



(10) **DE 103 11 319 B4** 2013.02.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 11 319.3**
(22) Anmeldetag: **14.03.2003**
(43) Offenlegungstag: **13.11.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.02.2013**

(51) Int Cl.: **G06F 19/00 (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).

(30) Unionspriorität:
10/063064 15.03.2002 US

(73) Patentinhaber:
Sra, Jasbir Singh, Pewaukee, Wis., US; GE Medical Systems Global Technology Company, LLC, Waukesha, Wis., US

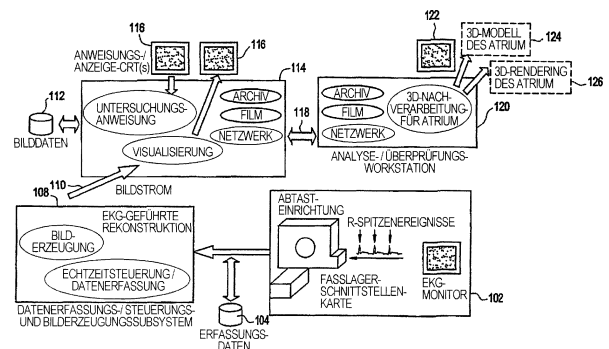
(74) Vertreter:
TBK, 80336, München, DE

(72) Erfinder:
Okerlund, Darin R., Muskego, Wis., US; He, Hui David, Brookfield, Wis., US; Knoplioch, Jerome, Neuilly Sur Seine, FR; Sra, Jasbir S., Pewaukee, Wis., US; Woodford, Mark E., Waukesha, Wis., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
WO 01/ 20 552 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren, System und Computerprodukt zur Planung eines Herzinterventionsverfahrens**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen (124) offenbart, die zur Planung eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Erfassungsdaten werden von einem medizinischen Abbildungssystem erhalten und Herzbilddaten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt. Ein 3D-Modell (124) wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell (124) identifiziert. Das 3D-Modell (124) wird einem Interventionssystem zugeführt, wobei das 3D-Modell (124) in einem Format vorliegt, das im Interventionssystem importiert und registriert werden kann.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zum Planen von Herzinterventionsverfahren und insbesondere auf ein Verfahren zur Verwendung von durch ein medizinisches Abbildungssystem erzeugten Daten bei der Planung eines Herzinterventionsverfahrens.

[0002] Medizinische Diagnose- und Abbildungssysteme sind in modernen Gesundheitsfürsorgeeinrichtungen allgegenwärtig. Derartige Systeme liefern unschätzbare Werkzeuge zum Identifizieren, Diagnostizieren und Behandeln körperlicher Zustände und senken stark das Erfordernis einer diagnostischen Operationsintervention. In vielen Fällen geschieht die endgültige Diagnose und Behandlung nur, nachdem ein behandelnder Arzt oder Radiologe herkömmliche Untersuchungen mit detaillierten Bildern relevanter Bereiche und von Gewebe über eine oder mehrere Abbildungsmodalitäten ergänzt hat.

[0003] Gegenwärtig gibt es eine Vielzahl von Modalitäten für medizinische Diagnose- und Abbildungssysteme. Diese beinhalten Computertomographie-(CT-)Systeme, Röntgensysteme (sowohl herkömmliche als auch digitale oder digitalisierte Abbildungssysteme), Magnetresonanz-(MR-)Systeme, Positronenemissionstomographie-(PET-)Systeme, Ultraschallsysteme und kernmedizinische Systeme. In vielen Fällen ergänzen diese Modalitäten einander und bieten dem Arzt eine Reihe von Verfahren zur Abbildung bestimmter Gewebetypen, Organe, physiologischer Systeme, usw. Gesundheitsfürsorgeeinrichtungen platzieren oft mehrere solcher Abbildungssysteme an einer oder mehreren Einrichtungen, was ihren Ärzten das Verwenden dieser Ressourcen nach den besonderen Patientenanforderungen erlaubt.

[0004] Moderne medizinische Diagnosesysteme beinhalten typischerweise eine Schaltungseinrichtung zur Erfassung von Bilddaten und zum Transformieren der Daten in eine verwendbare Form, die dann zur Erzeugung eines rekonstruierten Bildes interessierender Merkmale im Patienten verarbeitet wird. Die Bilddatenerfassungs- und Verarbeitungsschaltung wird oft ungeachtet der Modalität als „Abtasteinrichtung“ bezeichnet, da oft eine bestimmte Art einer physikalischen oder elektronischen Abtastung bei der Bildungsverarbeitung auftritt. Die bestimmten Komponenten des Systems und der darauf bezogenen Schaltungseinrichtung unterscheiden sich natürlich stark zwischen den Modalitäten aufgrund ihrer unterschiedlichen Physik und Datenverarbeitungsanforderungen.

[0005] Die medizinische Diagnose und Behandlung kann auch unter Verwendung eines Interventionsver-

fahrens durchgeführt werden, wie einer Atrialfibrillations-(AF-)Intervention. Ungefähr 2,2 Millionen Menschen in den Vereinigten Staaten haben AF. Sie ist die üblichste Arrhythmie und ist die beschwerlichste. Sie ist gegenwärtig in den Vereinigten Staaten die unabhängige Ursache Nummer 1 eines Anfalls. Die Häufigkeit von AF erhöht sich mit dem Alter, und steigt nach einem Alter von 60 rapide an. Im Fall einer linken Atrialfibrillation kann Muskelgewebe um eine beliebige der vier Pulmonarvenen (PV), die mit dem linken Atrium (LA) verbunden sind, manchmal ein elektrisches Extrasignal erzeugen, das AF verursacht. Eine gegenwärtige klinische Behandlung dieses Zustands ist eine Ablation unter Verwendung eines speziellen Katheters, das im linken Atrium zur Erzeugung kleiner Läsionen durch Beaufschlagen von Wärme nahe dem Ursprung des problematischen elektrischen Signals positioniert wird. Die Ablationstherapie wird routinemäßig während einer Operation am offenen Herzen in weniger als einer Stunde durchgeführt, ist aber sehr schwierig und zeitaufwendig, wenn das weniger invasive Katheterverfahren angewendet wird.

