



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 043 731 A1** 2009.04.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 043 731.7**

(22) Anmeldetag: **13.09.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00** (2006.01)

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 5/055 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
Maschke, Michael, 91475 Lonnerstadt, DE

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

DE10 2005 059262 A1

DE10 2005 059211 A1

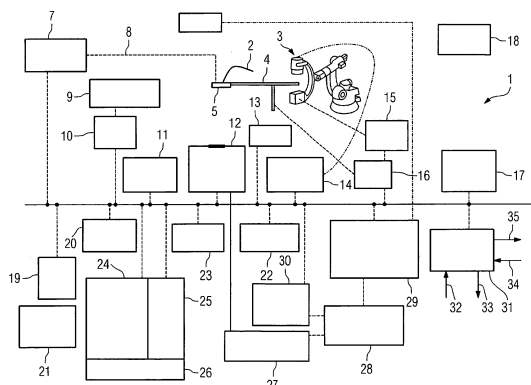
EP 11 06 141 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere zur Erstellung von Bildaufnahmen im Rahmen einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen, sowie zugehöriges Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere zur Erstellung von Bildaufnahmen im Rahmen einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen, wobei die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) als integrierte Einrichtung mit wenigstens einer Computertomographievorrichtung (3) und wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere zur Erstellung von Bildaufnahmen im Rahmen einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen, sowie ein zugehöriges Verfahren.

[0002] Herzrhythmusstörungen sind Störungen der normalen Herzschlagfolge, deren Ursachen in Störungen der Erregungsbildung bzw. der Erregungsleitung im Herzmuskel zu suchen sind.

[0003] Beispielhaft zu nennen für eine Herzrhythmusstörung ist die sogenannte Bradykardie, bei der eine Reduktion der Herzfrequenz vorliegt. Zur Behandlung der Bradykardie werden seit vielen Jahren Herzschrittmacher eingesetzt, die den normalen Sinusrhythmus wieder herstellen sollen.

[0004] Weitere Herzrhythmusstörungen sind tachykarde Störungen wie beispielsweise die atriale Fibrillation, also das Vorhofflimmern. Bei dieser Art von Herzrhythmusstörungen wird durch Reizleitungsstörungen im Herzen der Vorhof mit hoher Frequenz angeregt. Bei ventrikulären Tachykardien kommt es auf Grund der Störung nicht mehr zu einer vollständigen, sondern nur noch zu einer unvollständigen Kontraktion des Herzmuskels mit der Folge, dass das Herz nur noch eine mangelhafte Pumpleistung erbringt. Therapiemaßnahmen für die Behandlung von Tachykardien sind eine kontinuierliche Einnahme von Medikamenten oder auch Herzoperationen, bei denen das Reizleitungsgewebe in bestimmten Teilen des Herzen durchtrennt wird. Nachteilig ist das sich hierbei ergebende relativ hohe Risiko für den Patienten.

[0005] Aus diesem Grund werden in letzter Zeit vermehrt minimalinvasive Therapiemethoden zur Bekämpfung von Herzrhythmusstörungen eingesetzt. Dabei wird ein Ablationskatheter über einen Venenzugang in den Bereich des Herzens eingebracht, um dort die fehlerhaften Leitungsbahnen zu zerstören, beispielsweise durch Energieeinwirkung zu „verbrennen“. Eine Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung dieser Therapie ist, dass die störenden Reizleitungsbahnen und/oder Punkte bekannt sind und durch den Katheter richtig getroffen werden. Dieses Verfahren wird beispielsweise bei supraventrikulären Tachykardien eingesetzt, aber auch vermehrt im Bereich der ventrikulären Tachykardien, vor allem vor dem Hintergrund, dass eine medikamentöse Behandlung mit Antiarrhythmika nur geringe Erfolgsraten zeigt und auf der anderen Seite implantierbare Defibrillatoren unangenehme Nebenwirkungen für den Patienten mit sich bringen. Es bleibt jedoch schwierig, während der Intervention die korrekten Stellen für die Ablation zu identifizieren bzw. zu treffen.

[0006] Bekannt für den Bereich der minimal-invasiven Diagnoseerstellung und Therapie ist die Verwendung einer angiographischen Röntgenanlage sowie einer Vorrichtung zur Aufzeichnung des intrakardialen Elektrokardiogramms in Verbindung mit einer Vorrichtung zum „Ausbrennen“, also zur Ablation, der reizleitungsgestörten Gewebereiche. Dieses Diagnose- bzw. Therapieverfahren beruht darauf, dass die elektrophysiologischen Potentiale im Herzen ermittelt werden. Das Messen der elektrophysiologischen Potentiale zur Bestimmung von Ablationsorten wird im Allgemeinen als „Mapping“ bezeichnet. Zu diesem Stand der Technik sind beispielhaft die Druckschriften DE 44 36 828 C1 sowie US 5,365,926 zu nennen.

[0007] Aus der US 6,556,695 B1 ist es bekannt, eine Vorrichtung zur Unterstützung der Diagnose und der Hochfrequenz-Ablation von reizleitungsgestörtem Gewebe sowie des Mappings zu verwenden, bei der vor der eigentlichen Prozedur dreidimensionale Aufnahmen erstellt werden, die mit Aufnahmen überlagert werden, die während der Therapie seitens eines intrakardialen Ultraschallkatheters aufgenommen werden. Der Ultraschallkatheter liefert jedoch nur zweidimensionale Aufnahmen, so dass nur eine beschränkte Bildinformation mit zudem niedriger Auflösung während der Prozedur zur Verfügung steht, da die hochaufgelösten Aufnahmen mit den dreidimensionalen Daten nicht die aktuelle Situation während der Therapie wiedergeben.

[0008] Die elektrophysiologischen Potentiale ermöglichen keine tatsächliche Gewebedarstellung, insbesondere keine Darstellung des beispielsweise im Rahmen eines Herzinfarktes entstandenen Narbengewebes im Herzen. Der Ursprung für beispielsweise ventrikuläre Tachykardien liegt jedoch in den sogenannten „reentrant circuits“, die üblicherweise an und in der Grenze des elektrisch nicht aktiven Myokard-Narbengewebes entstehen, so dass die fehlende bzw. unzulängliche Gewebedarstellung für die Therapie problematisch ist.

[0009] Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zu Grunde, eine diesbezüglich verbesserte medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere zur Erstellung von Bildaufnahmen im Rahmen einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen, sowie ein zugehöriges Verfahren anzugeben.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine medizinische Bildaufnahmeeinrichtung dieser Art vorgesehen, die sich dadurch auszeichnet, dass diese als integrierte Einrichtung mit wenigstens einer Computertomographievorrichtung und wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet ist.

