrierung.

[0012] Daneben besteht die Möglichkeit, auch eine sogenannte "surface based" Registrierung, also eine oberflächenbasierte Registrierung vorzunehmen. Zu diesem Zweck können mit einem Segmentationsalgorithmus mehrere Punkte des im 3D-Rekonstruktionsbild gezeigten Untersuchungsbereich definiert und in ihren Koordinaten erfasst werden, wobei der in den Untersuchungsbereich eingeführte Katheter an mehrere Punkte bewegt wird, welche hierdurch definiert und in ihren Koordinaten erfasst werden, so dass jeweils eine bestimmte Fläche mittels der jeweiligen Punkte definiert wird, wobei zur Registrierung unter Verwendung eines geeigneten Oberflächen-Anpass-Algorithmus die Transformationsmatrix anhand der Punkte berechnet wird. Bei dieser Erfindungsausgestaltung wird unter Verwendung des Positionierungsmittels im Katheter eine Aufnahme mehrerer Punkte an der intrakardialen Oberfläche des Herzens, die mit dem Katheter angefahren werden, vorgenommen. Diese Punkte ergeben in ihrer Gesamtheit quasi eine netzartige Abbildung der Herzoberfläche in dem Bereich, in den der Katheter eingeführt ist, es werden also zu jedem Punkt die 3D-Positionskoordinaten abgespeichert und anschließend zur Beschreibung der abgetasteten Oberfläche entsprechend ausgewertet. Dies kann auch unter Röntgenkontrolle erfolgen, so dass der Arzt sehen kann, welche Bereiche er bereits in dieser Weise abgetastet hat. Im 3D-Rekonstruktionsbild werden entsprechende Punkte unter Verwendung eines Segmentationsalgorithmus erfasst, das heißt auch dort wird ein Oberflächenbereich definiert. Anschließend wird unter Verwendung eines Oberflächen-Anpass-Algorithmus eine Transformationsmatrix berechnet, die die beiden Oberflächen einander anpasst. Die Transformationsmatrix enthält auch hier die Translations-, Rotations- und Scaling-Parameter. Für die Berechnung der Transformationsmatrix können bekannte Oberflächen-Anpass-Algorithmen wie beispielsweise der ICP-Algorithmus (ICP = Iterative Closest Point) oder ein Hierarchical-Chamfer-Matching-Algorithmus verwendet werden.

[0013] Eine dritte Registrierungsmöglichkeit sieht vor, ein Sensorelement des Positionserfassungssystems an einem C-Bogen einer ein Isozentrum aufweisenden Strahlungsbildaufnahmeeinrichtung, mit der der 3D-Bilddatensatz aufgenommen wurde, zu verwenden, wobei das 3D-Rekonstruktionsbild relativ zum Isozentrum rekonstruiert wird. Hier wird davon ausgegangen, dass der 3D-Bilddatensatz mit einer Bildaufnahmeeinrichtung, z. B. einer 3D-Angiographieeinrichtung aufgenommen wurde, bei der die Position und Orientierung des 3D-Rekonstruktionsbilds relativ zur Bildaufnahmeeinrichtung bekannt ist. Da auch ein Sensorelement des Positionserfassungssystems, über das das Koordinatensystem des Positionserfassungssystem aufgespannt wird, an dem C-Bogen dieser Bildaufnahmeeinrichtung angeordnet ist, ist auch dieses Koordinatensystem relativ zum Isozentrum definiert. Wird also nun das 3D-Rekonstruktionsbild relativ zum Isozentrum des C-Arms rekonstruiert, so ist seine Orientierung und Position gleichermaßen im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems bekannt. Wird also beispielsweise der 3D-Datensatz intraoperativ, das heißt kurz vor der eigentlichen Intervention, wenn der Patient bereits auf dem Patientenlagerungstisch der Bildaufnahmeeinrichtung liegt, aufgenommen, und bewegt sich der Patient nachfolgend während der Intervention nicht, so ist keine separate Registrierung erforderlich. Nur wenn sich der Patient bewegt muss unter Verwendung der Bildaufnahmeeinrichtung ein neuer 3D-Bilddatensatz unter erneuter Rekonstruktion erstellt werden. Auf jeden Fall ist es grundsätzlich möglich, die Position und Orientierung der Katheterspitze im 3D-Rekonstruktionsbild kontinuierlich während der Intervention ohne eine unbedingt erforderliche Registrierung vor der Intervention vorzunehmen.