[0006] Bei dem Beispiel der Ablationstherapie ist das folgende Verfahren typisch. Zuerst wird ein Katheter im LA positioniert, geführt von einer Röntgenfluoroskopie, was ungefähr eine Stunde dauert. Als nächstes wird eine grobe geometrische 3D-Darstellung der LA- und PV-Ostien (Öffnungen) unter Verwendung von 3D-Positionsinformationen von einem speziellen Katheter erfasst, indem versucht wird, den Raum des LA „durchzuwischen“. Die Erfassung einer groben geometrischen 3D-Darstellung dauert ungefähr eine Stunde. Die nächsten Schritte werden in der folgenden Reihenfolge so oft als erforderlich durchgeführt. Ein spezieller Katheter wird zur Erfassung elektrischer Informationen aus einem oder mehreren Herzzyklen verwendet, und diese elektrischen Informationen werden in die grobe geometrische 3D-Darstellung unter Verwendung einer Interventions-systemsoftware abgebildet. Der nächste Schritt dient der Visualisierung dieser Abbildung zum Identifizieren der betroffenen Bereiche, die mit der Ablation behandelt werden sollen. Dann wird Wärme zugeführt, um Läsionen zu erzeugen, wenn die Software diese Orte verfolgt. Der letzte Schritt besteht in der Neuaufnahme der elektrischen Abbildung, um die Auswirkungen der Läsionen zu sehen. Wenn es für die Vervollständigung der Ablationstherapie erforderlich ist, wird das Verfahren mit der Wiederholung der vorstehenden Schritte fortgesetzt, wobei mit der Verwendung eines speziellen Katheters zur Erfassung elektrischer Informationen begonnen wird. Das Ablationsverfahren ist langwierig und arbeitsintensiv.

[0007] In der WO 01/20 552 A1 ist ein Verfahren zum Rendern medizinischer Bilder in Echtzeit beschrieben. Das heißt, Herzbilder werden unter Verwendung eines hochauflösenden medizinischen Abbil-

dungssystems erhalten, das während einer medizinischen Behandlung ein dynamisches mehrdimensionales Modell errichtet. Die Registrierung des generierten Modells umfasst eine zweidimensionale oder dreidimensionale Ortsorientierung.

KURZZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Gesamtdauer einer Herzinterventionsprozedur zu verringern.

[0009] Eine Ausgestaltung der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Dieses Verfahren ist in Patentanspruch 1 definiert. Erfassungsdaten werden von einem medizinischen Abbildungssystem erhalten, und Herzbild-daten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt. Ein 3D-Modell wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt, und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell identifiziert. Das 3D-Modell wird zu einem Interventionssystem geschickt, wobei das 3D-Modell in einem Format ist, das im Interventionssystem importiert und registriert werden kann.

[0010] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Dieses Verfahren ist in Patentanspruch 21 definiert. Erfassungsdaten werden von einem medizinischen Abbildungssystem empfangen. Herzbilddaten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt und ein 3D-Modell wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt. Drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell identifiziert. Das 3D-Modell wird im Interventionssystem im Ansprechen auf die drei anatomischen Kennungsmarkierungen registriert und das 3D-Bild wird im Interventionssystem visualisiert.

[0011] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist ein System zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Dieses System ist in Patentanspruch 23 definiert. Das System umfasst ein medizinisches Abbildungssystem, eine Erfassungsdatenbank, die mit dem medizinischen Abbildungssystem kommuniziert, eine Bilddatenbank, eine Datenübertragungseinrichtung und eine Verarbeitungseinrichtung. Die Verarbeitungseinrichtung kommuniziert mit der Datenübertragungseinrichtung, der Erfassungsdatenbank und der Bilddatenbank. Die Verarbeitungseinrichtung beinhaltet Anweisungen zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Die Anweisungen führen ein Verfahren zum Erhalten von Erfassungsdaten vom medizinischen Abbildungssystem aus, wobei die Erfassungsdaten in der Erfassungsdatenbank gespei-

chert werden. Herzbilddaten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt, wobei die Herzbild-daten in der Bilddatenbank gespeichert werden. Ein 3D-Modell wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell identifiziert. Das 3D-Modell wird zu einem Interventionssystem geschickt, wobei das 3D-Modell in einem Format vorliegt, das im Interventionssystem registriert und importiert werden kann. Die Übertragung wird unter Verwendung der Datenübertragungseinrichtung durchgeführt.

[0012] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist ein System zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Dieses System ist in Patentanspruch 34 definiert. Das System umfasst ein medizinisches Abbildungssystem, eine Erfassungsdatenbank, die mit dem medizinischen Abbildungssystem kommuniziert, eine Bilddatenbank, eine Datenübertragungseinrichtung, ein Interventionssystem, das mit der Datenübertragungseinrichtung kommuniziert, und eine Verarbeitungseinrichtung. Die Verarbeitungseinrichtung kommuniziert mit der Datenübertragungseinrichtung, der Erfassungsdatenbank und der Bilddatenbank. Die Verarbeitungseinrichtung enthält Anweisungen zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Die Anweisungen führen ein Verfahren zum Erhalten von Erfassungsdaten vom medizinischen Abbildungssystem aus, wobei die Erfassungsdaten in der Erfassungsdatenbank gespeichert werden. Herzbild-daten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt, wobei die Herzbilddaten in der Bilddatenbank gespeichert werden. Ein 3D-Modell wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell identifiziert. Das 3D-Modell wird einem Interventionssystem geschickt, wobei das 3D-Modell in einem Format vorliegt, das im Interventionssystem registriert und importiert werden kann. Die Übertragung wird unter Verwendung der Datenübertragungseinrichtung durchgeführt. Das 3D-Modell wird im Interventionssystem empfangen und im Ansprechen auf die drei anatomischen Kennungsmarkierungen registriert. Das 3D-Modell wird im Interventionssystem visualisiert.

[0013] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt zur Erzeugung von 3D-Modellen, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Das Computerprogrammprodukt ist in Patentanspruch 37 definiert. Das Produkt beinhaltet einen Speicherträger, der durch eine Verarbeitungsschaltung lesbar ist, und Anweisungen zur Ausführung durch die Verarbeitungsschaltung speichert. Die Anweisungen zur Ausführung beinhalten das Erhalten von Erfassungsdaten von einem medizinischen Abbildungssystem und die Erzeugung von Herzbilddaten im Ansprechen auf

die Erfassungsdaten. Ein 3D-Modell wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell identifiziert. Das 3D-Modell wird einem Interventionssystem geschickt, wobei das 3D-Modell in einem Format vorliegt, das im Interventionssystem importiert und registriert werden kann.