[0011] Die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung,

bei der es sich vorzugsweise um eine Bildaufnahme-einrichtung handelt, die zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen ausgebildet ist, weist also in einer integrierten Form Mittel zur Erstellung von Computertomographieaufnahmen und zur Erstellung intravaskulärer Magnetresonanzaufnahmen auf.

[0012] Dies bietet den Vorteil, dass mit einem einzigen System, also ohne das Erfordernis einer Umlagerung des Patienten bzw. einer erneuten Registrierung, sowohl Computertomographieaufnahmen als auch intravaskuläre Magnetresonanzaufnahmen erstellt werden können. Zudem wird für die Magnetresonanzbildgebung eine intravaskuläre Einrichtung verwendet, so dass eine teure separate Magnetresonanzzöhre bzw. -einrichtung nicht mehr erforderlich ist.

[0013] Die intravaskuläre Magnetresonanzbildgebung (abgekürzt IVMRI – Intravascular Magnetic Resonance Imaging) bietet den Vorteil, dass beispielsweise Herzinfarkt-Narbgewebe aufgrund der damit gewonnenen Daten einfach identifiziert werden kann.

[0014] Das IVMRI-Subsystem kann also, gegebenenfalls bei zusätzlicher Verwendung von Magnetresonanz-Kontrastmittel, dazu dienen, Infarkt-Narben sowie Bereiche gestörter und erhöhter elektrophysiologischer Aktivität zu identifizieren. Dabei liefert die IVMRI zunächst eine funktionelle Bildgebung.

[0015] Die Computertomographievorrichtung bietet parallel, also insbesondere im Rahmen einer simultanen Aufnahmeerstellung, die Möglichkeit, die relevante Anatomie des Herzens darzustellen, insbesondere durch Erstellung von Weichteilaufnahmen (sogenannter „Soft-Tissue-Aufnahmen“). Die Computertomographieaufnahmen der integrierten Bildaufnahmeeinrichtung können mit und ohne Verabreichung von Röntgenkontrastmittel aufgenommen werden. Des Weiteren ist es möglich, im Rahmen bezüglich der Kontrastmittelgabe gemischter Verfahren Aufnahmen zu erstellen, also beispielsweise zunächst Aufnahmen mit und dann ohne Kontrastmittel anzufertigen und diese dann zu überlagern bzw. zu subtrahieren oder anderswie gemeinsam zu verarbeiten.

[0016] Die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung kann als Hybridsystem ausgebildet sein. Es handelt sich also um eine Bildaufnahmeeinrichtung für die Behandlung von Herzrhythmusstörungen oder dergleichen, die von vorneherein ein kombiniertes System für Computertomographieaufnahmen und intravaskuläre Magnetresonanzaufnahmen bildet. Dies bedeutet, dass beispielsweise eine gemeinsame Steuerungseinrichtung zur Erstellung der Aufnahmen vorgesehen ist bzw. bei mehreren Steuerungseinrichtungen diese zur aufeinander abgestimmten Bildaufnahme ausgebildet sind. Über einen entsprechenden gemeinsamen Datenbus kann die Bildaufnahme

einschließlich einer Vor- und Bildnachverarbeitung sowie einer anschließenden Darstellung einheitlich für beide Bildaufnahmeverfahren organisiert sein. Das Bildsystem einer solchen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung ist somit explizit für die Bildaufnahme sowohl von Computertomographieaufnahmen als auch von intravaskulären Magnetresonanzaufnahmen ausgebildet.

[0017] Wenigstens eine Computertomographievorrichtung kann eine C-Bogen-Computertomographievorrichtung sein. Insbesondere können spezifische kardiale C-Bogen-Computertomographievorrichtungen Bestandteil der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung gemäß der Erfindung sein. Ein Beispiel ist das sogenannte DynaCT (eingetragene Marke) der Siemens AG.

[0018] Die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung kann wenigstens eine, insbesondere eine für beide Bildaufnahmeverfahren gemeinsame, Steuerungseinrichtung aufweisen. Die Bildaufnahme wird also vorzugsweise sowohl für die Computertomographieaufnahmen als auch für die intravaskulären Magnetresonanzaufnahmen durch eine einzige Steuerungseinrichtung gesteuert. Selbstverständlich können in bestimmten Ausführungsbeispielen ebenso mehrere Steuerungseinrichtungen vorhanden sein, insbesondere Steuerungseinrichtungen zum einen für die Computertomographievorrichtung und zum anderen für die Bildaufnahme mittels der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung. Eine gemeinsame Steuerungseinrichtung ermöglicht aber eine besonders einfache Bedienung.

[0019] Die Steuerungseinrichtung kann zur automatischen Auswertung wenigstens einer Bildaufnahme der Computertomographievorrichtung und/oder wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder zur Identifizierung von Narbgewebe, insbesondere von Herzinfarkt-Narbgewebe, und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität mittels wenigstens eines Programmmittels ausgebildet sein. Die Steuerungseinrichtung, bei der es sich beispielsweise um eine Konsole oder eine Recheneinrichtung oder dergleichen handeln kann, weist also einen Speicherbereich für ein Programmmittel bzw. ein Programmpaket oder dergleichen auf. Des Weiteren oder alternativ kann die Steuerungseinrichtung Zugriff auf ein solches Programmmittel oder -paket haben, wobei die automatische Auswertung durch das Programmmittel gegebenenfalls zusätzlich unterstützt durch Bedieneingaben erfolgen kann. Das Programmmittel ist vorzugsweise dazu in der Lage, die IVMRI- oder Computertomographieaufnahmen auszuwerten, also z. B. das Narbgewebe, das beispielsweise nach einem Herzinfarkt vorliegt, bzw. Gewebereiche, in denen Reizleitungsstörungen gegeben sind, zu er-

mitteln bzw. zu identifizieren. Hierzu werden vorzugsweise Bildverarbeitungsalgorithmen eingesetzt, beispielsweise eine Kantenerkennung bzw. eine Erkennung abweichender Strukturen in bestimmten Bildbereichen oder eine Mustererkennung. Des Weiteren kann zur Identifizierung der entsprechenden Gewebebereiche für die Behandlung von Herzrhythmusstörungen ein Vergleich mit Daten wenigstens einer Datenbank durchgeführt werden.