[0014] 35 Handelt es sich bei dem Untersuchungsbereich um einen sich rhythmisch oder arrhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich, beispielsweise das Herz, so ist für eine exakte Darstellung zu beachten, dass das 3D-Rekonstruktionsbild und die erfassten Positionsdaten während der gleichen Bewegungsphase aufgenommen wurden. Zu diesem Zweck kann vorgesehen sein, zur Rekonstruktion des 3D-Rekonstruktionsbilds nur diejenigen Bilddaten zu verwenden, die während einer bestimmten Bewegungsphase, die parallel zur Erfassung der Bilddaten erfasst wird, aufgenommen werden, wobei während der Erfassung der Position des Katheters die Bewegungsphase ebenfalls erfasst und die Positionsdaten nur dann erfasst werden, wenn sich der Untersuchungsbereich in der gleichen Bewegungsphase befindet, in der das 3D-Rekonstruktionsbild rekonstruiert ist. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Katheterposition phasengleich zum rekonstruierten Volumenbild bestimmt wird und so die Katheterspitze exakt in ihrer Position bestimmt und eingeblendet werden kann. Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten, zum einen kann das 3D-Rekonstruktionsbild zu einer bestimmten Bewegungsphase rekonstruiert werden, die dann die Positionsdatenerfassungsphase vorgibt. Auch eine umgekehrte Arbeitsweise ist denkbar, dass die Positionsdaten zu einer beliebigen Bewegungsphase, dann jedoch kontinuierlich zur gleichen Phase erfasst werden, nach der sich dann die Rekonstruktion des 3D-Rekonstruktionsbilds bzw. die hierzu verwendeten Bilddaten richten. Als Beispiel für eine Erfassung der Bewegungsphase ist ein parallel aufgenommenes EKG zu nennen, das die Herzbewegungen aufzeichnet. Anhand des EKG's können dann die relevanten Bilddaten ausgewählt werden. Zur Aufnahme der Positionsdaten kann eine Triggerung des Positionserfassungssystems über das EKG erfolgen, so dass die Positionsdaten stets in der gleichen Bewegungsphase aufgenommen werden. Auch ist es denkbar, als Bewegungsphase die Atmungsphasen des Patienten aufzuzeichnen. Dies kann beispielsweise unter Verwendung eines Atmungsgürtels, der um die Brust des Patienten gelegt ist und die Bewegung des Brustkorbs misst, erfolgen, auch sind Positionssensoren an der Brust des Patienten zur Aufzeichnung verwendbar.

[0015] Die gemeinsame Monitordarstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds mit der eingeblendeten Katheterspitze kann zweckmäßigerweise benutzergeführt verändert, insbesondere gedreht, vergrößert oder verkleinert werden. Zur besseren Erkennbarkeit kann die Katheterspitze im 3D-Rekonstruktionsbild farbig oder blinkend dargestellt werden.

[0016] Der 3D-Bilddatensatz kann erfindungsgemäß ein präoperativ gewonnener Datensatz sein. Das heißt, der Datensatz kann zu einem beliebigen Zeitpunkt vor der eigentlichen Intervention aufgenommen worden sein. Verwendbar ist jeder 3D-Bilddatensatz unabhängig von der verwendeten Aufnahmemodalität, also beispielsweise ein CT-, ein MR-

oder ein 3D-Röntgenangiographie-Datensatz. Alle diese Datensätze lassen eine exakte Rekonstruktion des Untersuchungsbereichs zu, so dass dieser anatomisch exakt dargestellt werden kann. Alternativ besteht die Möglichkeit, auch einen intraoperativ gewonnenen Datensatz in Form eines 3D-Röntgenangiographie-Datensatzes zu verwenden. Der Begriff "intraoperativ" bedeutet hierbei, dass dieser Datensatz in unmittelbar zeitlichem Zusammenhang mit der eigentlichen Intervention gewonnen wird, also wenn der Patient bereits auf dem Untersuchungstisch liegt, jedoch der Katheter noch nicht gesetzt ist, was aber kurz nach Aufnahme des 3D-Bilddatensatzes erfolgen wird.

[0017] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnung.

[0018] Die Figur zeigt eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung **1**, wobei hier nur die wesentlichen Teile dargestellt sind. Die Einrichtung umfasst eine Aufnahmeeinrichtung **2** zur Aufnahme zweidimensionaler Durchleuchtungsbilder. Sie besteht aus einem C-Bogen **3**, an dem eine Röntgenstrahlenquelle **4** und ein Strahlungsdetektor **5**, z. B. ein Festkörperbilddetektor angeordnet sind. Der Untersuchungsbereich **6** eines Patienten **7** befindet sich nahe dem Isozentrum **8** des C-Bogens **3**, so dass er in voller Gestalt in den aufgenommenen 2D-Durchleuchtungsbildern zu sehen ist. Der Betrieb der Einrichtung **1** wird über eine Steuerungs- und Verarbeitungseinrichtung **9** gesteuert, die unter anderem auch den Bildaufnahmebetrieb steuert. Sie umfasst ferner eine nicht näher gezeigte Bildverarbeitungseinrichtung.

