



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2005 046 410 A1 2007.04.12**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 046 410.6**

(22) Anmeldetag: **28.09.2005**

(43) Offenlegungstag: **12.04.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 6/03 (2006.01)**

**A61B 6/02 (2006.01)**

**A61B 5/055 (2006.01)**

**A61B 19/00 (2006.01)**

**G06T 5/50 (2006.01)**

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

(72) Erfinder:  
**Boese, Jan, Dr., 90542 Eckental, DE; Meyer, Andreas, 91096 Möhrendorf, DE; Rahn, Norbert, 91301 Forchheim, DE**

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

**US2004/00 30 246 A1**

**WO 2005/1 12 753 A2**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Kombination präoperativer 3D-Bilddatensätze mit intraoperativen 2D-Bilddatensätzen**

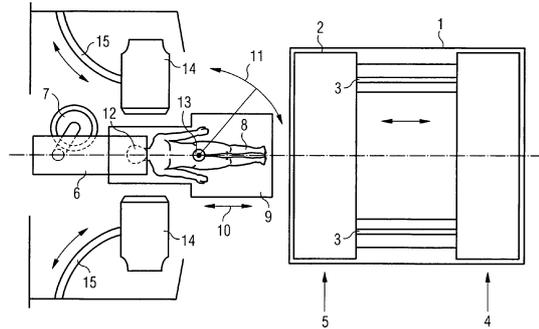
(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kombination präoperativer 3-D-Bilddatensätze mit intraoperativen 2-D-Bilddatensätzen, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

S1: Messen eines 3-D-Bilddatensatzes mit einer 3-D-Bildgebungsmodalität,

S2: Messen eines 2-D-Bilddatensatzes mit einem Röntgen-C-Bogen,

S3: Fusionieren des 2-D-Bilddatensatzes mit dem 3-D-Bilddatensatz auf Basis einer Kalibrierung zwischen den Koordinatensystemen der 3-D-Bildgebungsmodalität und des Röntgen-C-Bogens,

wobei die Kalibrierung auf einem definierten Positionswechsel der Patientenliege zwischen dem Messen des 3-D-Bilddatensatzes und dem Messen des 2-D-Bilddatensatzes basiert.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überlagerung eines mit einem C-Bogen intraoperativ aufgenommenen 2D-Bild mit einem präoperativ aufgenommenen 3D-Bild einer 3D-Bildgebungsmodalität. Die Erfindung betrifft auch die Navigation in diesem 3D-Bild insbesondere in Verbindung mit anderen interventionellen Systemen wie magnetischen Navigationssystemen und/oder elektrophysiologischen Mapping-Systemen.

## Stand der Technik

**[0002]** In der medizinischen Diagnose sowie zur Planung und Durchführung eines (minimal-invasiven) Eingriffs oder einer Therapie ist es wünschenswert bzw. zuweilen notwendig, intraoperative 2D-Bilder (Echtzeit-2D-Aufnahmen) mit präoperativen 3D-Bilddatensätzen oder auch mit anderen interventionellen Systemen (magnetische Navigationssysteme, elektrophysiologische Mapping-Systeme) zu kombinieren.

**[0003]** So sind beispielsweise intraoperative 2D-Bilder (C-Bogen-Fluoroskopie-Bilder, Ultraschall-Bilder) für einen interventionellen Kardiologen oder Elektrophysiologen unentbehrlich, um während der Intervention oder Prozedur Position und Lage des jeweiligen Instrumentes (Katheter, Führungsdraht) in Echtzeit verfügbar zu haben.

**[0004]** Präoperative 3D-Bilder (3D-Volumenbilddaten wie CT-Bilder oder MRT-Bilder) hingegen werden dazu verwendet, um – insbesondere bei Prozeduren in komplexer Anatomie – einen Eingriff dreidimensional planen zu können oder um eine Diagnose für ein bestimmtes Krankheitsbild anhand dreidimensionaler Volumenbilddaten zu erstellen.

**[0005]** Das Problem aus medizinisch-technischer Sicht besteht darin, intraoperative (Echtzeit-)2D-Bilder gemeinsam (beispielsweise überlagert bzw. fusioniert) mit präoperativen 3D-Bilddaten darzustellen, um z. B. die Führung von medizinischen Instrumenten auch in diesen visualisieren zu können.