[0020] Darüber hinaus kann die Steuerungseinrichtung zur Darstellung wenigstens einer Bildaufnahme wenigstens einer Computertomographievorrichtung und/oder wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder zur Darstellung von identifiziertem Narbengewebe und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität mittels wenigstens eines Programmmittels ausgebildet sein. Eine solche Darstellung z. B. von Bildern der beiden Bildaufnahmeverfahren kann beispielsweise an einem Bildschirm bzw. einem Monitor erfolgen, der einer Steuerungseinrichtung zugeordnet ist. Des Weiteren sind Darstellungen an einer Monitorwand und dergleichen möglich. Werden die Bereiche gestörter bzw. erhöhter elektrophysiologischer Aktivität oder Narbengewebe dargestellt, so ermöglicht dies, beispielsweise bei einer parallelen Durchführung einer Ablation des gestörten Gewebes zur Behandlung der Herzrhythmusstörung, eine Überprüfung des Ablationsvorgangs durch einen Bediener bzw. automatisch durch einen durch eine Steuerungseinrichtung bzw. eine Recheneinrichtung vorgenommenen Bildvergleich bzw. ähnliche Bildverarbeitungsverfahren.

[0021] Vorteilhafterweise ist die Steuerungseinrichtung dann zur Darstellung wenigstens einer Bildaufnahme wenigstens einer Computertomographievorrichtung und/oder wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder von identifiziertem Narbengewebe und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität in Echtzeit ausgebildet. Die Echtzeitdarstellung ermöglicht beispielsweise bei einer Durchführung einer Katheterprozedur zur Ablation von Gewebe eine direkte bildgestützte Beobachtung auf Basis der Bildaufnahmen der Computertomographievorrichtung und der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung. Beispielsweise kann so eine Führung einer Ablation automatisch bzw. durch einen Bediener vorgenommen werden.

[0022] Wenigstens ein Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung kann, wenigstens teilweise, in einen Katheter integriert sein.

[0023] Die Integration in einen Katheter erfolgt dabei vorteilhafterweise so, dass beispielsweise ein

IVMRI-Sensor, gegebenenfalls auch mehrere IVMRI-Sensoren, an bzw. in einem Katheter angeordnet werden, der gegebenenfalls ohnehin, beispielsweise im Rahmen der Behandlung der Herzrhythmusstörungen, in das Gefäßsystem des Patienten eingeführt wird. Ein Beispiel ist ein Ablationskatheter, in den ein IVMRI-Katheter integriert werden kann.

[0024] Dementsprechend kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung wenigstens einen Ablationskatheter mit wenigstens einem Ablationsmittel aufweisen, insbesondere einen Ablationskatheter mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung. In diesem Fall dient der Katheter also nicht nur der Erstellung der intravaskulären Magnetresonanzaufnahmen, sondern gleichzeitig zur Ablation von Gewebe mit gestörtem Reizleitungsverhalten. Ein solcher Ablationskatheter kann unterschiedliche Ablationsmittel, beispielsweise eine Hochfrequenz-Spule, Ultraschallerzeugungsmittel bzw. Ablationsmittel auf der Basis von Kälte- und/oder Wärmeenergie, aufweisen.

[0025] Weiterhin kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, für eine dreidimensionale Bildaufnahme zur Rotation wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und zum gleichzeitigen Rückzug und/oder Vorschub des Katheters mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmeelement in einem Blutgefäß aufgebaut sein. Beispielsweise kann ein IVMRI-Sensor bzw. ein anderes IVMRI-Element zur Erzeugung von Schichtbildern rotiert und gleichzeitig zurückgezogen bzw. vorgeschoben werden, wobei dieser Rückzug oder Vorschub ebenso wie die Rotation vollautomatisch durch eine Steuerungseinrichtung vorgenommen bzw. (zusätzlich) bedienergestützt durchgeführt werden können. Auf diese Art und Weise können dreidimensionale Aufnahmen erzeugt werden. Dadurch ist eine anatomische Zuordnung beispielsweise von Infarktgewebe oder anderem reizleitungsgestörtem Gewebe möglich.

[0026] Im Bereich einer Spitze des Katheters mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung kann wenigstens ein Positionssensorelement vorgesehen sein. Eine derartige Positionssensoreinrichtung ermöglicht es, Infarktgewebe bzw. anderes reizleitungsgestörtes Gewebe zu identifizieren und räumlich zuzuordnen, so dass eine Ablation genau in diesem Bereich durchgeführt werden kann. Positionssensoren können außerdem z. B. in Verbindung mit IVMRI-Bildgebungselementen verwendet werden, um Bewegungsartefakte einer nicht exakten dreidimensionalen Darstellung zu vermeiden.

[0027] Wenigstens ein Positionssensorelement

kann ein elektromagnetisches oder ein ultraschallbasiertes Positionssensorelement sein. Selbstverständlich können Kombinationen unterschiedlicher Sensorelemente, beispielsweise mehrere Sensoren auf der Basis von Ultraschall kombiniert mit mehreren Sensoren auf elektromagnetischer Basis, verwendet werden, um z. B. redundant jederzeit eine ausfallsichere Positionserkennung zu ermöglichen.

[0028] Wenigstens ein Positionssensorelement im Bereich der Spitze des Katheters kann ein Sender sein, dem außerhalb des Körpers des Patienten wenigstens ein Empfänger zugeordnet ist, und/oder es kann wenigstens ein Positionssensorelement im Bereich der Spitze des Katheters ein Empfänger sein, dem außerhalb des Körpers des Patienten wenigstens ein Sender zugeordnet ist. Demnach können beispielsweise im Katheter die elektromagnetischen Sender oder alternativ die elektromagnetischen Empfänger angeordnet sein. Dann sind außerhalb des Körpers die entsprechenden Empfänger oder im zweiten Fall die Sender angebracht. Dabei ist in der Regel mindestens ein Sender einem Empfänger oder umgekehrt ein Empfänger einem Sender zugeordnet, damit eine Ortung im Raum möglich ist. In bestimmten Fällen kann es aber auch ausreichend sein, zwei Sendevorrichtungen einem Empfänger zuzuordnen oder umgekehrt, wenn beispielsweise die Winkelbeziehungen bekannt und unveränderlich sind.

[0029] Durch eine erhöhte Anzahl an Sende- bzw. Empfangseinheiten im Raum kann die Ortungsgenauigkeit erhöht werden. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass mit der Verwendung mehrerer Sender bzw. Empfänger auch ein entsprechend erhöhter Rechenaufwand beispielsweise für eine Positionsbestimmung seitens einer Steuerungseinrichtung der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung verbunden ist.

[0030] Des Weiteren kann wenigstens ein Sender zur Ausstrahlung in allen drei Raumrichtungen und/oder wenigstens ein Empfänger zum Empfang in allen drei Raumrichtungen ausgebildet sein.

[0031] Damit wird auf einfache Weise eine Ortung im dreidimensionalen Raum ermöglicht.

