



(10) **DE 10 2006 013 476 B4** 2012.11.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 013 476.1**
(22) Anmeldetag: **23.03.2006**
(43) Offenlegungstag: **04.10.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.11.2012**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00** (2006.01)
A61B 8/12 (2006.01)
A61B 17/94 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)
G06T 17/00 (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

(72) Erfinder:
**John, Matthias, Dr., 90429, Nürnberg, DE; Rahn,
Norbert, 91301, Forchheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	102 10 650	A1
DE	103 38 690	A1
DE	103 40 544	A1
DE	103 40 546	A1
US	2005 / 0 207 630	A1
EP	1 415 608	A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur positionsgenauen Darstellung von interessierenden Gewebebereichen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur positionsgenauen Darstellung von interessierenden Gewebebereichen in einer dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung, gewonnen aus einem zuvor aufgenommenen Erstbilddatensatz, eines Hohlorgans eines Patienten, umfassend folgende Schritte:

a) Aufnahme eines dreidimensionalen Katheterbilddatensatzes (13) mittels eines im Hohlorgan platzierten Bildaufnahmekatheters (7),

wobei die Koordinatensysteme des Erstbilddatensatzes und des Katheterbilddatensatzes (13) miteinander registriert sind,

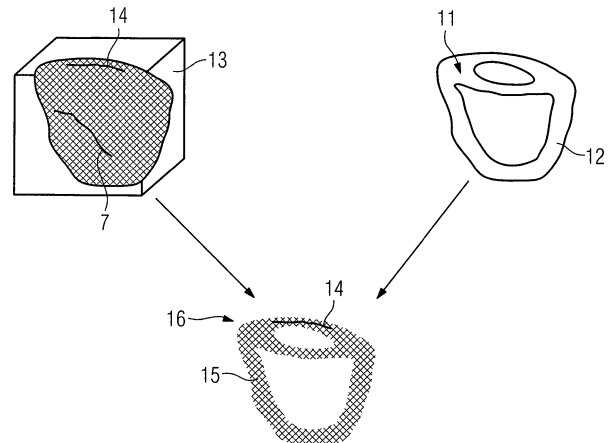
b) Segmentierung eines den interessierenden Gewebebereich umfassenden Gewebeabschnitts aus dem Erstbilddatensatz

und Lokalisierung des Gewebeabschnitts im Koordinatensystem des Erstbilddatensatzes,

c) Ausschneiden von Bilddaten aus dem Katheterbilddatensatz (13) zur Bildung eines Gewebeabschnittsbilddatensatzes, indem der, dem Gewebeabschnitt im Erstbilddatensatz über die Registrierung feststellbar entsprechende Bereich im Katheterbilddatensatz (13) aus dem Katheterbilddatensatz (13) herausgenommen wird,

d) Erzeugung einer Bilddarstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes oder einer Bilddarstellung der aus dem Gewebeabschnittsbilddatensatz extrahierten interessierenden Gewebebereiche und

e) Darstellung der Bilddarstellung nach Schritt d) in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur positionsgenauen Darstellung von interessierenden Gewebebereichen in einer dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung, gewonnen aus einem zuvor aufgenommenen Erstbilddatensatz, eines Hohlorgans eines Patienten.

[0002] Zur Behandlung beispielsweise von Herzrhythmusstörungen kann eine Ablation vorgenommen werden. Dabei wird ein Ablationskatheter in das Herz bzw. den zu behandelnden Bereich des Herzens eingebracht und es werden gezielt Gewebebereiche durch Hochfrequenzströme verödet. Zur Navigation ist es üblich, dass eine Bildüberwachung durch ständige Aufnahme von Katheterbildern durchgeführt wird. Dabei kann der Ablationskatheter selber als Bildaufnahmekatheter dienen oder ein weiterer Bildaufnahmekatheter eingeführt sein. Die bekannteste Technik zur Katheterbildaufnahme ist die intrakardiale Echographie (ICE), eine Ultraschalltechnik.

[0003] Ist das Gewebe an einer bestimmten Stelle verödet, so wird dies eine Läsion genannt. Solche verödeten Gewebebereiche sind in präoperativen Erstbilddatensätzen nicht sichtbar, wobei dies nicht nur für die noch nicht durchgeführten Ablationen gilt, sondern auch für gegebenenfalls aus einer früheren Behandlung entstandene Läsionen. Für den Elektrophysiologen ist es wichtig, zum einen die genaue Lage der Läsionen im Herzen zu kennen, und zum anderen überprüfen zu können, ob eine Läsion vollständig im gewünschten Sinne erzeugt wurde. Diese interessierenden Gewebebereiche, also die Läsionen, sind grundsätzlich in den Katheterbildaufnahmen, die während des Eingriffs aufgenommen werden, zu sehen, jedoch erweist sich eine Zuordnung oder Segmentierung ohne weitere Information als nicht möglich.

[0004] Ähnliche Probleme treten auf bei der Untersuchung bzw. Behandlung anderer Hohlorgane.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem bei Eingriffen in Hohlorganen eine positionsgenaue Darstellung von interessierenden Gewebebereichen gemeinsam mit hoch aufgelösten Anatomiedaten möglich ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalendes Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Der Bildaufnahmekatheter, mit dem der Katheterbilddatensatz aufgenommen wird, kann dabei gleichzeitig ein Eingriffskatheter sein oder aber ein weiterer Katheter, wenn gerade ein Eingriff vorgenommen werden soll. Die Registrierung der Bilddatensätze kann auf zwei Arten durchgeführt werden.

Zunächst kann die Registrierung durch eine Einstellung der Koordinatensysteme des Bildaufnahmekatheters und einer Modalität für die Aufnahme des Erstbilddatensatzes aufgrund einer bekannten Ortsbeziehung der Koordinatensysteme vor Aufnahme des Katheterbilddatensatzes erfolgen. Dies ist beispielsweise dann einfach möglich, wenn beide Modalitäten zu einer einzigen Untersuchungs- oder Behandlungseinrichtung gehören, für die von vornherein ein globales Koordinatensystem festgelegt ist. Gegebenenfalls kann dann auch eine Kalibrierung stattfinden, durch die die Koordinatensysteme aufeinander eingestellt werden, so dass die Katheterbilder unmittelbar in dem Koordinatensystem aufgenommen werden, in dem auch der Erstbilddatensatz vorliegt. Alternativ hierzu kann auch nach Aufnahme des Katheterbilddatensatzes eine Registrierung anhand in beiden Bilddatensätzen erkennbarer anatomischer Strukturen oder ausgezeichneter Punkte erreicht werden. Solche Registrierungsverfahren zur Registrierung beider Koordinatensysteme nach der Aufnahme sind allgemein bekannt.