**[0006]** Ferner besteht der Bedarf während einer Intervention oder einer Prozedur, die präoperativen 3D-Bilddatensätze auch in Verbindung mit anderen Systemen zu verwenden. So wäre es vorteilhaft, magnetische Navigation von Instrumenten (Katheter, Führungsdrähte, etc.) anhand der präoperativen 3D-Bilddatensätze durchzuführen, oder aber dreidimensionale Mapping-Daten zur Unterstützung von elektrophysiologischen Ablationsprozeduren (beispielsweise Pulmonalvenenisolationen) mit den präoperativen 3D-Bilddaten zu kombinieren.

**[0007]** Die Kombination präoperativer 3D-Bilddaten

mit intraoperativen (Echtzeit-)2D-Bildern erfolgt nach dem Stand der Technik auf Basis einer 2D-3D-Registrierung der 2D-3D-Bilddatensätze bzw. einer Registrierung der 2D-3D-Bilddatensätze mit den Koordinatensystemen der interventionellen Systeme. Registrieren heißt, eine Abbildungsvorschrift zu ermitteln, die den einen Bilddatensatz in den anderen überführt.

**[0008]** Derzeit wird eine solche Registrierung durch verschiedene Ansätze (z. B. 2D-3D-Registrieralgorithmen) erreicht, die jedoch alle für den Benutzer mit Interaktionen verbunden sind. So erfordern die Registrierungsalgorithmen entweder aufwändige Merkmals-Extraktionen (Anwahl anatomischer Landmarken, Oberflächen, etc.) aus den Bilddaten oder sie laufen voxelbasiert ab und sind damit oft nicht-deterministisch, zuweilen wenig performant sowie fehleranfällig und mit Ungenauigkeiten (Registrierungsfehlern) behaftet. Dies liegt u. a. daran, dass die präoperativen Daten 2 bis 3 Tage zuvor aufgenommen wurden, so dass sich die anatomischen Strukturen bereits wieder verändert haben.

## Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, welches die Kombination präoperativer 3D-Bilddatensätze mit intraoperativen 2D-Bilddatensätzen bzw. mit weiteren interventionellen Systemen erleichtert bzw. vereinfacht.

**[0010]** Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche bilden den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise weiter.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird ein Verfahren beansprucht, zur Kombination präoperativer 3D-Bilddatensätze mit intraoperativen 2D-Bilddatensätzen gekennzeichnet durch folgende Schritte:

S1: Messen eines 3D-Bilddatensatzes mit einer 3D-Bildgebungsmodalität,  
 S2: Messen eines 2D-Bilddatensatzes mit einem Röntgen-C-Bogen,  
 S3: Fusionieren des 2D-Bilddatensatzes mit dem 3D-Bilddatensatz auf Basis einer Kalibrierung zwischen den Koordinatensystemen der 3D-Bildgebungsmodalität und des Röntgen-C-Bogens,

wobei die Kalibrierung auf einem Positionswechsel der Patientenliege zwischen dem Messen des 3D-Bilddatensatzes und dem Messen des 2D-Bilddatensatzes basiert.

**[0012]** Dabei wird in einer ersten möglichen Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zu dem Röntgen-C-Bogen und/oder zu der 3D-Bildgebungsmodalität ein aktives magnetisches Navigati-

onssystem kalibriert.

**[0013]** In einer zweiten möglichen Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zu dem Röntgen-C-Bogen und/oder zu der 3D-Bildgebungsmodalität ein elektro-physiologisches Mapping-System kalibriert.

**[0014]** Die 3D-Bildgebungsmodalität stellt erfindungsgemäß und vorteilhaft ein Computertomographie-Gerät oder ein Magnetresonanztomographie-Gerät dar.

**[0015]** Ferner wird erfindungsgemäß eine Vorrichtung beansprucht, welche zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist.

#### Ausführungsbeispiel

**[0016]** Weitere Vorteile, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden nun anhand von Ausführungsbeispielen bezugnehmend auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert.

**[0017]** [Fig. 1](#) zeigt in einer schematischen Aufsicht die Kombination eines C-Bogen-Röntgensystems mit integriertem aktiven magnetischen Navigations- (bzw. Positions-) System und CT-Scanner, und

**[0018]** [Fig. 2](#) zeigt schematisch und perspektivisch die kalibrierten Bildkoordinatensysteme bei einer Kombination eines C-Bogen-Röntgen-Systems mit einem CT-Scanner.