[0032] Wenigstens eine Computertomographievorrichtung der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung kann zur Erstellung von zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Bildaufnahmen, insbesondere der Anatomie wenigstens eines Teilbereichs des Herzens eines Patienten, ausgebildet sein. Vorzuziehen ist dabei eine dreidimensionale Darstellung, insbesondere von Weichteilaufnahmen. Die Darstellung der relevanten Anatomie bzw. die Anfertigung der entsprechenden Aufnahmen kann mit bzw. ohne Röntgenkontrastmittel erfolgen. Darüber hinaus ist es möglich, sowohl Aufnahmen mit Kontrastmittelga-

be als auch ohne Kontrastmittelgabe anzufertigen und diese entsprechend zu überlagern bzw. voneinander zu subtrahieren oder anderswie gemeinsam zu verarbeiten.

[0033] Weiterhin kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere eine Steuerungseinrichtung, zur Registrierung und/oder Fusionierung von Bildaufnahmen wenigstens einer Computertomographievorrichtung mit Bildaufnahmen wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet sein. Dies ermöglicht beispielsweise eine Erkennung von ventrikulärem Narbengewebe in den entsprechend mit den IVMRI-Daten aufbereiteten Röntgenbildern usw.

[0034] Die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere eine Steuerungseinrichtung, kann zur Führung eines Katheters mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmemittel auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung in Abhängigkeit von Röntgenaufnahmen wenigstens einer Computertomographievorrichtung und/oder von Aufnahmen wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet sein. Insbesondere können hierzu vorteilhafterweise fusionierte Röntgenaufnahmen bzw. Computertomographieaufnahmen, die Röntgendaten und zusätzlich Daten aus der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung enthalten, herangezogen werden. Derartige Aufnahmen mit IVMRI-Daten, die das reizleitungsgestörte Gewebe oder dergleichen zeigen, und mit Röntgendaten, die die Anatomie wiedergeben, ermöglichen eine besonders zuverlässige und exakte Führung beispielsweise eines Ablationskatheters.

[0035] Die Computertomographievorrichtung kann einen Knickarmroboter aufweisen, an dem wenigstens ein Röntgenstrahler und/oder ein Röntgenstrahlungsdetektor angeordnet sind. Derartige roboterartige Einrichtungen bieten einen besseren Zugang zum Patienten und zusätzliche Möglichkeiten für Röntgenprojektionen. Dabei sind vorzugsweise mindestens vier, besser sechs, Bewegungsfreiheitsgrade vorzusehen.

[0036] Darüber hinaus kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung ein Katheterverfolgungssystem aufweisen. In diesem Falle kann also ein Katheter, der, wie im vorstehenden bereits geschildert wurde, Bildaufnahmeelemente für die IVMRI-Bildgebung bzw. Ablationsmittel oder dergleichen aufweist, über ein entsprechendes System in seiner Position bzw. auf seinem Weg durch das Gefäßsystem verfolgt werden. Ein Katheterverfolgungssystem ermöglicht es beispielsweise, die Spitze eines Ablationskatheters zu erfassen, ohne dass kontinuierlich Röntgenstrahlung ausgesendet werden müsste. Ein solches

System ist beispielsweise in der US 5,042,486 beschrieben.

[0037] Des Weiteren kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung wenigstens ein Bildaufnahmeelement zur Erstellung von, insbesondere dreidimensionalen, Ultraschallaufnahmen, insbesondere in Echtzeit, aufweisen. In diesem Fall ist also nicht nur eine IVMRI-Einrichtung, sondern zusätzlich eine Ultraschalleinrichtung vorgesehen, um beispielsweise zur ergänzenden Führung einer Ablationsprozedur weitere Daten zur Verfügung zu haben. Eine Ultraschall-Führung von medizinischen Instrumenten für ein Hybridsystem aus Computertomographie und IVMRI stellt einen völlig neuen Ansatz dar. Dies gilt insbesondere auch im Zusammenhang mit C-Bogen-Computertomographiegeräten, bei denen sich der Vorteil eines deutlich verbesserten Patientenzugangs ergibt.

[0038] Die Anschlüsse der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere Anschlüsse für wenigstens einen physiologischen Sensor und/oder Katheter, können über eine galvanische Trennung von jeglicher Netzspannung entkoppelt sein, insbesondere mittels einer optischen Entkopplung. Eine derartige Entkopplung dient zum Ausschluss einer Gefährdung des Patienten.

[0039] Des Weiteren kann die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung wenigstens einen Bewegungserfassungssensor aufweisen und gegebenenfalls zur Berücksichtigung der Sensordaten bei der Rekonstruktion wenigstens einer Bildaufnahme ausgebildet sein. Dadurch können mögliche Patientenbewegungen und daraus entstehende Artefakte zum Zeitraum der Untersuchung bzw. Behandlung erkannt werden. Die Patientenbewegung kann mit Hilfe der Sensordaten direkt bei der Rekonstruktion der Aufnahmen berücksichtigt werden, so dass eine Entstehung von Bewegungsartefakten bei den fertig rekonstruierten Bildern verhindert werden kann.

[0040] Im Bereich der Spitze eines Katheters mit wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder eine Ablationskatheters kann wenigstens ein Druck- und/oder Temperatursensor angeordnet sein. Selbstverständlich können ebenso weitere Sensoren zur Aufnahmen physiologischer, physikalischer bzw. chemischer Daten an einem solchen Katheter vorgesehen sein. Insbesondere im Rahmen einer Ablation ist jedoch eine Überwachung der Temperatur bzw. des Drucks im Organ oder Gefäß vorteilhaft.

[0041] Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren für die Erstellung und/oder Auswertung wenigstens einer Bildaufnahmen einer medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung, insbesondere einer medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung nach einem der

vorangehenden Ansprüche, gemäß dem wenigstens eine Bildaufnahme mittels einer als integrierte Einrichtung mit wenigstens einer Computertomographievorrichtung und wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildeten medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung erstellt wird und/oder gemäß dem wenigstens eine erstellte Bildaufnahme der Computertomographievorrichtung und/oder wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung seitens einer Steuerungseinrichtung der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung automatisch ausgewertet und/oder mit wenigstens einer weiteren Bildaufnahme registriert und/oder fusioniert wird.

[0042] Bei dem Verfahren werden also Computertomographiebilder und IVMRI-Bilder mit einer integrierten Einrichtung, vorzugsweise in Form eines Hybridsystems, aufgenommen und gegebenenfalls automatisch ausgewertet und weiterverarbeitet, beispielsweise in Form einer Registrierung bzw. Fusionierung insbesondere mit weiteren Aufnahmen der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung.