[0008] Erfindungsgemäß erfolgt dann eine Segmentierung eines das interessierende Gewebe umfassenden Gewebeabschnitts oder eines diesen begrenzenden Gewebes aus dem Erstbilddatensatz. Es sind verschiedene Segmentierungsverfahren zur automatischen Segmentierung denkbar, beispielsweise eine schwellenwertbasierte Segmentierung oder eine so genannte „region growing“-Segmentierung. Die Segmentierung kann auch durch Auswählen von Bereichen in einer Darstellung durch einen Benutzer geschehen, sowie semiautomatisch ablaufen, wobei ein Benutzer einen Ausgangspunkt, insbesondere für eine „region growing“-Segmentierung, in einer Darstellung angibt. Der Gewebeabschnitt kann dabei der interessierende Gewebebereich selbst sein, wenn beispielsweise eine bestimmte Gewebeart interessant ist, oder kann die interessierenden Gewebebereiche lediglich als Unterbereiche umfassen.

[0009] Durch die durchgeführte Lokalisierung und Segmentierung dieses Gewebeabschnitts ist es nun möglich, aufgrund der Registrierung des Erstbilddatensatzes mit dem Katheterbilddatensatz aus dem Katheterbilddatensatz genau die entsprechenden Bereiche auszuwählen und als eigenen Gewebeabschnittsbilddatensatz auszuschneiden, die in den Katheterbildern den Gewebeabschnitt zeigen. Die Segmentierung und Lokalisierung des Gewebeabschnitts dient sozusagen der Bildung einer Maske oder Schablone, mit Hilfe derer der Katheterbilddatensatz auf den eigentlich interessanten Gewebeabschnittsbilddatensatz reduziert werden kann. Es wird folglich eine aus den präoperativen Daten bekannte Information vorteilhafterweise genutzt, um die wirklich relevanten Bilddaten aus den Katheterbildern herauszufiltern. Diese können dann gegebenenfalls weiter bearbeitet werden, um die interessierenden Gewebe-

bereiche darin aufzufinden, falls nicht der Gewebeabschnitt komplett den interessierenden Gewebereich bildet.

[0010] Ist eine Bilddarstellung des Gewebeabschnitts oder der aus ihm abgeleiteten interessierenden Gewebebereiche erzeugt, so erfolgt schließlich die Darstellung in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung. Die Darstellung des Gewebeabschnitts zeigt selbstverständlich auch die interessierenden Gewebebereiche, da der Gewebeabschnitt diese ja umfasst. Der Behandelnde oder Untersuchende bekommt nun alle wichtigen Informationen in einer einzigen Darstellung angezeigt, also sowohl die hoch aufgelöste Anatomie aus dem Erstdatensatz wie auch die positionsgenaue Darstellung der interessierenden Gewebebereiche innerhalb derselben. Die interessierenden Gewebebereiche können dabei dann beispielsweise farblich hervorgehoben werden oder auf andere Art und Weise unterscheidbar von den Bilddaten des Erstdatensatzes in die Darstellung aufgenommen werden. Vorteilhafterweise fallen dabei alle „überflüssigen“ Bilddaten des Katheterbilddatensatzes weg. Dabei sei an dieser Stelle angemerkt, dass es grundsätzlich natürlich auch möglich ist, mehrere interessierende Gewebebereiche auf diese Art und Weise zu behandeln. Beispielsweise können dann ein erster Gewebeabschnitt und ein zweiter Gewebeabschnitt, die jeweils die interessierenden Gewebebereiche umfassen, segmentiert und lokalisiert werden und dann die beiden entstehenden Masken oder Schablonen auf den Katheterbilddatensatz angewandt werden.

[0011] Besonders vorteilhaft ist das Verfahren im Rahmen von Ablationsbehandlungen am Herzen einsetzbar. Dabei kann als Hohlorgan das Herz aufgenommen werden und als Gewebeabschnitt das Myokard betrachtet werden. Das Myokard ist der ausgedehnte Gewebereich zwischen dem Endokard und dem Epikard, in dem die Läsionen bei der Ablationsbehandlung entstehen und in dem sie vollständig im Sinne des Behandlungsplans erzeugt werden müssen. Zur Segmentierung des Myokards sind verschiedene Alternativen denkbar. So kann das Endokard aus dem Erstdatensatz segmentiert werden, wobei das Myokard als das Endokard mit einer vorbestimmten Dicke umgebend festgelegt wird, wobei im Blut eventuell ein Kontrastmittel vorhanden ist. Hierbei wird also ein den Gewebeabschnitt begrenzendes Gewebe aus dem Erstdatensatz segmentiert. Das Myokard weist eine über große Bereiche im Wesentlichen gleichmäßige Dicke auf, so dass eine solche Annahme zu praktisch verwendbaren Ergebnissen führt. In einer anderen Alternative kann das Myokard unmittelbar segmentiert werden. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn ein sich im Myokard anreicherndes Kontrastmittel injiziert wird, um den Segmentierungsvorgang zu vereinfachen. Als dritte Möglichkeit können schließlich das

Endokard und das Epikard segmentiert werden, wobei das Myokard als der dazwischen liegende Bereich festgelegt wird. Auch hierbei wird die Lage und Ausdehnung des Myokards exakt bestimmt. Schließlich können auch Teile der oder die gesamte Segmentierung manuell erfolgen. Dazu wird einem Benutzer der Erstdatensatz angezeigt und dieser wählt entweder beispielsweise einen Startpunkt für eine „region growing“-Segmentierung oder markiert das Myokard komplett, wodurch es lokalisiert wird. Im letzten Schritt des Verfahrens wird, unabhängig davon, wie das Myokard lokalisiert wurde, nun entweder das Myokard selber in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung mit den sichtbaren Läsionen (Gewebeabschnitt mit interessierenden Gewebebereichen) angezeigt oder nur die Läsionen (interessierende Gewebebereiche).