[0014] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind hier offenbart. Die vorstehend beschriebenen und weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und der Zeichnung ersichtlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0015] Gleiche Komponenten sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0016] [Fig. 1](#) zeigt eine Übersicht eines Herzcomputertomographie-(CT-)Systems, wobei eine Herzabbildung unterstützt wird.

[0017] [Fig. 2](#) zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens, bei dem bei einer Herz-CT erzeugte Bilddaten von einem Interventionsplanungssystem verwendet werden.

[0018] [Fig. 3](#) zeigt ein Ablaufdiagramm eines überarbeiteten Verfahrens zur Durchführung eines Interventionsverfahrens.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0019] [Fig. 1](#) zeigt eine Übersicht eines Beispiel-Herzcomputertomographie-(CT-)Systems, wobei eine Herzabbildung unterstützt wird. Das Herz-CT-System wird als Beispiel angeführt; auch andere bekannte Abbildungssysteme können in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet werden. Der Abtasteinrichtungsabschnitt des Systems **102** enthält einen EKG-Monitor, der R-Spitzenereignisse in die Abtasteinrichtung über eine Abtasteinrichtungsschnittstellenkarte ausgibt. Die Abtasteinrichtungsschnittstellenkarte kann zur Verbindung des EKG-Systems mit der Abtasteinrichtung verwendet werden. Ein Beispiel einer Abtasteinrichtungsschnittstellenkarte ist eine Fasslagerschnittstellenkarte. Das Herz-CT-Subsystem **102** enthält eine EKG-gesteuerte Erfassung oder Bildrekonstruktionsfähigkeiten zur Abbildung des Herzens frei von Bewegung in seiner diastolischen Phase. Daten werden aus der Abtasteinrichtung in ein Subsystem **108** ausgegeben, das Software zur Durchführung einer Datenerfassung, Datensteuerung und Bilderzeugung enthält. Außerdem werden Daten, die aus der Abtasteinrichtung ausgegeben werden und R-Spitzenzeitmarkierungen enthalten, in der Erfassungsdatenbank **104** gespeichert. Die Erfassung wird entsprechend einem oder mehreren Erfassungsprotokollen durchgeführt,

die zur Abbildung des Herzens und insbesondere des linken und/oder rechten Atrium optimiert sind. Die Bilderzeugung wird unter Verwendung eines oder mehrerer optimierter 3D-Protokolle für eine automatische Bildsegmentierung des CT-Bilddatensatzes für die innere Oberfläche des linken und/oder rechten Atrium durchgeführt.

[0020] Gemäß [Fig. 1](#) wird der Bilddatenstrom **110** zur Bedienerkonsole **114** gesendet. Die von der Software an der Bedienerkonsole **114** zum Vorschreiben der Untersuchung und Visualisierung verwendeten Daten werden in einer Bilddatenbank **112** zusammen mit den Daten aus dem Bilddatenstrom **110** gespeichert. Anzeigeschirme **116** sind für den Bediener des Untersuchungsvorschreibe- und Visualisierungsprozesses vorgesehen. Die Bilddaten können archiviert, verfilmt oder über ein Netzwerk zu einer Workstation **120** zur Analyse und Überprüfung gesendet werden, die eine 3D-Nachverarbeitung einschließt. Die in der Workstation **120** gezeigte Nachverarbeitungssoftware liefert vertiefbare Ansichten der Atrien (oder Ventrikelkammern), so dass die Pulmonarvenen beispielsweise von der Innenseite des linken Atrium aus visualisiert werden können. Diese speziellen Ansichten können in einer Datei **126** für ein 3D-Rendering des Atrium gesichert und während des Interventionsverfahrens von der die Intervention durchführenden Person betrachtet werden. Die Nachverarbeitungssoftware sorgt auch für den Export detaillierter 3D-Modelle **124** innerer Oberflächen des linken und/oder rechten Atrium. Im Fall des linken Atrium sind die vier Pulmonarvenen in den 3D-Modellen **124** klar definiert. Die 3D-Modelle **124** enthalten anatomische Kennungsmarkierungen, die für eine 3D-Registrierung im Koordinatensystem des Interventions- oder Therapiesystems verwendet werden können. Die 3D-Modelle **124** können in einem oder mehreren Formate exportiert werden: als geometrisches Maschendrahtmodell, als Satz von Konturen, als segmentiertes Volumen binärer Bilder, oder als DICOM-Objekt unter Verwendung des Strahlungstherapie-(RT-)DICOM-Objektstandards oder als ähnliches Objekt. Auch andere bekannte Formate können zur Speicherung und zum Exportieren der 3D-Modelle **124** verwendet werden. Außerdem kann der Bediener die 3D-Modelle **124** auf einem Anzeigeschirm **122** betrachten. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann das Interventionssystem eine fortgeschrittene 3D-Registrier- und/oder Visualisierungssoftware enthalten, die in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung enthalten ist.

[0021] [Fig. 2](#) zeigt ein Ablaufdiagramm eines Beispielfahrens, bei dem bei einer Herz-CT erzeugte Bilddaten von einem Interventionsplanungssystem verwendet werden. Das Verfahren beginnt mit Schritt **202**, in dem ein Volumen von Daten im Herz-CT-System unter Verwendung eines Protokolls erfasst wird, das für das linke und/oder rechte Atri-