[0043] Dieses Bildaufnahme- bzw. Bildauswertungsverfahren, das an sich nur die Aufnahme bzw. Auswertung physikalischer Messdaten betrifft und auch durch einen Techniker oder Naturwissenschaftler durchgeführt werden kann, kann Teil eines Verfahrens für die Behandlung ventrikulärer Tachykardien bzw. weiterer Tachykardien sowie von Kammerflattern und -flimmern und der Ablation von Tumoren und Metastasen sein. Beispielsweise kann zur Behandlung einer ventrikulären Tachykardie ein Patient auf einem Behandlungstisch positioniert werden. Danach kann gegebenenfalls Magnetresonanz-Kontrastmittel wie Gadolinium injiziert werden. Auch eine andere Kontrastmittelverabreichung ist denkbar.

[0044] Anschließend kann eine IVMRI-Untersuchung, beispielsweise nach Einführen eines entsprechenden IVMRI-Katheters, durchgeführt werden. Daneben, insbesondere parallel, kann eine zweidimensionale bzw. dreidimensionale Röntgenuntersuchung mit einer Computertomographievorrichtung der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung erfolgen. Insbesondere kann eine Verarbeitung im Hinblick auf eine Erkennung von Weichteilgewebe, gegebenenfalls mit einer Synchronisation durch ein Elektrokardiogramm, erfolgen.

[0045] Vorteilhafterweise werden die IVMRI-Aufnahmen und die Röntgenaufnahmen der Computertomographievorrichtung in Echtzeit fusioniert, um beispielsweise Narbengewebe und die Anatomie einer Herzkammer zuordnen zu können. Zusätzlich kann über ein Mapping-System eine elektrophysiologische Abbildung bzw. bildhafte Darstellung der elektrischen Potentiale erfolgen. Eine solche Darstellung

kann einer Darstellung mit den IVMRI-Daten, den Röntgendaten bzw. den fusionierten IVMRI-Daten und Röntgendaten überlagert werden.

[0046] Für die Ablation kann über einen venösen Zugang wie beispielsweise die Aorta ein Ablationskatheter z. B. in den linken Ventrikel eingeführt werden. Die Gebiete im Ventrikel, die die unerwünschten elektrophysiologischen Aktivitäten entwickeln, werden dementsprechend mit Hilfe des Ablationskatheters ausgebrannt bzw. verödet. Die Führung des Ablationskatheters basiert auf den fusionierten IVMRI- bzw. Röntgendaten, gegebenenfalls auch auf den Daten der einzelnen Bildaufnahmesysteme. Die Ablation kann mittels Hochfrequenzstrahlung, Ultraschall, Kälte- bzw. Wärmeenergie erfolgen. Daran kann sich eine erneute IVMRI- bzw. eine Mapping-Untersuchung zur Überprüfung des Erfolgs der Ablation anschließen. Wenn die Ablation erfolgreich durchgeführt wurde, kann der Patient verlegt werden. Ansonsten ist eine erneute Ablationstätigkeit erforderlich.

[0047] Durch das erfindungsgemäße Hybridsystem bzw. die integrierte medizinische Einrichtung mit der Möglichkeit zur Erstellung von Computertomographieaufnahmen und IVMRI-Aufnahmen kann somit eine Verbesserung des medizinischen Workflows mit einer sichereren und schnelleren Ablation von Gewebeteilen bei einem geringeren Patientenrisiko erreicht werden.

[0048] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Ausführungsbeispiele sowie aus den Zeichnungen. Dabei zeigen:

[0049] [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße medizinische Bildaufnahmeeinrichtung,

[0050] [Fig. 2](#) einen Katheter mit einem integrierten IVMRI-Bildaufnahmeelement,

[0051] [Fig. 3](#) eine Darstellung zur Ablation von Gewebeteilen, die auf Daten einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung basiert und

[0052] [Fig. 4](#) eine Darstellung zur Auslesung von Messdaten bei einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung.

[0053] In der [Fig. 1](#) ist eine erfindungsgemäße medizinische Bildaufnahmeeinrichtung **1** dargestellt, die als Hybridsystem mit einem IVMRI-Katheter **2** mit entsprechenden IVMRI-Bildaufnahmeelementen sowie einer Computertomographievorrichtung **3**, hier in Form eines Knickarmroboters mit mindestens **4** Bewegungsgraden bzw. Bewegungsfreiheitsgraden, ausgebildet ist.

[0054] Darüber hinaus ist eine Patientenlagerungseinrichtung **4** vorgesehen. Über eine Bedienungs- und Schnittstelleneinrichtung **5** werden die IVMRI-Daten aufgenommen bzw. weitergeleitet und eine tischnahe Bedienung der IVMRI-Bildaufnahmeelemente ermöglicht.

[0055] An einen Datenbus **6** ist eine IVMRI-Vorverarbeitungs- und Ansteuerungseinheit **7** angeschlossen.

[0056] Ergänzend ist zur Erstellung von Ultraschallaufnahmen ein Anschluss **8** für einen Ultraschall-Katheter an der Patientenlagerungseinrichtung **4** vorgesehen. Eine Signalschnittstelle **9** für die Ultraschall-daten steht mit einer Vorverarbeitungseinheit **10** für die Ultraschall-daten, die wiederum an den Datenbus **6** angeschlossen ist, in Verbindung.

[0057] Die Katheter des Systems sind mit Positionssensoren versehen, denen eine Vorverarbeitungseinheit **11** zugeordnet ist.

[0058] Die Patientenlagerungseinrichtung **4** weist darüber hinaus hier nicht näher dargestellte Anschlüsse für physiologische Sensoren auf, für die eine physiologische Signalverarbeitungseinheit **12** vorgesehen ist, die beispielsweise die Daten eines Elektrokardiogramms, Respiationsdaten sowie Blutdruckdaten und Temperaturdaten bzw. weitere physiologische, physikalische und medizinische Daten, die mit dem System gewonnen werden, verarbeitet.

[0059] Darüber hinaus verfügt die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung **1** über eine Ablationsvorrichtung **13** zur Ablation von reizleitungsgestörtem Gewebe. Eine weitere Vorverarbeitungseinheit **14** ist für die Vorverarbeitung der Röntgenbilder der Computertomographievorrichtung **3** vorgesehen, wobei die Computertomographievorrichtung **3** zur Strahlungserzeugung an einen Hochspannungsgenerator **15** angeschlossen ist, der mit einer Systemsteuerung **16** in Verbindung steht.

[0060] Des Weiteren ist am Datenbus **6** ein Bilddatenspeicher **17** vorgesehen.

[0061] Darüber hinaus kann im System ein Defibrillator bzw. Herzschrittmacher gemäß dem Kästchen **18** beinhaltet sein.

[0062] Weiterhin sind an den Datenbus **6** eine Bildverarbeitungseinheit **19** für die IVMRI-Daten sowie eine Bildverarbeitungseinheit **20** für Ultraschall-daten wie Daten eines Elements zur Aufnahme intravaskulärer Ultraschallaufnahmen (IVUS) angeschlossen. Des Weiteren ist eine Spannungsversorgungseinheit **21** vorgesehen.