[0012] Dabei werden selbstverständlich nicht nur die während des momentanen Eingriffs erzeugten Läsionen angezeigt, sondern auch Läsionen einer zurückliegenden Ablationsprozedur. Sind auch Aufnahmen der zurückliegenden Ablationsprozedur vorhanden, aus denen die älteren Läsionen identifiziert und lokalisiert werden können, so können die bereits in diesem Eingriff entstandenen Läsionen speziell gekennzeichnet in der hoch aufgelösten dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung visualisiert werden.

[0013] Die bei der Ablation im Herzen auftretenden Läsionen sind nur ein Spezialfall von Anomalien, die die interessierenden Gewebebereiche im Sinne der vorliegenden Erfindung bilden können. Diese Anomalien, insbesondere die Läsionen, als interessierende Gewebebereiche können nun vorteilhafterweise anhand des Gewebeabschnittsbilddatensatzes extrahiert und in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung dargestellt werden. Durch die Auswahl des Gewebeabschnittsbilddatensatzes ist es meist erst möglich, eine effektive und verlässliche Extraktion der Anomalien zu erreichen.

[0014] Zur Extraktion dieser Anomalien aus dem Gewebeabschnittsbilddatensatz sind mehrere zweckmäßige Alternativen denkbar. Zum einen können die Anomalien, insbesondere die Läsionen, anhand eines insbesondere schwellwertbasierten Segmentierungsverfahrens automatisch extrahiert werden. Als Ausgangspunkt hierfür oder alternativ dazu können die Anomalien, insbesondere die Läsionen, in einer an einem Monitor ausgegebenen Darstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes von einem Benutzer als Ausgangspunkt für die Extrahierung markiert werden. Dies ist insbesondere für sogenannte „region growing“-Segmentierungen hilfreich. Alternativ zu diesen Möglichkeiten können die Anomalien, insbesondere die Läsionen, in einer an einem Monitor ausgegebenen Darstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes vollständig von einem Benutzer markiert werden und die Markierungen extrahiert wer-

den. Dabei nutzt also der Benutzer sein vorhandenes Fachwissen, um die Anomalien, insbesondere die Läsionen, in dem Gewebeabschnittsbilddatensatz möglichst genau zu lokalisieren.

[0015] Durch diese Extraktion der Anomalien wird weitere überflüssige Information vermieden, der Untersuchende oder Behandelnde erhält folglich nur die ihn wirklich interessierenden Gewebebereiche, die Anomalien, als zusätzliche Elemente in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung. Es ist auf einen Blick erkennbar, wo exakt die Anomalien, insbesondere die Läsionen, liegen.

[0016] Zur letztendlichen Darstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes oder der aus ihm abgeleiteten interessierenden Gewebebereiche in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung sind mehrere vorteilhafte Möglichkeiten denkbar. So können der Gewebeabschnittsbilddatensatz oder die aus ihm abgeleiteten interessierenden Gewebebereiche durch Projektion auf eine Grenze des Gewebeabschnitts, insbesondere das Endokard, dargestellt werden. Insbesondere eignet sich hierfür die Verwendung eines „maximum intensity projection“-Verfahrens. In dem Fall, in dem das Herz das Hohlorgan bildet, kann eine dreidimensionale Ansicht von innen erzeugt werden, wobei extrahierte Läsionen einfach auf das Epikard eingeblendet werden und sofort zu erkennen sind. Alternativ oder zusätzlich kann der entsprechende Bereich des Gewebeabschnittsbilddatensatzes oder der daraus abgeleiteten interessierenden Gewebebereiche einem Schnitt durch den Gewebeabschnitt, insbesondere das Myokard, überlagert dargestellt werden. Dabei kann zweckmäßigerweise eine andere Farbe oder eine andere Darstellungsart verwendet werden, damit der Betrachtende die Informationen leichter voneinander trennen kann und die gewünschten Informationen somit schneller erhält. Einem solchen Schnitt können insbesondere auch Tiefeninformationen entnommen werden.

[0017] Insbesondere kann die Darstellung als eine „Fly“-Visualisierung oder durch „volume rendering“ erfolgen. Die „volume rendering“-Technik (VRT) ermöglicht eine Ansicht von außen auf das Hohlorgan, die „Fly“-Visualisierung eine Ansicht von innen.

[0018] Üblicherweise kann der dreidimensionale Katheterbilddatensatz aus zweidimensionalen Katheterbildern rekonstruiert werden. Dabei kann zweckmäßigerweise zur Rekonstruktion des Katheterbilddatensatzes die Orts- und Orientierungsinformation eines Ortungs- oder Navigationssystems verwendet werden. Ein solches Ortungssystem kann auch vorteilhafterweise zur Kalibrierung im Rahmen der Registrierung der Koordinatensysteme verwendet werden.

[0019] Mit besonderem Vorteil kann das Verfahren in Echtzeit durchgeführt werden. Damit kann beispiels-

weise während einer Ablationsprozedur die korrekte Lage sowie die Vollständigkeit der Läsionen ständig kontrolliert und überwacht werden. Der Arzt kann dabei das Entstehen der Läsionen positionsgenau und in Echtzeit verfolgen und den weiteren Ablauf der Prozedur auf diese hochexakten Informationen abstimmen.

[0020] Oft sind im Katheterbilddatensatz auch weitere Daten enthalten, die bei einer Darstellung in Echtzeit vorteilhafterweise in die dreidimensionale Rekonstruktionsdarstellung eingefügt werden können. So kann beispielsweise aus dem Katheterbilddatensatz ein Interventionskatheter, insbesondere ein Ablationskatheter, extrahiert und in der dreidimensionalen Rekonstruktion dargestellt werden. Der Behandelnde oder Untersuchende kann somit beispielsweise bei einem Eingriff am Herzen den Ablationskatheter gezielt so steuern, dass beispielsweise unvollständige Verödungen, also Läsionen, vervollständigt werden können.