um optimiert ist. Ein Beispiel eines Protokolls, das verwendet werden kann, ist ein Kranzarterienabbildungsprotokoll, das ein Wendelabtasterfassungsverfahren mit gesteuerter Rekonstruktion verwendet. In einem Ausführungsbeispiel können durch das Kranzarterienabbildungsprotokoll verwendete Parameter Fasslagerperioden von 0,5 Sekunden mit Ganghöhenfaktoren von 0,375 unter Verwendung einer Einfach- oder Mehrfachsektorherzrekonstruktion enthalten. Parameter können auch 120 kV, 250 mA und 1,25 mm bei einer Mehrfachschnitt-CT-Abtasteinrichtung enthalten. In Schritt **204** wird der Bilddatensatz unter Verwendung einer Nachverarbeitungssoftware segmentiert, die ein 3D-Protokoll enthält, das zum Extrahieren der inneren Oberfläche des linken und/oder rechten Atrium entwickelt ist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können Nachverarbeitungssoftwarefunktionen die Anwendung einer fortgeschrittenen Gefäßanalyse, das Ablegen von Keimen, die Verwendung einer Bilderkennung und die Durchführung von Regionwachstumsverfahren enthalten. Diese Funktionen können mit einem erworbenen Software-Tool (beispielsweise Advanced Vessel Analysis (AVA)) durchgeführt werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann nach der Anwendung eines Werkzeugs wie AVA beim Bilddatensatz die weitere Verarbeitung eine Schwellenwertbildung, Floater-Filterung, ein Daten-Scalpling, Daten-Bridging und eine Scalpling-Verarbeitung enthalten. Dieser automatische Vorgang in Schritt **204** der Segmentierung von Daten unter Verwendung eines 3D-Protokolls kann eine oder mehrere Warteschlangen vom Bediener erfordern. Ist bei einem Ausführungsbeispiel eine Warteschlange vom Bediener erforderlich, kann der Bediener schrittweise durch die Verarbeitung geführt werden. Des 3D-Protokoll beinhaltet Vorgabeansichten des Volumens und Verarbeitungsschritte, die bei den Daten zur Durchführung der 3D-Segmentierung und der Exportierung durchgeführt werden können.

[0022] Als nächstes wird in Schritt **206** das 3D-Modell erzeugt. Das linke und/oder rechte Atrium wird unter Verwendung eines 3D-Oberflächen- und/oder Volumenrendering-Vorgangs einschließlich einer Versenkungsansicht visualisiert werden. Es ist eine Vielzahl von Volumen-Rendering-Softwarepaketen verfügbar, die ein Volumenrendering (VR) und eine Herzbildqualität (CARDIQ) beinhalten. In Schritt **208** identifiziert der Bediener drei oder mehr spezifische anatomische Kennungsmarkierungen, die zur Registrierung im Interventionssystem zu verwenden sind. Wurde eine feste Registrierung verwendet, sind drei anatomische Kennungsmarkierungen erforderlich. Wurde keine feste Registrierung verwendet, dann können mehr als drei anatomische Kennungsmarkierungen erforderlich sein. Im Fall des linken Atrium können die Sinus- und zwei höher liegende Pulmonarvenen verwendet werden. Kennungsmarkierungen können in einem unterschiedlichen Farbschema als die innere Oberfläche der Herzkammer

visualisiert werden. Alternativ dazu können explizite geometrische Markierungen in das Volumen an den Kennungsmarkierungen eingefügt und die Kammer kann auf lichtdurchlässige Weise mit undurchsichtigen geometrischen Kennungsmarkierungen visualisiert werden. Ein Volumenrenderingwerkzeug, wie das zuvor mit Bezug auf Schritt **206** beschriebene, kann zur Durchführung dieses Schritts verwendet werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Bediener schrittweise durch die Visualisierungs- und Kennungsmarkierungsidentifikation geführt.

[0023] In Schritt **210** werden bestimmte 3D-Renderings gesichert, die für eine visuelle Referenz während des Interventionsplanungsverfahrens angefordert wurden. Die 3D-Renderings können auf viele Arten gesichert werden, was DICOM-Bilder, einen Film oder ein Multimediaformat einschließt. Diese Ansichten können auch mit dem Projektionsbild in einem Fluoroskopiesystem gemischt werden. Ein Fluoroskopiesystem kann die Positionierung einer Röntgenröhre auf einer Seite eines Patienten und einer Erfassungseinrichtung auf der anderen Seite des Patienten zum Erhalten von Echtzeitröntgenbildern enthalten. Ein Fluoroskopiesystem ist ein Beispiel einer Möglichkeit des Führens eines Katheters während einer Behandlung.

[0024] In Schritt **212** wird ein 3D-Modell des linken und/oder rechten Atrium unter Verwendung eines wählbaren Formats exportiert. Mögliche Formate enthalten ein geometrisches Maschendrahtmodell, eine Reihe von Konturen, ein segmentiertes Volumen binärer Bilder und ein DICOM-Objekt, wie das RT-DICOM-Objekt, das gemäß dem Strahlungstherapie-DICOM-Standard verwendet wird. Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden alle nicht relevanten Daten in den binären Bildern auf Null gesetzt, und das segmentierte Volumen der binären Bilder enthält lediglich Informationen ungleich Null. Der Wert der Volumenelemente, der der CT-Dämpfung und der Dichte eines Gewebes in Hounsfield-Einheiten entspricht, bildet das segmentierte Volumen der binären Bilder.

[0025] In Schritt **214** wird das exportierte 3D-Modell in das Interventionssystem eingegeben. Als nächstes wird in Schritt **216** das 3D-Modell mit den identischen Kennungsmarkierungen registriert, die in Schritt **208** identifiziert wurden. Das 3D-Modell kann im Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung fester oder nicht fester Registrierverfahren registriert werden. In Schritt **218** wird das Modell weiter im Interventionssystem visualisiert und elektrische Systeme werden in das Modell abgebildet. Das vorstehende beschriebene Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein 3D-Modell, es könnte aber auf eine beliebige Anzahl von 3D-Modellen erweitert werden, die

durch das Herzabbildungssystem exportiert und das Interventionssystem importiert werden.

[0026] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel enthält das in [Fig. 2](#) gezeigte Verfahren einen zusätzlichen Schritt nach dem Abschluss des Interventionsverfahrens. Dieser Schritt enthält das Importieren von von dem Interventionssystem berechneten elektrischen Signalen in das Herzabbildungssystem sowohl zuvor als auch danach, die anzuzeigen und in einem DICOM-Format zu archivieren sind. Außerdem ist das anhand [Fig. 2](#) beschriebene Verfahren bei einer beliebigen Kammer (beispielsweise dem linken oder rechten Atrium, der linken oder rechten Herzkammer) oder einem beliebigen Gefäß (beispielsweise der rechten Kranzarterie, der absteigenden Aorta) des Herzens anwendbar. Gleichermaßen ist das Verfahren bei einer Ablation oder bei einem anderen Typ einer Interventionsprozedur anwendbar, die eine Planung unter Verwendung von Renderings oder 3D-Modellen erfordert, die durch ein Bilderfassungssystem erzeugt werden. Das in [Fig. 2](#) gezeigte Verfahren ist zusätzlich zu einem Herz-CT-System bei anderen Bilderfassungssystemen anwendbar. Werden die Herzbilder beispielsweise in einem Magnetresonanzbild-(MRI-)System erfasst, enthält Schritt **204** die Verwendung von Herzsegmentierungsalgorithmen, die für eine Nachverarbeitung von Magnetresonanztomographie-(MR-)Bildern optimiert sind.