[0063] Die Röntgenbilder der Computertomogra-

phievorrichtung **3** werden in der Bildverarbeitungseinheit **22** für Röntgenbilder, die Daten der Positionssensoren werden in der Bildverarbeitungseinheit **23** für Positionssensoren weiterverarbeitet.

[0064] Darüber hinaus weist die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung **1** eine Displayeinheit **24** mit einer Einheit **25** für Nutzereingaben- bzw. -ausgaben sowie einer dreidimensionalen Displayansteuerung **26** auf. An der Displayeinheit **24** können Ultraschall-daten, IVMRI-Daten bzw. -Bilder, Positionssensordaten und die Röntgenbilder der Computertomographievorrichtung **3** dargestellt werden.

[0065] Weiterhin ist im System eine Synchronisation auf Basis eines Elektrokardiogramms für einen Soft-Tissue-Prozessor gemäß dem Kästchen **27** vorgesehen. Die entsprechend zu synchronisierenden Daten stammen aus der Bildrekonstruktionseinheit **28**, die auch den „Soft-Tissue-Prozessor“ darstellt. Die fusionierten bzw. registrierten Bilder werden mit Hilfe der Bildfusions-, Registrierungs- und Rekonstruktionseinheit **29** erstellt, mit der unter anderem eine Segmentierung bzw. eine automatische Segmentierung der Bilddaten vorgenommen werden kann. Des Weiteren weist die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung **1** eine Kalibrationseinheit **30** auf.

[0066] An dem Datenbus **6** ist darüber hinaus eine Schnittstelle **31** für Patientendaten und Bilddaten vorzugsweise gemäß dem Digital-Imaging-and-Communications-in-Medicine-Standard (DICOM-Standard) vorgesehen. Über die Schnittstelle **31** können Daten beispielsweise aus Computertomographie- oder Magnetresonanzvoraufnahmen eingespielt bzw. abgerufen werden, wie hier durch die Pfeile **32** und **33** angedeutet wird. Des Weiteren steht die Schnittstelle **31** mit einem Informationssystem eines zugehörigen Krankenhauses bzw. einer Klinikeinrichtung oder dergleichen in Verbindung, angedeutet durch die Pfeile **34** und **35**, die einen entsprechenden Datenaustausch symbolisieren.

[0067] Mit der erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung **1** ist es somit möglich, beispielsweise für eine Behandlung von Herzrhythmusstörungen, mittels eines einzigen integrierten Systems Computertomographiedaten und IVMRI-Daten, gegebenenfalls ergänzend weitere Daten, aufzunehmen, um so Bilddaten zu erhalten, die die Anatomie und gleichzeitig funktionelle Daten beispielsweise als reizleitungsgestörtes Gewebe in einem für eine Ablation vorgesehenen Bereich optimal zeigen.

[0068] Die [Fig. 2](#) zeigt einen Katheter **36** mit einem integrierten IVMRI-Bildaufnahmeelement zur Verwendung bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. in einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung.

[0069] Der Katheter **36** weist im Bereich seiner Spitze **39** einen IVMRI-Sensor **37** mit einem zugeordneten IVMRI-transparenten Fenster in der Katheterhülle sowie magnetische Sensoren **38** zur Positionsbestimmung auf. Die Spitze **39** ist abgerundet ausgebildet.

[0070] Zur Auswertung der Positionsdaten ist eine Schnittstelle **40** zu einer hier nicht näher dargestellten Positionserkennungseinheit vorgesehen.

[0071] Der Katheter **36** ist mit einem Lumen **41** für den IVMRI-Sensor **37**, die IVMRI-Signalleitungen **42** sowie einer Antriebswelle ausgebildet. Die Antennen ausbildenden magnetischen Sensoren **38** sind über Signalleitungen **43** an ein Signal- und mechanisches Interface **44** mit einer zugehörigen Antriebseinheit für die Bestandteile des Katheters **36** angeschlossen. Der Anschluss wird mit Hilfe einer Kupplungsvorrichtung **45** realisiert.

[0072] Die [Fig. 3](#) zeigt eine Darstellung **46** zur Ablation von Gewebeteilen, die auf Daten einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung basiert. Die Darstellung **46** zeigt Narbengewebe **47** sowie Ablationspunkte **48** für eine mögliche Gewebeablation. Die Darstellung **46** wird an einem Bildschirm, der hier nicht näher gezeigt ist, einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung angezeigt, wobei die Anzeige der Bilddaten vorteilhafterweise in Echtzeit erfolgt, um so eine optimale Führung der Ablation bzw. eine optimale begleitende Bilddarstellung zu einer Behandlung, insbesondere von Herzrhythmusstörungen, zu ermöglichen. Durch die erfindungsgemäße medizinische Bildaufnahmeeinrichtung kann mit einem wesentlich geringeren Risiko für den Patienten eine sicherere und schnellere Ablation von reizleitungsgestörtem Gewebe erfolgen.

[0073] Die [Fig. 4](#) zeigt schließlich eine Darstellung **49** zur Auslesung von Messdaten bei einer erfindungsgemäßen medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung. Dabei werden die unterschiedlichen Sensoren für die synchronisierte Auslesung zeitlich versetzt und getaktet aktiviert bzw. ausgelesen. Die obere Kurve **50** stellt dabei den Systemtakt dar. In Abhängigkeit vom Ende der Pulse der Systemtaktung gemäß der Kurve **50** wird die Röntgenstrahlung gemäß der Kurve **51** eingeschaltet. Im Anschluss erfolgt das Auslesen des Röntgendetektors gemäß der Kurve **52**.

[0074] Parallel zur Röntgenstrahlung ist die magnetische Ortung gemäß der Kurve **53** aktiv.

[0075] Das Auslesen der IVMRI-Daten erfolgt entsprechend der Kurve **54** zeitgleich zum Auslesen des Röntgendetektors gemäß der Kurve **52**. Die Daten des Elektrokardiogramms sowie Respiationsdaten

werden gemäß der Kurve **54** im Anschluss an das Auslesen der IVMRI-Daten bzw. der Daten des Röntgendetektors gemäß den Kurven **52** und **54** ausgelesen.

[0076] Danach werden gemäß der Kurve **55** Daten eines Elektrokardiogramms bzw. Respiationsdaten ausgelesen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 4436828 C1 [\[0006\]](#)
- US 5365926 [\[0006\]](#)
- US 6556695 B1 [\[0007\]](#)
- US 5042486 [\[0036\]](#)

Patentansprüche

1. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere zur Erstellung von Bildaufnahmen im Rahmen einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) als integrierte Einrichtung mit wenigstens einer Computertomographievorrichtung (3) und wenigstens einem Bildaufnahmelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet ist.

2. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) als Hybridsystem ausgebildet ist

3. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Computertomographievorrichtung (3) eine C-Bogen-Computertomographievorrichtung ist.

4. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) wenigstens eine, insbesondere eine für beide Bildaufnahmeverfahren gemeinsame, Steuerungseinrichtung aufweist.

5. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung zur automatischen Auswertung wenigstens einer Bildaufnahme der Computertomographievorrichtung (3) und/oder wenigstens eines Bildaufnahmelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder zur Identifizierung von Narbengewebe (47), insbesondere von Herzinfarkt-Narbengewebe, und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität mittels wenigstens eines Programmmittels ausgebildet ist.

6. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung zur Darstellung wenigstens einer Bildaufnahme wenigstens einer Computertomographieeinrichtung und/oder wenigstens eines Bildaufnahmelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder zur Darstellung von identifiziertem Narbengewebe (47) und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität mittels wenigstens eines Programmmittels ausgebildet ist.

7. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung zur Darstellung wenigstens einer Bildaufnahme wenigstens einer Computertomographievorrichtung und/oder wenigstens eines

Bildaufnahmelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder von identifiziertem Narbengewebe (47) und/oder von Bereichen gestörter und/oder erhöhter elektrophysiologischer Aktivität in Echtzeit ausgebildet ist.

8. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Bildaufnahmelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung, wenigstens teilweise, in einen Katheter (36) integriert ist.

9. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) wenigstens einen Ablationskatheter mit wenigstens einem Ablationsmittel aufweist, insbesondere einen Ablationskatheter mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung.

10. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, für eine dreidimensionale Bildaufnahme zur Rotation wenigstens eines Bildaufnahmelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und zum gleichzeitigen Rückzug und/oder Vorschub des Katheters (36) mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmelement in einem Blutgefäß ausgebildet ist.

11. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich einer Spitze des Katheters (36) mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung wenigstens ein Positionssensorelement vorgesehen ist.

12. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Positionssensorelement ein elektromagnetisches oder ein ultraschallbasiertes Positionssensorelement ist.

13. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Positionssensorelement im Bereich der Spitze des Katheters (36) ein Sender ist, dem außerhalb des Körpers des Patienten wenigstens ein Empfänger zugeordnet ist, und/oder dass wenigstens ein Positionssensorelement im Bereich der Spitze des Katheters (36) ein Empfänger ist, dem außerhalb des Körpers des Patienten wenigstens ein Sender zugeordnet ist.

14. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Sender zur Ausstrahlung in allen drei Raumrichtungen und/oder wenigstens ein Empfänger zum Empfang in allen drei Raumrichtungen ausgebildet ist.

15. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Computertomographievorrichtung (3) der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1) zur Erstellung von zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Bildaufnahmen, insbesondere der Anatomie wenigstens eines Teilbereichs des Herzens eines Patienten, ausgebildet ist.

16. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere eine Steuerungseinrichtung, zur Registrierung und/oder Fusionierung von Bildaufnahmen wenigstens einer Computertomographievorrichtung (3) mit Bildaufnahmen wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet ist.

17. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere eine Steuerungseinrichtung, zur Führung eines Katheters (36) mit wenigstens einem integrierten Bildaufnahmemittel auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung in Abhängigkeit von Röntgenaufnahmen wenigstens einer Computertomographievorrichtung und/oder Aufnahmen wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildet ist.

18. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Computertomographievorrichtung (3) einen Knickarmroboter aufweist, an dem wenigstens ein Röntgenstrahler und/oder ein Röntgenstrahlungsdetektor angeordnet sind.

19. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Knickarmroboter mindestens vier, vorzugsweise sechs, Bewegungsfreiheitsgrade aufweist.

20. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) ein Katheterverfolgungssystem aufweist.

21. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch

gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) wenigstens ein Bildaufnahmeelement zur Erstellung von, insbesondere dreidimensionalen, Ultraschallaufnahmen, insbesondere in Echtzeit, aufweist.

22. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Anschluss der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere für wenigstens einen physiologischen Sensor und/oder Katheter, über eine galvanische Trennung von jeglicher Netzspannung entkoppelt ist, insbesondere mittels einer optischen Entkopplung.

23. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) wenigstens einen Bewegungserfassungssensor aufweist und gegebenenfalls zur Berücksichtigung der Sensordaten bei der Rekonstruktion wenigstens einer Bildaufnahme ausgebildet ist.

24. Medizinische Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Spitze eines Katheters (36) mit wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung und/oder eines Ablationskatheters wenigstens ein Druck- und/oder Temperatursensor angeordnet ist.

25. Verfahren für die Erstellung und/oder Auswertung wenigstens einer Bildaufnahme einer medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1), insbesondere einer medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die oder wenigstens eine Bildaufnahme mittels einer als integrierte Einrichtung mit wenigstens einer Computertomographievorrichtung (3) und wenigstens einem Bildaufnahmeelement auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung ausgebildeten medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1) erstellt wird und/oder dass wenigstens eine erstellte Bildaufnahme der Computertomographievorrichtung (3) und/oder wenigstens eines Bildaufnahmeelements auf Basis der intravaskulären Magnetresonanzbildgebung seitens einer Steuerungseinrichtung der medizinischen Bildaufnahmeeinrichtung (1) automatisch ausgewertet und/oder mit wenigstens einer weiteren Bildaufnahme registriert und/oder fusioniert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 2