[0021] Als Bildaufnahmekatheter kann dabei zweckmäßigerweise ein Ultraschallbildaufnahmekatheter, insbesondere ein ICE-Katheter, verwendet werden. Der Erstdatensatz kann ein Computertomographiebilddatensatz oder ein Magnetresonanzbilddatensatz sein. Es sind jedoch auch andere Aufnahme-modalitäten im Rahmen dieses Verfahrens verwendbar.

[0022] Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass bei vom Herzzyklus oder Atemzyklus beeinflussten Hohlorganen im Rahmen des Verfahrens selbstverständlich nur Bilddatensätze gemeinsam verarbeitet werden sollten, die der gleichen EKG- bzw. Atemphase angehören. Zu diesem Zweck kann beispielsweise eine bekannte EKG- oder Atmungstriggerung durchgeführt werden. Alternativ kann zu jedem Bild die EKG-Phase aufgezeichnet werden und Bilder mit gleicher Phase können gemeinsam weiter bearbeitet werden.

[0023] Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine medizinische Untersuchungseinrichtung, in der das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden kann,

[0025] [Fig. 2](#) ein Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0026] [Fig. 3](#) eine Prinzipskizze zur Erläuterung der Verfahrensschritte,

[0027] [Fig. 4](#) die Darstellung eines Schnittes durch das Myokard mit eingeblendeten Läsionen, und

[0028] **Fig. 5** eine Prinzipskizze zur „maximum intensity projection“.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine medizinische Untersuchungseinrichtung **1**. In dieser können Herzablationsprozeduren vorgenommen werden. Dazu wird zunächst präoperativ in einer Computertomographieanlage **2** ein Erstbilddatensatz aufgenommen, aus dem eine dreidimensionale Rekonstruktionsdarstellung des Herzens gewinnbar ist. Während der eigentlichen Operation befindet sich ein Patient **3** auf einer Patientenliege **4**. Über eine geeignete Sensorik **5** überwacht ein EKG-Messgerät **6** den Herzzyklus. Ein Katheter **7** ist in das Herz des Patienten eingeführt. Er umfasst eine Ablationseinrichtung sowie eine Bildaufnahmeeinrichtung und wird über ein Kathetersteuergerät **8** angesteuert. Durch die Verbindung des EKG-Messgerätes **6** mit dem Kathetersteuergerät **8** können EKG-getriggerte Bilder aufgenommen werden. Eine ähnliche Triggerungseinrichtung ist für die Computertomographieanlage **2** vorgesehen und verwendbar. Über die Bildaufnahmeeinrichtung des Katheters **7** kann ein Katheterbilddatensatz in Echtzeit während eines Eingriffs aufgezeichnet werden. Die Katheterbilder werden, gegebenenfalls zusammen mit EKG-Daten des EKG-Messgerätes **6**, von dem Kathetersteuergerät **8** an eine Recheneinrichtung **9** weitergegeben, in der auch schon die Bilddaten eines in der Computertomographieanlage aufgenommenen Erstbilddatensatzes abgelegt sind. Ein Monitor **10** dient zur Darstellung von Bilddaten. Die Recheneinrichtung **9** ist nun dazu ausgebildet, in Echtzeit unter Verwendung von Informationen aus dem Erstbilddatensatz das Myokard oder die darin enthaltenen Läsionen zu extrahieren und in einer dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung des Erstbilddatensatzes positionsgenau in hoch aufgelöster Anatomie darzustellen.

[0030] **Fig. 2** zeigt einen Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens, wie es in Echtzeit unter Verwendung der medizinischen Untersuchungseinrichtung **1** durchgeführt werden kann.

[0031] Zunächst wird in Schritt S1 ein Erstbilddatensatz mittels der Computertomographieanlage **2** aufgenommen. Während des Eingriffs wird dann mittels der Bildaufnahmeeinrichtung des Katheters **7**, hier einer ICE-Einrichtung, ein Katheterbilddatensatz aufgenommen, und zwar so EKG-getriggert, dass die EKG-Phase des Katheterbilddatensatzes der EKG-Phase des Erstbilddatensatzes entspricht. Hierbei werden zunächst zweidimensionale Schnittbilder aufgenommen, aus denen mit Hilfe der Recheneinrichtung **9** oder schon im Kathetersteuergerät **8** der dreidimensionale Katheterbilddatensatz rekonstruiert wird.

[0032] Im Schritt S3 werden die Koordinatensysteme, also das des Erstbilddatensatzes und das des Katheterbilddatensatzes, miteinander registriert. Da-

zu können allgemein bekannte Registrierungsverfahren verwendet werden. Ist in der medizinischen Untersuchungseinrichtung **1** bereits ein globales Koordinatensystem definiert, auf das die Computertomographieanlage **2** bzw. der Katheter **7** kalibriert werden können, so kann diese Kalibrierung bereits vor der Aufnahme des Katheterbilddatensatzes in Schritt S2 durchgeführt werden. In einem solchen Fall würde Schritt S3 entfallen.

[0033] Im Schritt S4 soll nun der Bereich des Erstbilddatensatzes lokalisiert werden, in welchem sich das Myokardgewebe befindet, in dem die Läsionen erzeugt werden sollen bzw. erzeugt worden sind. Das Myokard selber ist in den ICE-Aufnahmen des Katheters **7** nur schwer zu erkennen, so dass es letztendlich drei Möglichkeiten gibt, es zu lokalisieren, die in **Fig. 2** durch die Schritte S4a, S4b und S4c als Alternativen dargestellt sind.

[0034] In einer ersten Alternative, Schritt S4a, wird zunächst das Endokard segmentiert. Das Endokard ist recht leicht aufzufinden, da es die Blutmasse vom Gewebe trennt, wobei im Blut eventuell ein Kontrastmittel vorhanden sein kann. Da das Myokard sich an das Endokard anschließt und eine recht gleichmäßige Dicke aufweist, wird nun ein Bereich einer festen Dicke, beispielsweise 5 mm, um das Endokard als der Bereich bestimmt, in dem das Myokard lokalisiert wurde.

[0035] Eine andere Möglichkeit, das Myokard zu lokalisieren, ist durch Verabreichung eines Kontrastmittels gegeben, das sich im Myokard anreichert und im Erstbilddatensatz sichtbar ist. Bei Verwendung eines solchen Kontrastmittels lässt sich, vgl. Schritt S4b, das Myokard unmittelbar segmentieren.