[0019] Unter Verwendung der 2D-Durchleuchtungsbilder, die während einer Rotation des C-Bogens um wenigstens 180° um das Isozentrum **8** herum vom Untersuchungsbereich **6** aufgenommen werden, wird ein 3D-Bilddatensatz **10** erstellt. Aus diesem wird nun unter Verwendung von 2D-Durchleuchtungsbildern, die den Untersuchungsbereich – hier das Herz – jeweils in der gleichen Bewegungsphase zeigen, ein 3D-Rekonstruktionsbild des Untersuchungsbereichs erstellt, das an einem Monitor **11** ausgegeben wird. Im gezeigten Beispiel ist das 3D-Rekonstruktionsbild **12** dort dargestellt. Um sicher zu stellen, dass auch nur solche Bilder verwendet werden, die das Herz tatsächlich in der gleichen Bewegungsphase zeigen, wird parallel zur Aufnahme der 2D-Durchleuchtungsbilder ein EKG **13** aufgenommen, wie in der Figur anhand der Kurve angedeutet ist. Das heißt, zu jedem aufgenommenen 2D-Durchleuchtungsbild ist die EKG-Phase bekannt, so dass phasengleiche Durchleuchtungsbilder zur Rekonstruktion ausgewählt und verwendet werden können.

[0020] Die 2D-Durchleuchtungsbilder und damit der 3D-Bilddatensatz werden im gezeigten Beispiel unmittelbar vor der Intervention eines Katheters **14** in den Untersuchungsbereich **6** aufgenommen. Der Katheter **14** umfasst an seiner Spitze ein Positionserfassungsmittel **15**, das Teil eines Positionserfassungssystems **16** ist, dem ferner ein Positionserfassungssensor **17** zugeordnet ist, der am C-Bogen **3** angeordnet ist. Hierdurch ist die geometrische Lage des Isozentrums **8** relativ zu dem Sender **18** des Positionserfassungssystems **16** unter Verwendung einer geeigneten Kalibrierungsroutine bekannt.

[0021] Unter Verwendung des Positionserfassungssystems **16** ist es nun möglich, die räumliche Position der Katheterspitze durch Erfassung des Positionserfassungsmittels **15** im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems **16** zu bestimmen. Da aufgrund der gewählten Anordnung des Positionserfassungssystems bzw. des Sensors **17** am C-Arm das Koordinatensystem des Positionserfassungssystems und des Koordinatensystems der Bildaufnahmeeinrichtung, mit der die 2D-Durchleuchtungsbilder und damit der 3D-Bilddatensatz aufgenommen wurden und in dem das 3D-Rekonstruktionsbild **12** rekonstruiert wurde, miteinander registriert sind, ist es möglich, die Position des Positionserfassungsmittels **15** und damit der Katheterspitze anhand der gelieferten Koordinaten **19**, die der Steuerungs- und Verarbeitungseinrichtung **9** gegeben werden, im 3D-Rekonstruktionsbild **12** darzustellen.

[0022] Um sicherzustellen, dass die Koordinatenerfassung auch in der Bewegungsphase erfolgt, bezüglich welcher das 3D-Rekonstruktionsbild **12** rekonstruiert wurde, erfolgt auch hier die Aufnahme der Koordinaten des Positionserfassungsmittel **15** unter Triggerung über das EKG **13**. Die Bewegungsphase, zu der dies erfolgen soll, ist aufgrund der vorherigen 3D-Rekonstruktionsbilderstellung bekannt, so dass die Koordinatenaufnahme ohne weiteres phasengleich erfolgen kann.

[0023] Das 3D-Rekonstruktionsbild **12** kann in Form einer beliebigen Darstellung erzeugt bzw. am Monitor ausgegeben werden. Beispielsweise kann dies in Form einer MIP-Darstellung (MIP = Maximum Intensity Projection) erfolgen, wobei die Dicke der Darstellung interaktiv modifiziert werden kann. Auch ist die Darstellung in Form eines VRT-Bildes (VRT = Volume Rendering Technique) möglich, wobei auch hier das Volumen interaktiv geclippt werden kann. Auch eine sogenannte "Fly Through" Visualisierung ist möglich, wobei hier der Betrachter sich quasi in der Katheterspitze befindet und seine Blickrichtung durch die Orientierung der Katheterspitze bestimmt wird. Dem Fachmann sind beliebige Möglichkeiten zur Erzeugung des 3D-Rekonstruktionsbilds und zu seiner entsprechenden Ausgabe bekannt, auf die er hier zurückgreifen kann. Daneben besteht natürlich die Möglichkeit die Bilddarstellung benutzerseitig beliebig variieren zu können, beispielsweise zu drehen oder zu vergrößern etc. Auch ist eine farbige Darstellung der Katheterspitze denkbar.