**[0019]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass – gemäß [Fig. 1](#) – eine Anlage zur Generierung von intraoperativen 2D-(Echtzeit-) Bilddaten (insbesondere in Röntgen-C-Bogen-Systemen zur Echtzeit-Aufnahme von 2D-Durchleuchtungsbildern) mit einer Anlage zur Generierung von dreidimensionalen präoperativen Bilddaten (z.B. mit einem CT- oder MRT-Scanner) kombiniert wird.

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt in der Draufsicht die Kombination eines Röntgen-C-Bogen-Systems **6, 7** mit einem CT-Scanner **2** inklusive einem aktiven magnetischen Positionssystem **14, 15**. Der zu untersuchende Patient **8** liegt auf einer in Richtung des Doppelpfeils **10** verschiebbaren und in Richtung des Doppelpfeils **11** drehbaren Patientenliege **9**. Der zu untersuchende Bereich (hier der Kopf des Patienten) befindet sich im Iso-Center **12**, d.h. zwischen den auf Gleitschienen **15** schwenkbaren Linearmagneten **14** des magnetischen Navigationssystems und zwischen Röntgenquelle **17** und Detektoreinheit **16** des C-Bogens **6**.

**[0021]** Das C-Bogen-Röntgensystem **6**, das magnetische Navigationssystem **14** und das CT-Gerät **1**

sind räumlich zueinander derart dicht angeordnet, dass der Patient **8** nach einer C-Bogen-Durchleuchtung im Rahmen eines interventionellen Eingriffs zur Durchführung einer CT-Aufnahme nicht eigens umgelagert werden muss.

**[0022]** Um von einer Modalität zur anderen zu gelangen, muss lediglich eine  $\pm 180^\circ$ -Drehung **11** der Patientenliege um den Drehpunkt **13** vorgenommen werden und diese anschließend über eine Translationsbewegung **10** in den CT-Scanner **2** eingefahren werden – vorausgesetzt, dass der CT-Scanner über Gleitschienen **3** aus der Parkposition **4** in die Betriebsposition **5** gebracht wurde. Durch diese definierte Positionsänderung der Patientenliege **9**, bei der der Patient relativ zur Patientenliege selbst nicht bewegt wird, besteht zwischen beiden Systemen (Röntgen-C-Bogen und CT-Gerät) eine feste, klar definierte räumliche Zuordnung. Durch diese feste räumliche Zuordnung von Röntgen-C-Bogen und CT-Scanner kann auf Basis einer einmaligen Kalibrierprozedur eine feste Beziehung zwischen den Bildkoordinatensystemen der beiden bildgebenden Systeme ermittelt werden.

**[0023]** Auf diese Weise ist die Registrierung zwischen vom CT-Scanner generierten präoperativen 3D-Bilddatensätzen und vom C-Bogen-Röntgensystem generierten intraoperativen 2D-(Echtzeit-) Bilddatensätzen bekannt, vorausgesetzt, dass gemäß [Fig. 2](#) Rotationsbewegungen **11** und Translationsbewegungen **10** der Patientenliege exakt erfasst und in diese feste Beziehung einbezogen werden. Durch diese Kalibrierung wird somit das Koordinatensystem **18** des Röntgen-C-Bogens mit dem Koordinatensystem **19** des CT-Gerätes einmalig in Beziehung gesetzt, wodurch sich ein Registrierungsverfahren auf Basis von 2D-3D-Registrierungs-Algorithmen erübrigt und dessen (oben geschilderten) Nachteile vermieden werden. Eventuell auftretende mechanisch reproduzierbare Toleranzen bei der Bewegung der Patientenliege können ebenfalls durch Kalibrierung einmalig ermittelt und zusätzlich in die System-Kalibrierung der Koordinatensysteme berücksichtigt, d.h. einbezogen werden.

**[0024]** Durch diese möglicherweise um Bewegungstoleranzen erweiterte Kalibrierung sind intraoperatives 2D-(Echtzeit)-Durchleuchtungsbild mit präoperativen CT-Daten registriert, wodurch beide Bildarten auf einfache Weise synchronisiert, beispielsweise überlagert, dargestellt werden können.

**[0025]** Ferner kann bei nunmehr bekannter Registrierung durch Kalibrierung jedes weitere interventionelle System, welches bzgl. seines eigenen Koordinatensystems mit einem der beiden Koordinatensysteme der beiden Komponenten (C-Bogen oder CT-Gerät) fixiert und damit ebenfalls registriert ist, genutzt werden – beispielsweise im Falle eines akti-

ven magnetischen Navigationssystem, um interventionelle Einrichtungen wie Katheter und Führungsdrähte relativ zu den präoperativen 3D-Bilddaten aktiv zu navigieren.

