



(10) **DE 10 2011 006 562 B4** 2014.12.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 562.8**
(22) Anmeldetag: **31.03.2011**
(43) Offenlegungstag: **04.10.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.12.2014**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00** (2006.01)
A61B 6/02 (2006.01)
A61B 5/07 (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)

Innerhalb von neun 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 Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

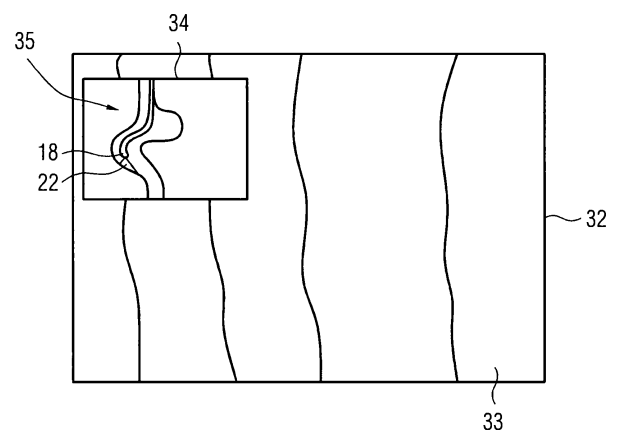
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2006 029 122 A1
DE 10 2007 029 888 A1

(72) Erfinder:
Blohm, Lutz, 91096 Möhrendorf, DE;
Dannenmann, Tim, 96047 Bamberg, DE; Hoheisel,
Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Schön, Nikolaus,
Dr., 91052 Erlangen, DE; Vogt, Marco, 90607
Rückersdorf, DE; Kreß, Florian, 90513 Zirndorf,
DE

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines medizinischen Instruments während einer Operation und medizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines medizinischen Instruments (8) während einer Operation, welches mit wenigstens einem einen Transponder umfassenden Lokalisierungselement (9) versehen ist, welcher Transponder durch empfangene elektromagnetische Strahlung zum Aussenden eines Funksignals anregbar ist, wobei eine Positionsbestimmungseinrichtung (13) anhand des wenigstens einen Funksignals eine Position und/oder Orientierung des Instruments (8), insbesondere einer Spitze (18) des Instruments (8), ermittelt, wobei mit einer Bildgebungseinrichtung, die mit der Positionsbestimmungseinrichtung (13) registriert ist oder wird, intraoperativ dreidimensionale Bilddaten eines das Instrument (8) umfassenden Bereichs aufgenommen werden, eine aktuelle Position und/oder Orientierung des Instruments (8) bestimmt werden und zur Unterstützung wenigstens eine unter Berücksichtigung der Bilddaten und der aktuellen Position und/oder Orientierung des Instruments (8) erzeugte Darstellung (23, 32, 36) ermittelt und angezeigt wird, wobei als Darstellung (36) ein zweidimensionaler Schnitt (37) durch die dreidimensionalen Bilddaten ermittelt wird, wobei die Schnittebene senkrecht auf der Orientierung der Spitze (18) des Instruments (8) steht und von der Instrumentenspitze (18) um einen definierten Abstand beabstandet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines medizinischen Instruments während einer Operation und eine medizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung, umfassend eine Bildgebungseinrichtung, ein Positionsbestimmungssystem und ein medizinisches Instrument.

[0002] Operationen, insbesondere minimal-invasive Eingriffe, bei denen medizinische Instrumente genutzt werden, sind bereits bekannt. Insbesondere werden derartige minimal-invasive Eingriffe beziehungsweise chirurgische Prozeduren häufig auch als „keyhole surgery“ bezeichnet. Bei einem minimal-invasiven Eingriff fällt es dem Chirurgen zunehmend schwer, sich räumlich zu orientieren. Beispielsweise gilt dies insbesondere für Prozeduren mit flexiblen Endoskopen, da das Bild sowohl gedreht als auch aus der Achse der eigentlichen Blickrichtung gekippt sein kann. Doch auch bei der Verwendung von Kathetern treten derartige Probleme auf. Darüber hinaus erfordert der Einsatz von Kathetern und Punktionsnadeln ein Bildgebungsverfahren, um die räumliche Zuordnung des Instruments zu den zu behandelnden Organen im Patienten sichtbar zu machen. Insbesondere im Bereich der Endoskopie und der Laparoskopie existiert noch keine technische Lösung für das Problem der Orientierung, die routinemäßig eingesetzt wird. Die den Eingriff durchführende Person muss dabei auf ihren Erfahrungsschatz, Training und jahrelange Praxis zurückgreifen, um eine Vorstellung zu erhalten, wie ein Instrument, also hier ein Endoskop oder Laparoskop, orientiert ist.