[0027] [Fig. 3](#) zeigt ein Ablaufdiagramm eines überarbeiteten Beispielverfahrens zur Durchführung einer Interventionsprozedur unter Verwendung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung. Das überarbeitete Verfahren für eine Ablationstherapie beginnt in Schritt **302** mit der Positionierung des Katheters im linken Atrium (LA), geführt von der Röntgenfluoroskopie. Dieser Teil des Verfahrens dauert typischerweise eine Stunde. Als nächstes werden in Schritt **304** drei oder mehr anatomische Kennungsmarkierungen im Atrium unter Verwendung eines Positionskatheters und des Fluoroskopiesystems zur Definition einer Ebene identifiziert. In Schritt **306** führt das Interventionssystem eine 3D-Registrierung des 3D-Modells durch, das vom Herz-CT-System exportiert wird, so dass das Modell in das Interventionssystem-Koordinatensystem transformiert wird. Die Schritte **304** und **306** ersetzen den Teil des aktuellen Interventionsverfahrens, der in der Beschreibungseinleitung beschrieben wurde. Die Erfassung einer groben geometrischen 3D-Darstellung unter Verwendung von 3D-Positionsinformationen von einem speziellen Katheter, indem versucht wird, durch den Raum des LA zu wischen, ist nicht länger erforderlich. Die Verwendung der Schritte **304** und **306** anstelle des herkömmlichen Verfahrens ermöglicht das Abschließen des Interventionsverfahrens in kürzerer Zeit.

[0028] Als nächstes beginnt eine Schleife, die die Schritte **308** bis **310** enthält. In Schritt **308** werden

elektrische Informationen aus einem oder mehreren Herzzyklen unter Verwendung eines speziellen Katheters erfasst. Die elektrischen Informationen werden auf das detaillierte geometrische Modell des Atriums unter Verwendung der Interventionssystemsoftware abgebildet. Als nächstes wird in Schritt **310** die Abbildung zum Identifizieren der betroffenen Bereiche visualisiert, die einer Ablation unterzogen werden sollten. In Schritt **312** wird Wärme zur Erzeugung von Läsionen zugeführt und die Software verfolgt diese Orte. Die elektrische Abbildung wird in Schritt **314** erneut erfasst, um die Wirkungen der Läsion zu sehen. Diese Schritte **308** bis **314** enthaltende Schleife wird so oft wiederholt, wie es zum Abschließen des Interventionsverfahrens erforderlich ist.

[0029] Das Herz-CT-System für eine Atrialfibrillationsplanung liefert Informationen zur Planung von Interventionsverfahren, so dass die die Intervention durchführende Person die Erfassung einer groben geometrischen 3D-Darstellung der LA- und PV-Ostien unter Verwendung eines speziellen Katheters und das Durchwischen des Raums des LA vermeiden kann. Dadurch kann die Gesamtdauer des Interventionsverfahrens verkürzt werden. Außerdem sind mit einer genaueren geometrischen 3D-Darstellung des LA und der PV, als mit dem speziellen Katheter erfasst werden könnte, weniger Iterationen zum Erhalten der Therapie, die Schritte **308** bis **314** in [Fig. 3](#), erforderlich. Die erhöhte Genauigkeit der Geometrie ermöglicht der die Intervention durchführenden Person eine schnellere und präzisere Identifizierung der Ursprünge der problematischen elektrischen Signale.

[0030] Obwohl die vorhergehenden Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf eine medizinische Abbildung beschrieben wurden, ist ersichtlich, dass das Bilderfassungs- und Verarbeitungsverfahren nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt ist, sondern bei nicht-medizinischen Anwendungen angewendet werden kann.

[0031] Wie vorstehend beschrieben, können die Ausführungsbeispiele der Erfindung in der Form computerimplementierter Prozesse und Geräte zum Ausüben dieser Prozesse ausgebildet sein. Ausführungsbeispiele der Erfindung können auch in der Form eines Computerprogrammcodes mit Anweisungen auf einem greifbaren Träger, wie Disketten, CD-ROMs, Festplatten oder einem anderen computerlesbaren Speicherträger ausgebildet sein, wobei dann, wenn das Computerprogramm in einen Computer geladen und von diesem ausgeführt wird, der Computer zu einem Gerät zur Ausübung der Erfindung wird. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung kann auch in der Form eines Computerprogrammcodes ausgebildet sein, beispielsweise auf einem Speicherträger gespeichert, in einen Computer geladen und/oder von ihm ausgeführt oder über ein Übertragungsmedium übertragen werden, wie über eine elektrische Leitung

oder ein Kabel, über Glasfaser oder elektromagnetische Strahlung, wobei dann, wenn das Computerprogramm in einen Computer geladen und von diesem ausgeführt wird, der Computer zu einem Gerät zur Ausübung der Erfindung wird. Sind die Computerprogrammcodesegmente in einem Universalmikroprozessor implementiert, konfigurieren sie den Mikroprozessor zur Erzeugung spezifischer Logikschaltungen.

[0032] Vorstehend ist ein Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen (124) offenbart, die zur Planung eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind. Erfassungsdaten werden von einem medizinischen Abbildungssystem erhalten und Herzbilddaten werden im Ansprechen auf die Erfassungsdaten erzeugt. Ein 3D-Modell (124) wird im Ansprechen auf die Herzbilddaten erzeugt und drei anatomische Kennungsmarkierungen werden im 3D-Modell (124) identifiziert. Das 3D-Modell (124) wird einem Interventionssystem zugeführt, wobei das 3D-Modell (124) in einem Format vorliegt, das im Interventionssystem importiert und registriert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen (124), die bei der Planung eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind, mit den Schritten Erhalten von Erfassungsdaten von einem medizinischen Abbildungssystem (102), Erzeugen von Herzbilddaten (110) aus den Erfassungsdaten unter Verwendung eines Protokolls zur Abbildung einer Herzkammer, Erzeugen eines 3D-Modells (124) der Herzkammer aus den Herzbilddaten (110), Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell (124), Einfügen von drei geometrischen Markierungen an den drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell, Exportieren des 3D-Modells (124) zu einem Interventionssystem, wobei das 3D-Modell (124) die geometrischen Markierungen enthält, Importieren des 3D-Modells (124) mit den geometrischen Markierungen am Interventionssystem, Identifizieren der drei anatomischen Kennungsmarkierungen in einem Koordinatensystem des Interventionssystems, und Registrieren des 3D-Modells (124) im Interventionssystem durch Transformieren des 3D-Modells mit den geometrischen Markierungen in das Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung der drei anatomischen Kennungsmarkierungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Empfangen von durch das Interventionssystem berechneten elektrischen Zuvor- und Danach-Signalen vom Interventionssystem.