[0036] Die dritte Alternative ist die Segmentierung des Endokards und des Epikards. Diese beiden Gewebereiche schließen zwischen sich das Myokard ein, so dass sich der Bereich, in dem sich das Myokard befindet, als der zwischen dem Epikard und dem Endokard liegende Bereich ergibt.

[0037] Selbstverständlich ist eine solche Segmentierung prinzipiell auch unter manueller Mitwirkung eines Benutzers oder insgesamt durch einen Benutzer möglich.

[0038] Damit ist nun bekannt, wo sich im Koordinatensystem des Erstbilddatensatzes, das ja mit dem Koordinatensystem des Katheterbilddatensatzes registriert ist, der zunächst gesuchte Gewebeabschnitt, das Myokard befindet. Der entsprechende Bereich – über die Registrierung leicht festzustellen – im Katheterbilddatensatz, der dann folglich ebenso das Myokard zeigt, kann nun aus dem Katheterbilddatensatz herausgenommen werden. Dies geschieht in Schritt S5. Der Bereich, in dem das Myokard lokalisiert wur-

de, wird also praktisch wie eine Maske oder Schablone über den Katheterbilddatensatz gelegt und es werden lediglich die von dieser Maske bzw. Schablone erfassten Bereiche des Bilddatensatzes weiter betrachtet. Dieser verbleibende Rest des Katheterbilddatensatzes ist der Myokardbilddatensatz. Es werden folglich nur die aus dem Myokardgewebe aufgenommenen Katheterbilddaten weiter betrachtet, da hier die Läsionen zu finden sind, die letztendlich gesucht werden.

[0039] Nun gibt es wieder zwei Möglichkeiten, weiter zu verfahren. Eine Möglichkeit ist die unmittelbare Darstellung des Myokardbilddatensatzes in einer 3D-Rekonstruktionsdarstellung des Erstdatensatzes, Schritt S6a. Die Bilddaten des Myokardbilddatensatzes werden, gegebenenfalls in anderer Farbe oder auf andere Art und Weise gekennzeichnet, positionsgenau in die detailgetreu dargestellte Anatomie der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung des Erstdatensatzes eingeblendet. Der erfahrene Arzt kann nun anhand der zusätzlich zu sehenden ICE-Daten die Läsionen auf dem Bild erkennen sowie ihre Lage, Orientierung und Vollständigkeit beurteilen, um danach sein weiteres Vorgehen zu bestimmen.

[0040] Alternativ ist es aber auch möglich, Schritt S6b, die Läsionen aus dem Myokardbilddatensatz zu extrahieren. Dies kann automatisch anhand eines Segmentierungsverfahrens geschehen, jedoch auch semiautomatisch oder durch den Benutzer selber. Wirkt der Benutzer mit, so wird der Myokardbilddatensatz auf dem Monitor **10** angezeigt und der Benutzer kann einen Startpunkt für die Segmentierung angeben oder gar die Läsionen vollständig markieren. Diese werden dann extrahiert, das bedeutet, es kann entweder nur gespeichert werden, ob sich an einem Voxel eine Läsion befindet (binär: „ja“ oder „nein“). Alternativ kann der Myokardbilddatensatz weiter „beschnitten“ werden, indem nur die Bilddaten aus den Bereichen behalten werden, die Läsionen enthalten. Auf jeden Fall entsteht ein Läsionsbilddatensatz. Auch dieser wird nun, Schritt S6c, in einer dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung des Erstdatensatzes mit dargestellt, so dass der Benutzer bzw. Arzt seine entsprechenden Entscheidungen treffen kann.

[0041] Ist der Eingriff beendet, Schritt S7, so wird auch das Verfahren beendet, wobei die erhaltenen Bilddatensätze selbstverständlich gespeichert werden können, um später kontrolliert oder näher untersucht zu werden. Wird der Eingriff fortgesetzt, so beginnt das Verfahren mit der Aufnahme eines neuen Katheterbilddatensatzes im Schritt S2 von neuem, damit eine Darstellung in Echtzeit ermöglicht wird. Der Arzt kann somit betrachten, wie durch die Eingriffe eine Veränderung des Herzgewebes auftritt.

[0042] **Fig. 3** zeigt in Form einer schematischen Skizze genauer, wie der Gewebeabschnittsbilddatensatz, hier der Myokardbilddatensatz, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhalten wird. Das Bezugszeichen **11** zeigt die aus dem dreidimensionalen Erstdatensatz erhaltene Lokalisierung des Myokards **12**, die durch entsprechende Segmentierung in den Schritten S4a, S4b oder S4c ermittelt wurde. Gleichzeitig liegt ein Katheterbilddatensatz **13** vor, in dem das Myokard selber nicht genau erkennbar ist, dafür kann man eine vermutliche Läsion **14** und den Katheter **7** im Katheterbilddatensatz **13** erkennen. Die Ortsinformation des Myokards **12** wird nun wie eine Schablone über den Katheterbilddatensatz **13** gelegt und es werden nur die Bereiche **15** weiter betrachtet, in denen im Katheterbilddatensatz **13** das Myokard zu sehen ist. Das ergibt den Myokardbilddatensatz **16**. Offenbar handelt es sich bei der Läsion **14** tatsächlich um eine Läsion, denn sie befindet sich im Myokard. Die Läsion **14** kann nun beispielsweise, vgl. Schritt **6b**, noch extrahiert werden.

[0043] An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass, da die Koordinatensysteme des Katheterbilddatensatzes und des Erstdatensatzes ohnehin registriert sind, auch die aus dem Katheterbilddatensatz **13** erhaltbare Ortsinformation über den Katheter **7** zweckmäßigerweise ermittelt werden kann, um die Position des Katheters **7** in den Echtzeitdarstellungen der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung des Erstdatensatzes und der Läsionen oder des Myokards ebenso mit hoher Präzision einzublenden.

[0044] Zur Darstellung gibt es im erfindungsgemäßen Verfahren mehrere Möglichkeiten. Über die „volume rendering“-Technik (VRT) kann eine dreidimensionale Ansicht des Herzens von außen geschaffen werden. Die „Fly“-Visualisierung ermöglicht eine Ansicht von innen.