[0003] In der interventionellen Radiologie wurde vorgeschlagen, elektromagnetische Positionsbestimmungssysteme, sogenannte Trackingsysteme, zu verwenden, um die Instrumente, beispielsweise Punktionsnadeln und/oder Katheter, zu orten und in Relation zu einem präoperativ erstellten dreidimensionalen Bilddatensatz, beispielsweise einem Computertomographie-Bilddatensatz, darzustellen. Elektromagnetische Positionsbestimmungssysteme sind jedoch dahingehend nachteilhaft, dass sie nur schwierig in den Arbeitsablauf zu integrieren sind und ihre Genauigkeit stark durch ferromagnetische Materialien oder metallisch leitende Flächen beeinflusst wird. Zudem ist ihre Funktionalität auf einen sehr kleinen Bereich beschränkt, beispielsweise einen Abstand von maximal 50 cm von einem Feldgenerator.

[0004] Eine weitere Problematik ist die Verwendung präoperativ erstellter Bilddatensätze, nachdem diese aufgrund unterschiedlicher Lagerung des Patienten, Verlagerung innerer Organe und insbesondere Maßnahmen zur erleichterten Durchführung der minimal-invasiven Operation, beispielsweise einem Befüllen des Bauchraums mit Gas bei der Endoskopie und/

oder der Laparoskopie, zu einer Situation führen können, die von dem präoperativen Bilddatensatz erheblich abweichen kann.

[0005] Eine Positionsbestimmungseinrichtung, die die Position eines Hochfrequenz-Transponders mit Hilfe einer phasempfindlichen Auswertung des Empfangssignals bestimmt, ist aus DE 10 2006 029 122 A1 bekannt. Die Transponder bilden dabei einen Teil eines Lokalisierungselements (RFID-Tag, radio frequency ID“), wobei die Antennen der Transponder durch ein Hochfrequenz-Feld angeregt werden und die Transponder mit elektrischer Energie versorgen. Die Transponder senden ihrerseits ein Funksignal als Lokalisierungssignal aus, das von mehreren Empfangseinheiten phasensensitiv empfangen wird. Die DE 10 2006 029 122 A1 beschreibt ein Verfahren, um daraus den genauen Ort jedes Transponders und somit jedes Lokalisierungselements zu bestimmen.

[0006] DE 10 2007 029 888 A1 betrifft ein bildgebendes Verfahren für die medizinische Diagnostik und eine nach dem Verfahren arbeitende Einrichtung. Dort wird vorgeschlagen, dass bei einer endoskopischen Untersuchung mit einem Endoskop ein Bild mit einem nichtendoskopischen bildgebenden Verfahren erzeugt, das Bildfeld des Endoskops ermittelt und positions- und orientierungsgetreu im Bild **28** wiedergegeben wird. Dabei können die Bildkoordinaten des Bildes in einem ortsfesten Koordinatensystem bestimmt und die Lage und die Orientierung des Bildfeldes des Endoskops mit einer Positionserfassungseinrichtung in diesem ortsfesten Koordinatensystem gemessen werden. Das Bild kann ein 3D-Bild sein.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem eine genauere, informativere und den realen Gegebenheiten besser entsprechende Unterstützung der Navigation eines Instruments bei einer minimal-invasiven Operation gegeben ist.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einem Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines medizinischen Instruments während einer Operation, insbesondere einer minimal-invasiven Operation, erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Instrument mit wenigstens einem einen Transponder umfassenden Lokalisierungselement versehen ist, welcher Transponder durch empfangene elektromagnetische Strahlung zum Aussenden eines Funksignals anregbar ist, wobei eine Positionsbestimmungseinrichtung anhand des wenigstens einen Funksignals eine Position und/oder Orientierung des Instruments, insbesondere einer Spitze des Instruments, ermittelt, wobei mit einer Bildgebungseinrichtung, die mit der Positionsbestimmungseinrichtung registriert ist oder wird, intraoperativ dreidimensionale Bilddaten eines das Instrument umfassenden Bereichs aufgenom-

men werden, eine aktuelle Position und/oder Orientierung des Instruments bestimmt werden und zur Unterstützung wenigstens eine unter Berücksichtigung der Bilddaten und der aktuellen Position und/oder Orientierung des Instruments erzeugte Darstellung ermittelt und angezeigt wird, wobei als Darstellung ein zweidimensionaler Schnitt durch die dreidimensionalen Bilddaten ermittelt wird, wobei die Schnittebene senkrecht auf der Orientierung der Spitze des Instruments steht und von der Instrumentenspitze um einen definierten Abstand beabstandet ist.