[0024] Das Positionserfassungssystem liefert fünf bzw. sechs Freiheitsgrade, zum Einen drei Positionsparameter (x, y, z) sowie zwei Orientierungsparameter (zwei Winkel der Katheterspitze, beispielsweise Euler-Winkel) sowie optional die Torsion des Katheters ("Rollwinkel"). Hierdurch ist es möglich, sowohl die Position als auch die Orientierung der Katheterspitze, in der das Positionserfassungsmittel **15** integriert ist, im Raum bzw. im Untersuchungsbereich zu bestimmen und lage- und orientierungsgenau in dem 3D-Rekonstruktionsbild online während der Intervention darstellen zu können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung und Darstellung eines in einen Untersuchungsbereich eines Patienten eingeführten medizinischen Katheters, insbesondere im Rahmen einer kardialen Untersuchung oder Behandlung, mit folgenden Schritten:
   - Verwendung eines 3D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs und Erzeugung eines 3D-Rekonstruktionsbilds des Untersuchungsbereichs,
   - kontinuierliche oder diskontinuierliche Erfassung der räumlichen Position der Spitze des Katheters mittels eines Positionserfassungssystems, wobei in der Spitze ein Positionserfassungsmittel integriert ist,
   - Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds und positionsgenaue Darstellung der Spitze des Katheters im 3D-Rekonstruktionsbild an einem Monitor, wobei das Koordinatensystem des Positionserfassungssystems und das Koordinatensy-

stem des 3D-Rekonstruktionsbilds miteinander registriert sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Registrierung der Koordinatensysteme im 3D-Rekonstruktionsbild und entsprechende im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems definierte Markierungen verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Markierungen im 3D-Rekonstruktionsbild benutzerseitig interaktiv definiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Markierungen im Koordinatensystem des Positionserfassungssystems durch Bewegen des Katheters an die Markierungsposition definiert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Position mit dem in den Untersuchungsbereich eingeführten Katheter unter gleichzeitiger Röntgenkontrolle definiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Markierungen im 3D-Rekonstruktionsbild sichtbare und am Patienten extern angebrachte Markierungen sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem in jedem Koordinatensystem wenigstens drei Markierungen und vorzugsweise jeweils die gleiche Anzahl definiert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mit einem Segmentationsalgorithmus mehrere Punkte des im 3D-Rekonstruktionsbild gezeigten Untersuchungsbereichs definiert und in ihren Koordinaten erfasst werden, und bei dem der in den Untersuchungsbereich eingeführten Katheter an mehrere Punkte bewegt und diese hierdurch definiert und in ihren Koordinaten erfasst werden, so dass jeweils eine bestimmte Fläche mittels der jeweiligen Punkte definiert wird, wobei zur Registrierung unter Verwendung eines geeigneten Oberflächen-Anpass-Algorithmus die Transformationsmatrix anhand der Punkte berechnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Sensorelement des Positionserfassungssystems an einem C-Bogen einer ein Isozentrum aufweisenden Bildaufnahmeeinrichtung, mit der der 3D-Bilddatensatz aufgenommen wurde, verwendet wird, wobei das 3D-Rekonstruktionsbild relativ zum Isozentrum rekonstruiert 25 wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem bei einem sich rhythmisch oder arrhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich zur Rekonstruktion des 3D-Rekonstruktionsbild nur diejenigen Bilddaten verwendet werden, die während einer bestimmten Bewegungsphase, die parallel zur Erfassung der Bilddaten erfasst wird, verwendet werden, wobei während der Erfassung der Position des Katheters die Bewegungsphase ebenfalls erfasst und die Positionsdaten nur dann erfasst werden, wenn sich der Untersuchungsbereich in der gleichen Bewegungsphase befindet, in der das 3D-Rekonstruktionsbild rekonstruiert ist.