[0045] Die Darstellung der Läsionen bzw. des Myokards in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung kann einfach durch Überlagerung erfolgen. Zwei Darstellungsoptionen sollen im Folgenden noch näher erläutert werden.

[0046] **Fig. 4** zeigt eine Schnittdarstellung durch das Myokardgewebe **17**. Das Myokardgewebe **17** wird herzinnenseitig durch das Endokard **18** begrenzt und vom Blut **19** getrennt. Durch Verfärbung bzw. Verdunkelung als Überlagerung der Bilddaten des Erstdatensatzes ist eine extrahierte Läsion **20** mit dargestellt. Durch diese Schnittdarstellung erhält man vorteilhafterweise eine genaue Tiefeninformation über die Läsion **20**. Zusätzlich ist auch in dieser Schnittdarstellung der in diesem Schnitt befindliche Katheter **7** dargestellt.

[0047] Es ist jedoch auch möglich, insbesondere in der „Fly“-Visualisierung, die Informationen über das Myokard bzw. die Läsionen beispielsweise auf eine Oberfläche, insbesondere das Endokard, zu projizieren. Dazu kann beispielsweise die „maximum intensity projection“-Methode verwendet werden. Dabei wird der Voxel mit dem höchsten Wert entlang einer senkrecht oder entlang einer definierten Richtung zur Endokardoberfläche nach hinten ins Myokard führenden Linie auf dem Endokard dargestellt. Hierbei geht die Tiefeninformation im Schnittbild aus **Fig. 4** verloren, jedoch ist eine einfach zu interpretierende dreidimensionale Ansicht möglich. Als Beispiel hierfür zeigt **Fig. 5** einen Ausschnitt aus der Endokardoberfläche **21**. Bei **22** ist eine darauf projizierte Läsion zu sehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur positionsgenauen Darstellung von interessierenden Gewebebereichen in einer dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung, gewonnen aus einem zuvor aufgenommenen Erstbilddatensatz, eines Hohlorgans eines Patienten, umfassend folgende Schritte:

- a) Aufnahme eines dreidimensionalen Katheterbilddatensatzes (**13**) mittels eines im Hohlorgan platzierten Bildaufnahmekatheters (**7**), wobei die Koordinatensysteme des Erstbilddatensatzes und des Katheterbilddatensatzes (**13**) miteinander registriert sind,
- b) Segmentierung eines den interessierenden Gewebebereich umfassenden Gewebeabschnitts aus dem Erstbilddatensatz und Lokalisierung des Gewebeabschnitts im Koordinatensystem des Erstbilddatensatzes,
- c) Ausschneiden von Bilddaten aus dem Katheterbilddatensatz (**13**) zur Bildung eines Gewebeabschnittsbilddatensatzes, indem der, dem Gewebeabschnitt im Erstbilddatensatz über die Registrierung feststellbar entsprechende Bereich im Katheterbilddatensatz (**13**) aus dem Katheterbilddatensatz (**13**) herausgenommen wird,
- d) Erzeugung einer Bilddarstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes oder einer Bilddarstellung der aus dem Gewebeabschnittsbilddatensatz extrahierten interessierenden Gewebebereiche und
- e) Darstellung der Bilddarstellung nach Schritt d) in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Hohlorgan das Herz aufgenommen wird und der Gewebeabschnitt das Myokard (**12**) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt b) entweder das Endokard (**18**) aus dem Erstbilddatensatz segmentiert wird, wobei das Myokard (**12**) als das Endokard (**18**) mit einer vorbestimmten Dicke umgebend festgelegt wird, oder

die Segmentierung des Myokards (**12**), insbesondere aufgrund eines im Myokard (**12**) angereicherten Kontrastmittels, erfolgt oder das Endokard und das Epikard segmentiert werden, wobei das Myokard als der dazwischen liegende Bereich festgelegt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als interessierender Gewebebereich Anomalien, insbesondere Läsionen (**14**, **20**), anhand des Gewebeabschnittsbilddatensatzes extrahiert und in der dreidimensionalen Rekonstruktionsdarstellung dargestellt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anomalien, insbesondere die Läsionen (**14**, **20**), anhand eines insbesondere schwellenwertbasierten Segmentierungsverfahrens automatisch extrahiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anomalien, insbesondere die Läsionen, in einer an einem Monitor ausgegebenen Darstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes von einem Benutzer als Ausgangspunkt für die Extrahierung markiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anomalien, insbesondere die Läsionen, in einer an einem Monitor ausgegebenen Darstellung des Gewebeabschnittsbilddatensatzes vollständig von einem Benutzer markiert werden und die Markierungen extrahiert werden

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewebeabschnittsbilddatensatz oder die aus ihm extrahierten interessierenden Gewebebereiche durch Projektion auf eine Grenze des Gewebeabschnitts, insbesondere das Endokard (**18**), dargestellt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektion als eine „maximum intensity projection“ erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der entsprechende Bereich des Gewebeabschnittsbilddatensatzes oder der daraus extrahierten interessierenden Gewebebereiche einem Schnitt durch den Gewebeabschnitt, insbesondere das Myokard (**12**), überlagert dargestellt werden.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Darstellung als eine „Fly“-Visualisierung oder durch Volumenrendering erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der dreidi-

mensionale Katheterbilddatensatz (13) aus zweidimensionalen Katheterbildern rekonstruiert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Rekonstruktion des Katheterbilddatensatzes (13) die Orts- und Orientierungsinformation eines Ortungssystems verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Bildaufnahmekatheter (7) ein Ultraschallbilddatensatzkatheter, insbesondere ein ICE-Katheter, verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es in Echtzeit durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Katheterbilddatensatz (13) ein Interventionskatheter, insbesondere Ablationskatheter, extrahiert und in der dreidimensionalen Rekonstruktion dargestellt wird.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Erstdatensatz ein Computertomographiebilddatensatz oder ein Magnetresonanzbilddatensatz verwendet wird.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmentierung Schwellenwert-basiert oder "region growing"-basiert erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