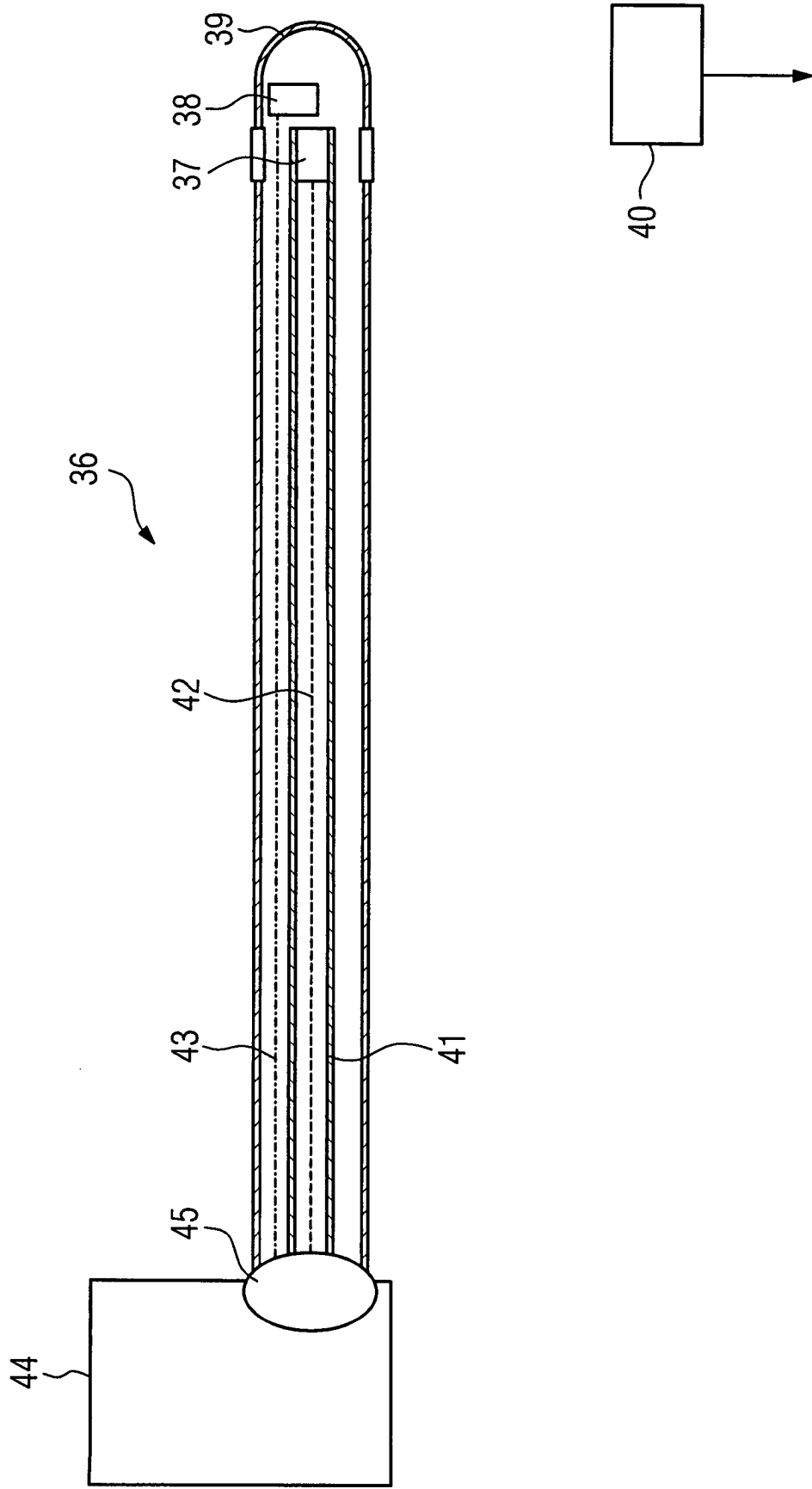


FIG 3

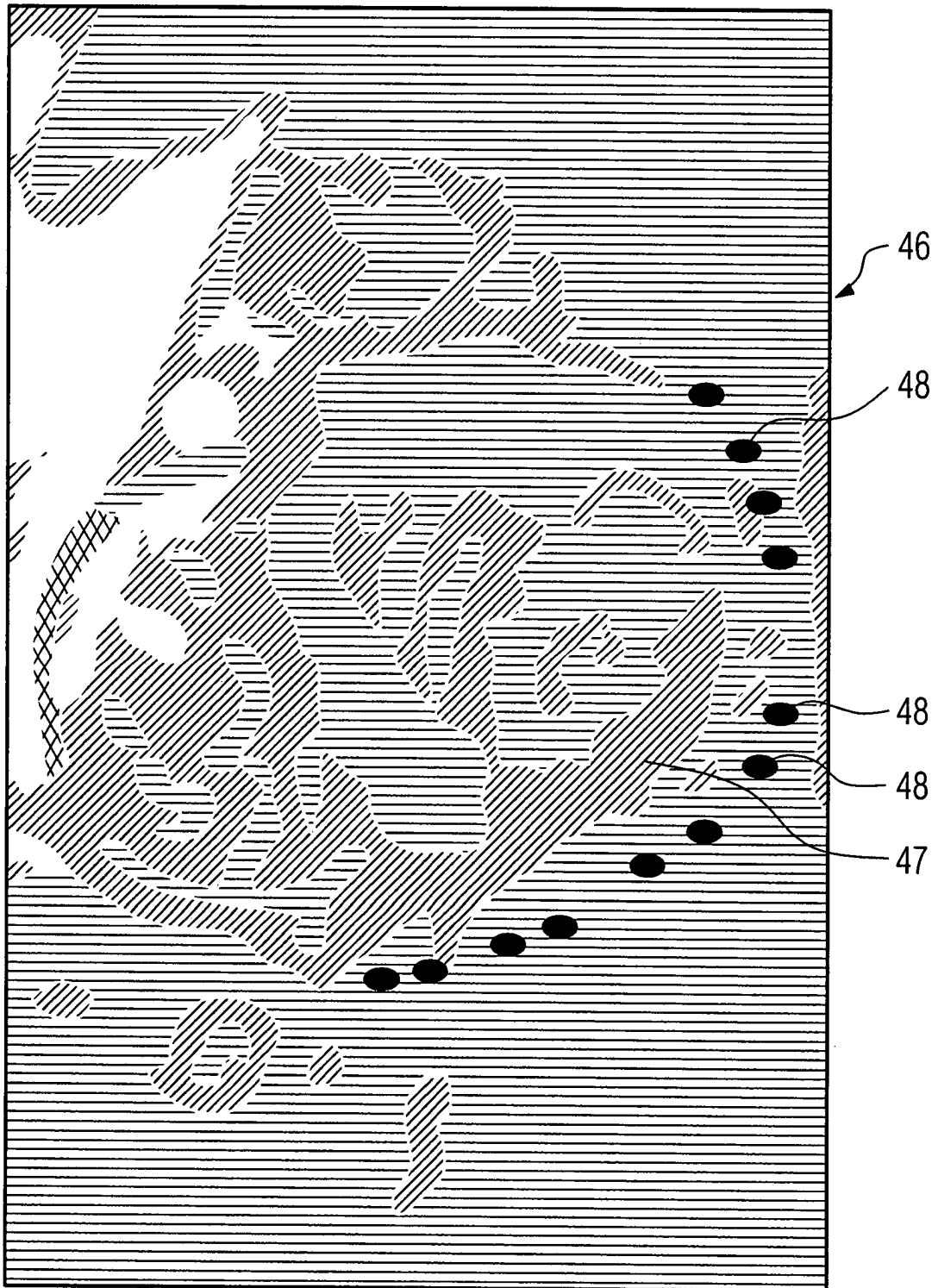


FIG 4