3. Verfahren nach Anspruch 2, ferner mit der Speicherung der elektrischen Zuvor- und Danach-Signale in einem DICOM-Format.

4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit den Schritten Erzeugen von 3D-Renderings (126) für eine visuelle Referenz im Ansprechen auf die Herzbilddaten (110) und Senden der 3D-Renderings (126) zum Interventionssystem.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die 3D-Renderings (126) mit einem Projektionsbild im Fluoroskopiesystem gemischt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Erzeugung von Herzbilddaten (110) unter Verwendung eines Werkzeugs zum Führen eines Bedieners durch die Erzeugung von Herzbilddaten (110) durchgeführt wird, die Erzeugung eines 3D-Modells (124) unter Verwendung eines Werkzeugs zum Führen eines Bedieners durch die Erzeugung eines 3D-Modells (124) durchgeführt wird, und das Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen unter Verwendung eines Werkzeugs zum Führen eines Bedieners durch die Identifizierung durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Erzeugung von Herzbilddaten (110) die Schritte enthält Segmentieren der Erfassungsdaten unter Verwendung einer Nachverarbeitungssoftware, die ein 3D-Protokoll und Anweisungen zum Extrahieren einer inneren Oberfläche des interessierenden Bereichs enthält, und Visualisieren des interessierenden Bereichs einschließlich der Erzeugung einer Tiefenansicht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Nachverarbeitungssoftware ferner Anweisungen zum Anwenden einer fortgeschrittenen Gefäßanalyse enthält.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Nachverarbeitungssoftware ferner Anweisungen zum Deponieren von Keimen enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Nachverarbeitungssoftware ferner Anweisungen zur Verwendung von Bilderkennungs-, Schwellen- und morphologischen Operatoren enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Nachverarbeitungssoftware ferner Anweisungen zur Durchführung von Regionwachstumsverfahren enthält.

12. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Visualisierung auf durchlässige Weise mit undurchlässigen

geometrischen Kennungsmarkierungen durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das medizinische Abbildungssystem (**102**) ein Herzcomputertomographiesystem ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das medizinische Abbildungssystem (**102**) ein Magnetresonanzabbildungssystem ist.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das 3D-Modell (**124**) ein geometrisches Maschendrahtmodellformat hat.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das 3D-Modell (**124**) ein Format einer Reihe von Konturen hat.

17. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das 3D-Modell (**124**) ein Format eines segmentierten Volumens binärer Bilder hat.

18. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das 3D-Modell (**124**) ein Format eines DICOM-Objekts hat.

19. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Interventionssystem ein Atrialfibrillationsinterventionssystem ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Atrialfibrillationsinterventionssystem zur Durchführung einer Ablationstherapie verwendet wird.

21. Verfahren zur Erzeugung von 3D-Modellen (**124**), die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind, mit den Schritten
Empfangen von Erfassungsdaten von einem medizinischen Abbildungssystem (**102**) an einem Interventionssystem,
Erzeugen von Herzbilddaten (**110**) aus den Erfassungsdaten unter Verwendung eines Protokolls zur Abbildung einer Herzkammer,
Erzeugen eines 3D-Modells (**124**) der Herzkammer aus den Herzbilddaten (**110**),
Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell (**124**),
Einfügen von drei geometrischen Markierungen an den drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell,
Identifizieren der drei anatomischen Kennungsmarkierungen in einem Koordinatensystem des Interventionssystems,
Registrieren des 3D-Modells (**124**) im Interventionssystem durch Transformieren des 3D-Modells mit den geometrischen Markierungen in das Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung der drei anatomischen Kennungsmarkierungen, und
Visualisieren des 3D-Modells (**124**) im Interventionssystem.

22. Verfahren nach Anspruch 21, ferner mit der Erzeugung von 3D-Renderings (**126**) für eine visuelle Referenz im Ansprechen auf die Herzbilddaten (**110**).

23. System zur Erzeugung von 3D-Modellen (**124**), die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind, mit
einem medizinischen Abbildungssystem (**102**),
einer Erfassungsdatenbank (**104**), die mit dem medizinischen Abbildungssystem (**102**) kommuniziert,
einer Bilddatenbank (**112**),
einer Datenübertragungseinrichtung und
einer Verarbeitungseinrichtung, die mit der Datenübertragungseinrichtung kommuniziert zum:
Erhalten von Erfassungsdaten von dem medizinischen Abbildungssystem (**102**), wobei die Erfassungsdaten in der Erfassungsdatenbank (**104**) gespeichert werden,
Erzeugen von Herzbilddaten (**110**) im Ansprechen auf die Erfassungsdaten unter Verwendung eines Protokolls zur Abbildung einer Herzkammer, wobei die Herzbilddaten (**110**) in der Bilddatenbank (**112**) gespeichert werden,
Erzeugen eines 3D-Modells (**124**) der Herzkammer aus den Herzbilddaten (**110**),
Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell (**124**),
Einfügen von drei geometrischen Markierungen an den drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell,
Exportieren des 3D-Modells (**124**) zu einem Interventionssystem, wobei das 3D-Modell (**124**) die geometrischen Markierungen enthält,
Importieren des 3D-Modells (**124**) mit den geometrischen Markierungen am Interventionssystem,
Identifizieren der drei anatomischen Kennungsmarkierungen in einem Koordinatensystem des Interventionssystems, und
Registrieren des 3D-Modells (**124**) im Interventionssystem durch Transformieren des 3D-Modells mit den geometrischen Markierungen in das Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung der drei anatomischen Kennungsmarkierungen.