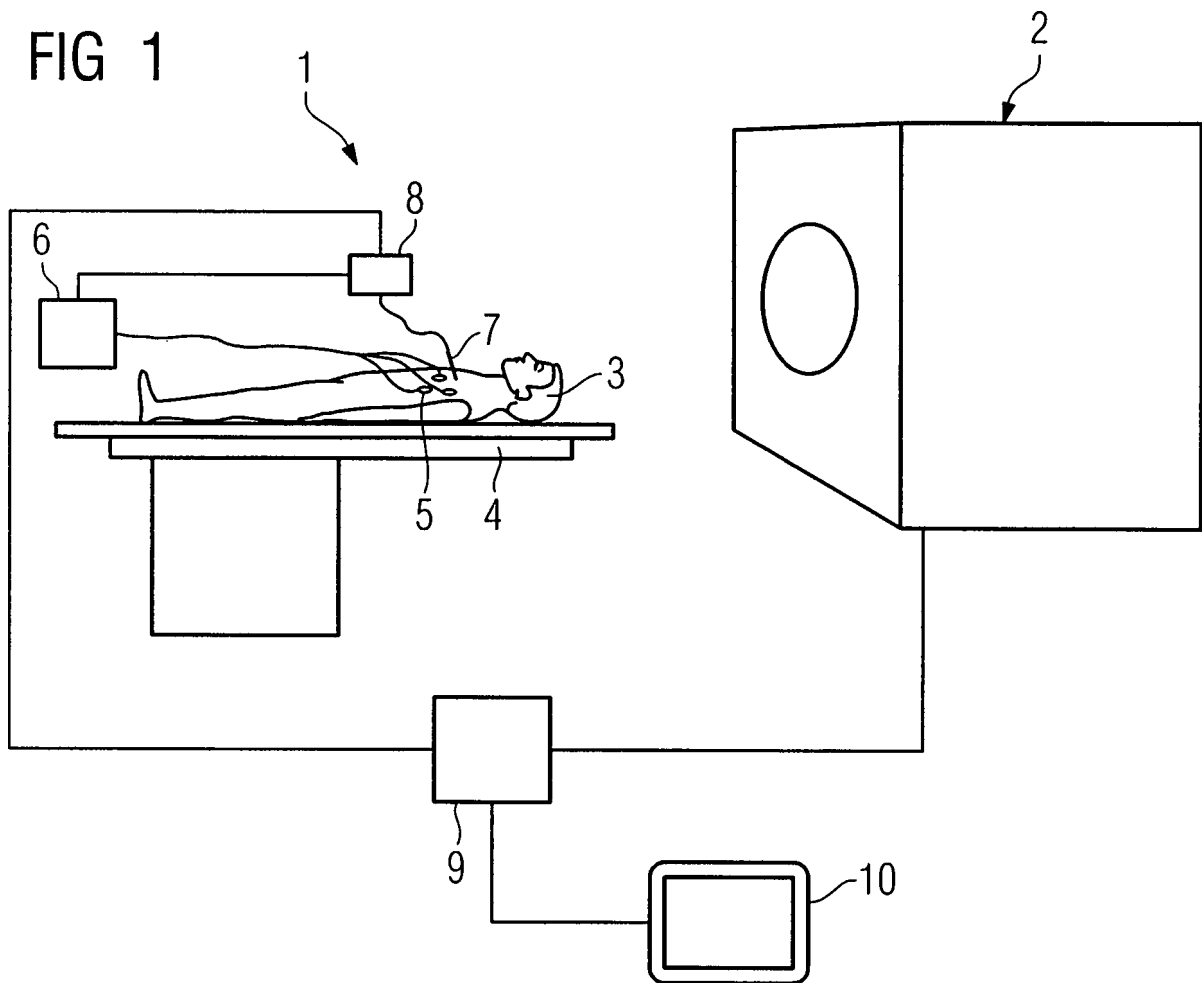


FIG 2

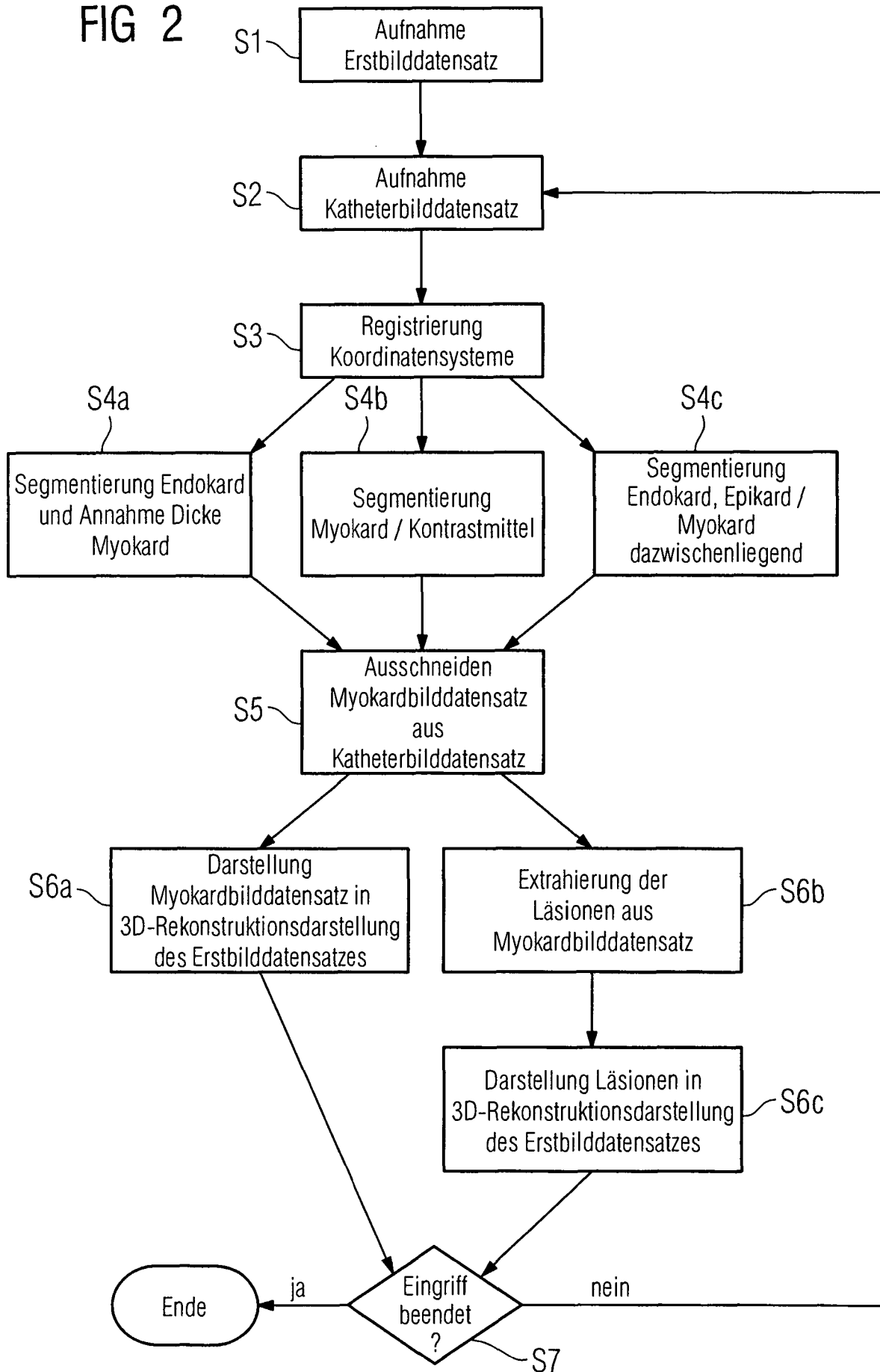


FIG 3