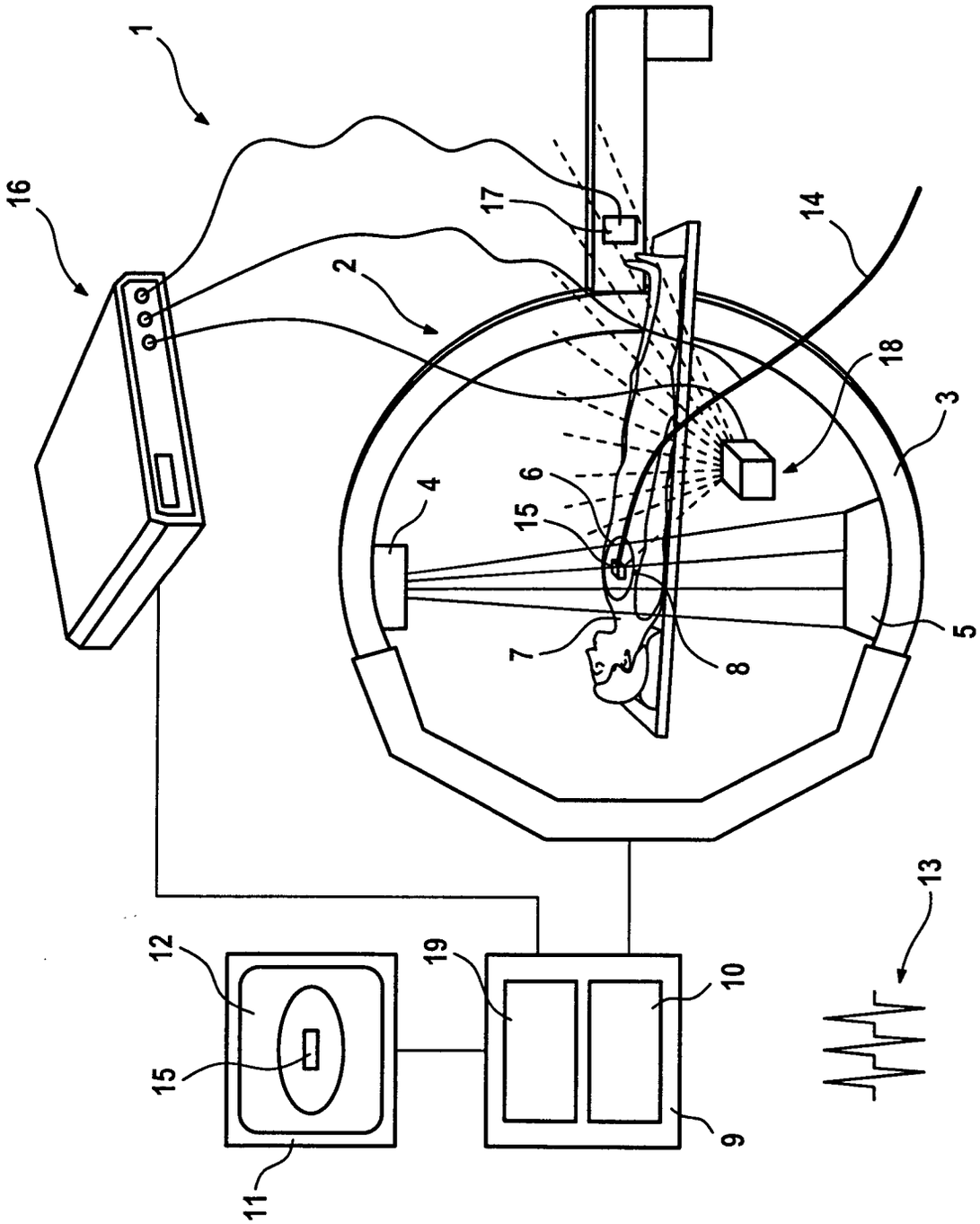
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem zur Rekonstruktion des 3D-Rekonstruktionsbild nur diejenigen Bilddaten verwendet werden, die zusätzlich zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der Bewegungsphase erfasst werden, verwendet werden, wobei während der Erfassung der Position des Katheters die Zeit ebenfalls erfasst und die Positionsdaten zum selben Zeitpunkt innerhalb einer Bewegungsphase erfasst werden, zu dem das 3D-Rekonstruktionsbild rekonstruiert ist.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die gemeinsame Monitordarstellung des 3D-Rekonstruktionsbild mit der eingeblendeten Katheterspitze benutzergeführt verändert, insbesondere gedreht, vergrößert oder verkleinert werden kann.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Katheterspitze im 3D-Rekonstruktionsbild farbig oder blinkend dargestellt wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem als 3D-Bilddatensatz ein präoperativ gewonnener Datensatz oder ein intraoperativ gewonnener Datensatz verwendet wird.

15. Medizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung, umfassend ein Positionserfassungssystem, ausgebildet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: **DE 102 10 645 A1**
Int. Cl.[7]: **A 61 B 6/00**
Offenlegungstag: 9. Oktober 2003