24. System nach Anspruch 23, wobei die Verarbeitungseinrichtung Anweisungen zum Implementieren eines Verfahrens enthält, das ferner den Empfang von durch das Interventionssystem berechneten elektrischen Zuvor- und Danach-Signalen vom Interventionssystem umfasst.

25. System nach Anspruch 23, wobei die Verarbeitungseinrichtung Anweisungen zum Implementieren eines Verfahrens enthält, das ferner die Schritte umfasst
Erzeugen von 3D-Renderings (**126**) für eine visuelle Referenz im Ansprechen auf die Herzbilddaten (**110**) und
Senden der 3D-Renderings (**126**) zum Interventionssystem.

26. System nach Anspruch 23, wobei die Erfassungsdatenbank **(104)** eine relationale Datenbank ist.

27. System nach Anspruch 23, wobei die Bilddatenbank **(112)** eine relationale Datenbank ist.

28. System nach Anspruch 23, wobei das medizinische Abbildungssystem **(102)** enthält ein EKG, eine Schnittstellenkarte, die R-Spitzenereignisdaten vom EKG empfängt, und eine Abtasteinrichtung, die mit der Schnittstellenkarte kommuniziert.

29. System nach Anspruch 23, wobei die Datenübertragungseinrichtung ein Netzwerk ist.

30. System nach Anspruch 29, wobei das Netzwerk das Internet ist.

31. System nach Anspruch 23, wobei das medizinische Abbildungssystem **(102)** ein Herzcomputertomographiesystem ist.

32. System nach Anspruch 23, wobei das medizinische Abbildungssystem **(102)** ein Magnetresonanzabbildungssystem ist.

33. System nach Anspruch 23, wobei das Interventionssystem ein Atrialfibrillationsinterventionssystem ist.

34. System zur Erzeugung von 3D-Modellen **(124)**, die zum Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind, mit einem medizinischen Abbildungssystem **(102)**, einer Erfassungsdatenbank **(104)**, die mit dem medizinischen Abbildungssystem **(102)** kommuniziert, einer Bilddatenbank **(112)**, einer Datenübertragungseinrichtung, einem Interventionssystem, das mit der Datenübertragungseinrichtung kommuniziert, und einer Verarbeitungseinrichtung, die mit der Datenübertragungseinrichtung, der Erfassungsdatenbank **(104)** und der Bilddatenbank **(112)** kommuniziert zum:
Erhalten von Erfassungsdaten vom medizinischen Abbildungssystem **(102)**, wobei die Erfassungsdaten in der Erfassungsdatenbank **(104)** gespeichert werden,
Erzeugen von Herzbilddaten **(110)** aus den Erfassungsdaten unter Verwendung eines Protokolls zur Abbildung einer Herzkammer, wobei die Herzbilddaten in der Bilddatenbank **(112)** gespeichert werden,
Erzeugen eines 3D-Modells **(124)** der Herzkammer aus den Herzbilddaten **(110)**,
Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell **(124)**,

Einfügen von drei geometrischen Markierungen an den drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell,
Exportieren des 3D-Modells **(124)** zum Interventionssystem, wobei das 3D-Modell die drei geometrischen Markierungen enthält,
Importieren des 3D-Modells **(124)** mit den geometrischen Markierungen im Interventionssystem,
Identifizieren der drei anatomischen Kennungsmarkierungen in einem Koordinatensystem des Interventionssystems,
Registrieren des 3D-Modells **(124)** im Interventionssystem durch Transformieren des 3D-Modells mit den geometrischen Markierungen in das Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung der drei anatomischen Kennungsmarkierungen, und
Visualisieren des 3D-Modells **(124)** im Interventionssystem.

35. System nach Anspruch 34, wobei die Verarbeitungseinrichtung, das Interventionssystem und das medizinische Abbildungssystem **(102)** sich physikalisch am gleichen geographischen Ort befinden.

36. System nach Anspruch 34, wobei die Verarbeitungseinrichtung, das Interventionssystem und das medizinische Abbildungssystem **(102)** sich physikalisch an mehr als einem geographischen Ort befinden und Daten unter Verwendung der Datenübertragungseinrichtung übertragen werden.

37. Computerprogrammprodukt zur Erzeugung von 3D-Modellen **(124)**, die beim Planen eines Herzinterventionsverfahrens zu verwenden sind, mit einem Speicherträger, der von einer Verarbeitungsschaltung lesbar ist, und Anweisungen zur Ausführung durch die Verarbeitungsschaltung speichert, zum
Erhalten von Erfassungsdaten von einem medizinischen Abbildungssystem **(102)**,
Erzeugen von Herzbilddaten aus den Erfassungsdaten **(104)** unter Verwendung eines Protokolls zur Abbildung einer Herzkammer,
Erzeugen eines 3D-Modells **(124)** der Herzkammer aus den Herzbilddaten **(110)**,
Identifizieren von drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell **(124)**,
Einfügen von drei geometrischen Markierungen an den drei anatomischen Kennungsmarkierungen im 3D-Modell,
Exportieren des 3D-Modells **(124)** zu einem Interventionssystem, wobei das 3D-Modell **(124)** die geometrischen Markierungen enthält,
Importieren des 3D-Modells **(124)** mit den geometrischen Markierungen am Interventionssystem,
Identifizieren der drei anatomischen Kennungsmarkierungen in einem Koordinatensystem des Interventionssystems, und

Registrieren des 3D-Modells (**124**) im Interventions-system durch Transformieren des 3D-Modells mit den geometrischen Markierungen in das Koordinatensystem des Interventionssystems unter Verwendung der drei anatomischen Kennungsmarkierungen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