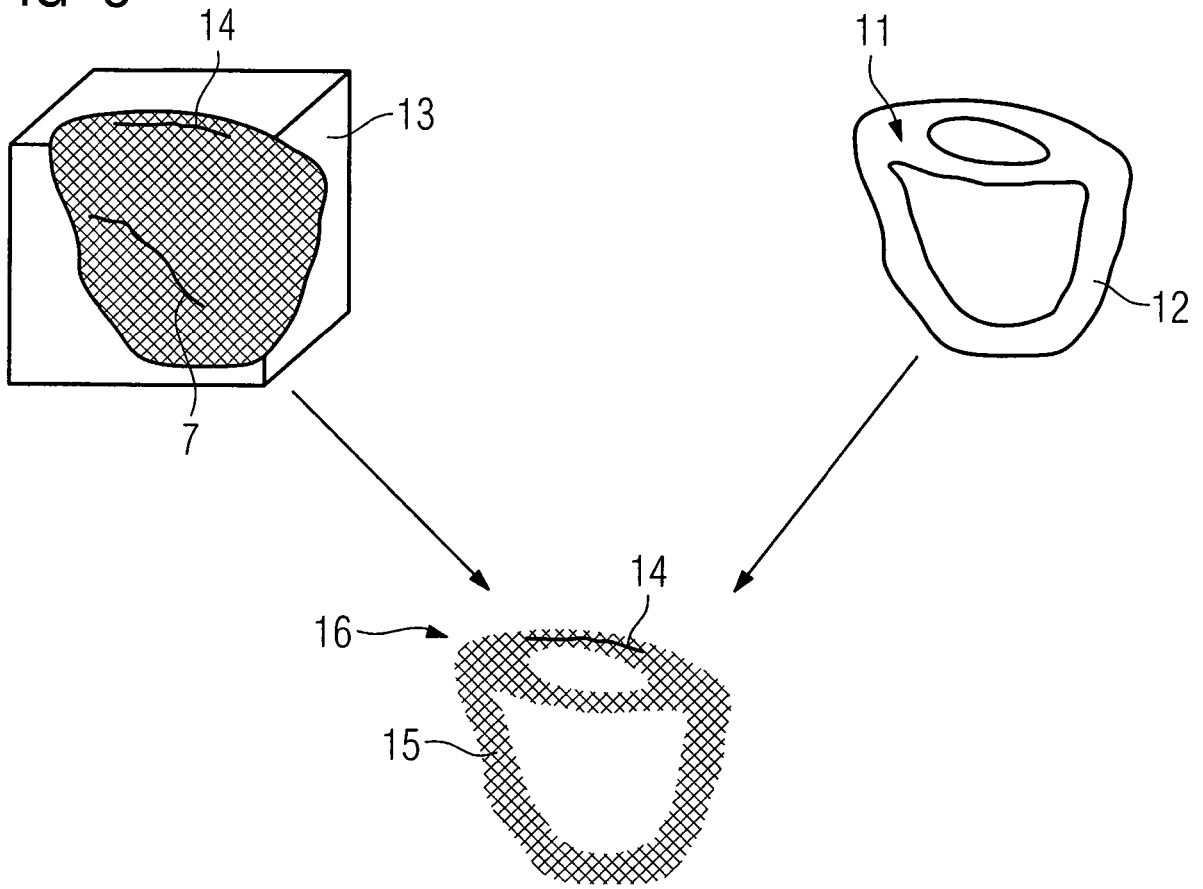


FIG 4

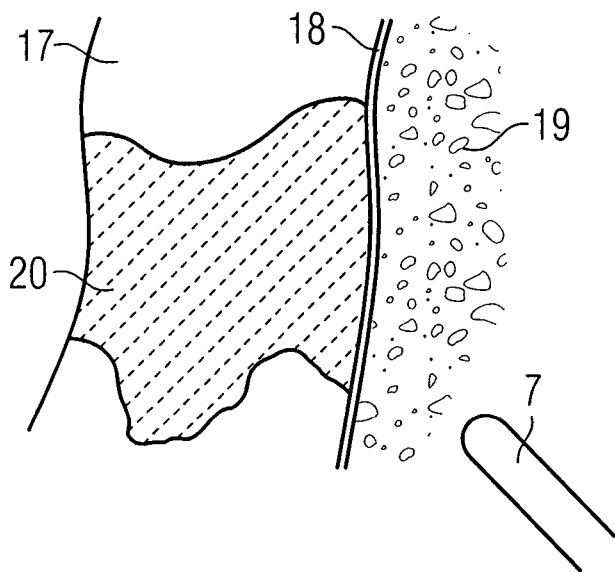


FIG 5