**[0026]** Die Navigation erfolgt dabei sowohl aufgrund der bekannten Beziehung zwischen dem Koordinatensystem des CT-Scanners und dem des Röntgen-C-Bogens als auch aufgrund einer Kalibrierung zwischen dem Koordinatensystem des Röntgen-C-Bogens und dem Koordinatensystem des magnetischen Navigationssystems.

**[0027]** Weiterhin können auch Instrumente eines elektronischen Mapping-Systems (beispielsweise ein Ablationskatheter) aufgrund der bekannten Beziehungen zwischen dem Koordinatensystem des CT-Scanners und dem Koordinatensystem des Röntgen-C-Bogens bzw. zwischen dem Koordinatensystem des Röntgen-C-Bogens und dem Koordinatensystem des elektro-physiologischen Mapping-Systems geführt werden.

**[0028]** Die Führung erfolgt in einer kombinierten (beispielsweise überlagerten) Visualisierung bestehend aus präoperativen 3D-Bilddaten und 3D-Mapping-Daten. Mapping-Daten werden bekanntermaßen durch eine Elektrode an einem mit Positionssensor ausgestatteten Katheter aufgenommen, mit der eine elektro-physiologische Oberflächenstruktur (beispielsweise einer Herzkammer) abgetastet wird.

**[0029]** Auch die Gesamt-Kombination von 2D-Durchleuchtungsbildern, präoperativen 3D-Bilddaten, magnetischer Navigation und elektro-physiologischem Mapping ist durch die lediglich einmalig durchgeführte Kalibrierung ohne Registrierung möglich. So kann ein Ablations- oder Mapping-Katheter mit Hilfe eines aktiven magnetischen Navigationssystems relativ zu dreidimensionalen elektro-physiologischen Mapping-Daten oder aber relativ zu kombinierten 3D-Bilddaten und 3D-Mapping-Daten geführt werden.

**[0030]** Zusammengefasst ergeben sich durch das erfindungsgemäße Verfahren folgende Vorteile: Durch die mechanische Kombination eines CT- oder MRT-Systems mit einem Röntgen-C-Bogen-System wird auf Basis einer einmaligen System-Kalibrierung eine Registrierung von 2D-(Echtzeit-)Durchleuchtungsbildern mit präoperativen 3D-Bildern ermöglicht, und zwar ohne die Notwendigkeit, Registrierungsalgorithmen verwenden zu müssen, wodurch die genannten Nachteile vermieden werden.

**[0031]** Wird zusätzlich ein aktives magnetisches Navigationssystem mit dem Röntgen-C-Bogen-System kalibriert, kann die aktive Navigation basierend auf den präoperativen 3D-Bilddaten erfolgen, ohne eine Registrierung vornehmen zu müssen.

**[0032]** Wird alternativ oder zusätzlich ein elektro-physiologisches Mapping-System mit dem Röntgen-C-Bogen-System kalibriert, können die 3D-Mapping-Daten ebenfalls ohne Registrierung mit den präoperativen 3D-Bilddaten kombiniert werden. In einer solchen zusätzlichen Daten-Kombination kann dann auch aktiv mittels aktivem magnetischen Navigationssystem navigiert werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kombination präoperativer 3D-Bilddatensätze mit intraoperativen 2D-Bilddatensätzen,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

S1: Messen eines 3D-Bilddatensatzes mit einer 3D-Bildgebungsmodalität,

S2: Messen eines 2D-Bilddatensatzes mit einem Röntgen-C-Bogen,

S3: Fusionieren des 2D-Bilddatensatzes mit dem 3D-Bilddatensatz auf Basis einer Kalibrierung zwischen den Koordinatensystemen der 3D-Bildgebungsmodalität und des Röntgen-C-Bogens, wobei die Kalibrierung auf einem definierten Positionswechsel der Patientenliege zwischen dem Messen des 3D-Bilddatensatzes und dem Messen des 2D-Bilddatensatzes basiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zu dem Röntgen-C-Bogen und/oder zu der 3D-Bildgebungsmodalität ein aktives magnetisches Navigationssystem kalibriert wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass zu dem Röntgen-C-Bogen und/oder zu der 3D-Bildgebungsmodalität ein elektro-physiologisches Mapping-System kalibriert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die 3D-Bildgebungsmodalität ein Computertomographie-Gerät oder ein Magnetresonanztomographie-Gerät darstellt.

5. Vorrichtung welche zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