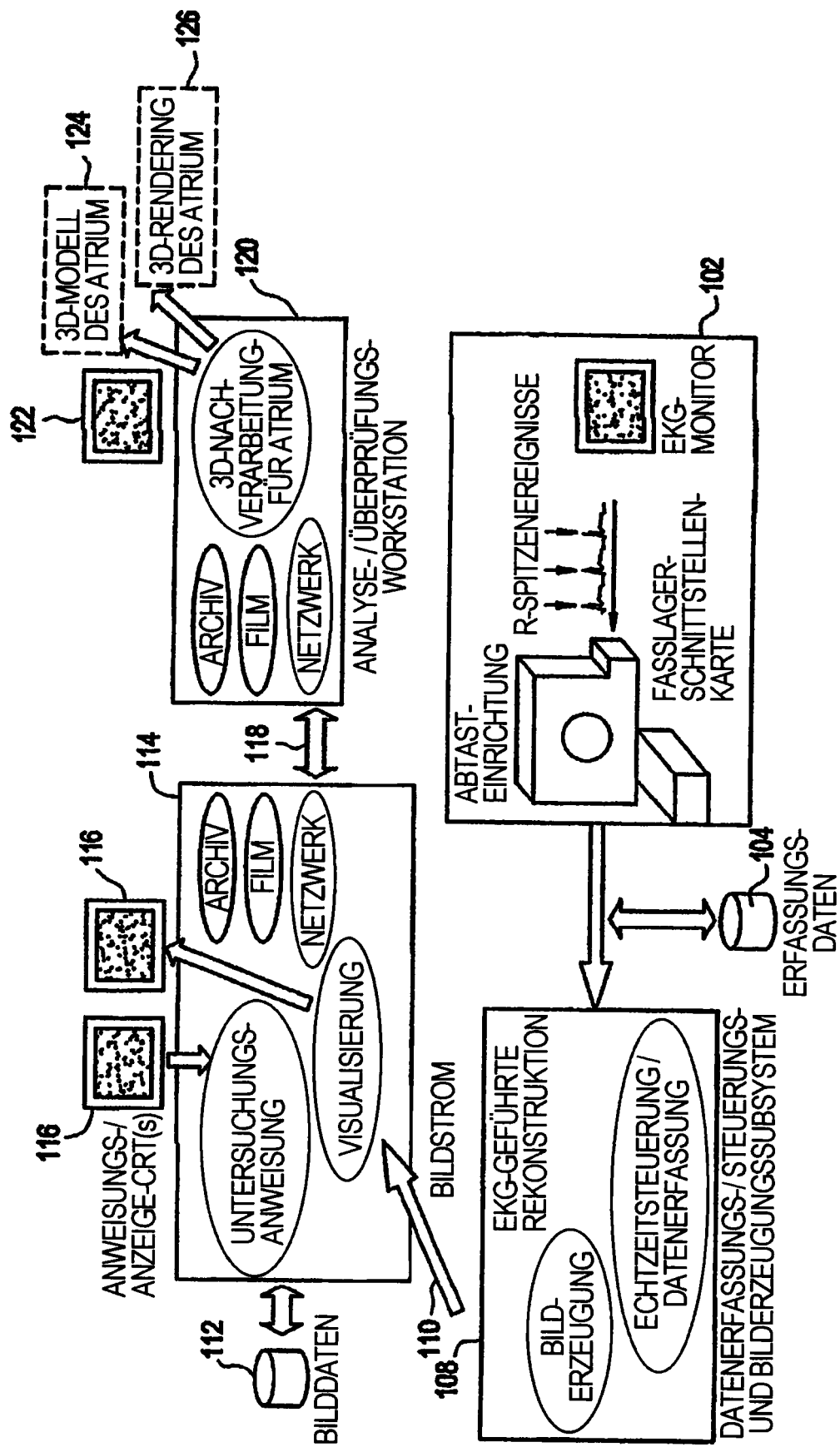


FIG. 2

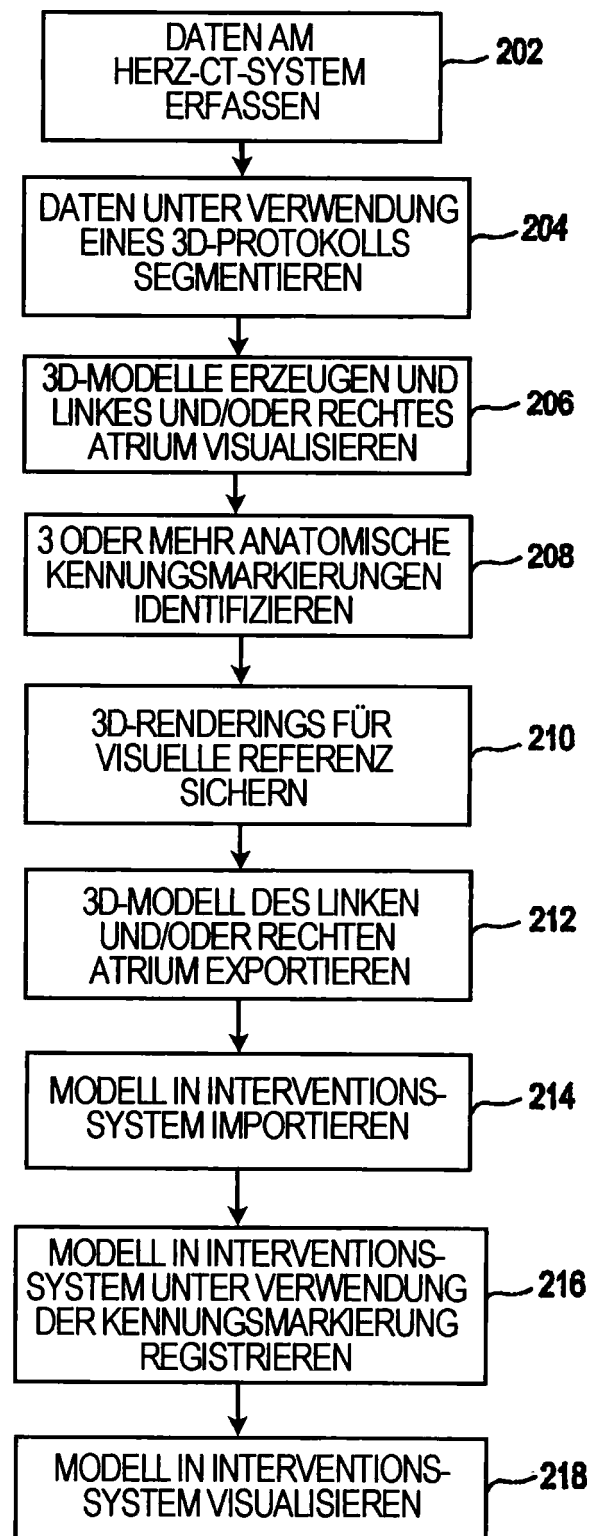


FIG. 3