[0009] Es wird also vorgeschlagen, den Einsatz von Lokalisierungselementen (RFID-Tags), wie er in der DE 10 2006 029 122 A1, deren Offenbarungsgehalt hiermit vollumfänglich in diese Beschreibung aufgenommen wird, beschrieben ist, in Kombination mit moderner intraoperativer dreidimensionaler Bildgebung, insbesondere mittels einer C-Bogen-Röntgeneinrichtung, zu nutzen. Dabei soll unter dem Begriff intraoperativ im vorliegenden Fall auch ein Zustand unmittelbar vor der Nutzung des Instruments verstanden werden, beispielsweise, nachdem der Bauchraum vor der Nutzung eines Laparoscops oder Endoscops mit Gas gefüllt wurde. Mittels dreidimensionaler Bildgebung wird mithin ein aktueller dreidimensionaler Bilddatensatz des Operationsgebiets erzeugt. Gleichzeitig lässt sich durch den erfindungsgemäßen Einsatz von Instrumenten, die jeweils mit Lokalisierungselementen (RFID-Tags) ausgerüstet sind, auf einfache und störungssichere Weise die aktuelle Position und/oder Orientierung des Instruments mittels der Positionsbestimmungseinrichtung feststellen. Unter Nutzung dieser Informationen ergibt sich dann für die den Eingriff durchführende Person eine Navigationshilfe, die zum einen auf aktuellen, mithin passenden dreidimensionalen Bilddaten, zum anderen aber auf einer auf exakte und robuste Weise bestimmten Position und/oder Orientierung des Instruments basiert. Diese Informationen werden verknüpft, um eine Darstellung zu erzeugen, die für die die Operation durchführende Person eine erhebliche Vereinfachung bei der Navigation und bei der Orientierung im Körper bietet. Zudem ist die Sicherheit deutlich erhöht, nachdem auf aktuellen Bilddaten und mit aktuellen Positionen und/oder Orientierungen gearbeitet wird.

[0010] Wie bereits erwähnt, kann mit besonderem Vorteil eine Röntgeneinrichtung mit einem C-Bogen als Bildgebungseinrichtung verwendet werden. Ein solcher bewegbarer C-Bogen ermöglicht es, beispielsweise durch Rotation des C-Bogens um einen Patienten, dreidimensionale Bilddaten aktuell aufzunehmen, ohne dass der Patient letztlich bewegt werden muss, da beispielsweise zum Durchführen des Eingriffes der C-Bogen in eine nicht störende Position bewegt werden kann. Nichtsdestotrotz ist es, wie dargelegt, möglich, hochaktuelle und genaue dreidimensionale Bilddaten zu erhalten. Verfahren, bei de-

nen mittels eines C-Bogens Projektionen unter unterschiedlichen Winkeln aufgenommen werden können, aus denen dann dreidimensionale Bilddaten ermittelt werden, sind im Stand der Technik bereits weitgehend bekannt.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit besonderem Vorteil angewendet werden, wenn als Instrument ein Laparoskop und/oder ein Endoskop verwendet wird. In diesem Zusammenhang ist es üblich, den Bauchraum mit Gas, beispielsweise Kohlendioxid, zu befüllen, bevor der eigentliche Eingriff mittels des Instruments durchgeführt wird. Dadurch ergeben sich Veränderungen, so dass die Verwendung eines präoperativen Bilddatensatzes nachteilhaft wäre.

[0012] Mithin kann in einem Workflow, der das erfindungsgemäße Verfahren nutzt, beispielsweise der Patient zunächst wie üblich für die minimal-invasive Operation vorbereitet werden. Sodann kann das Befüllen des Bauchraumes mit Gas erfolgen. Vor der Nutzung des Instruments, also des Laparoscops oder des Endoscops, wird dann ein dreidimensionaler Bilddatensatz mittels der Bildgebungseinrichtung, insbesondere mittels eines C-Bogens, aufgenommen. In diesem dreidimensionalen Bilddatensatz sind mithin Effekte, die durch das Befüllen mit Gas ausgelöst werden, gut zu erkennen, insbesondere die Kompression oder Dehnung von Organen oder sonstigen Teilen der Anatomie. Auch die aktuelle Lagerung des Patienten wird durch die intraoperativen dreidimensionalen Bilddaten berücksichtigt. Ist nun die Spitze des Laparoscops beziehungsweise Endoscops mit Lokalisierungselementen (lokalisierbaren RFID-Tags) ausgestattet, lassen sich nun sowohl die Lage des Instruments im Raum als auch die Drehung des Instruments genau verfolgen. Entsprechend folgt eine Visualisierung mittels der Darstellung, die der die Operation durchführenden Person zur Anzeige gebracht werden, so dass diese bei der Navigation des Laparoscops beziehungsweise Endoscops unterstützt wird.

[0013] Als Instrument kann auch ein Katheter verwendet werden, das bedeutet, erfindungsgemäß können die Lokalisierungselemente auch an einer Katheter-Spitze vorgesehen sein. Hierdurch kann der Katheter geortet werden und die Position und Orientierung des Katheters kann festgestellt werden, insbesondere aufgrund der Registrierung relativ zu den dreidimensionalen Bilddaten des Operationsgebiets im Patienten. So kann beispielsweise der Katheter in einer dreidimensionalen Darstellung lagerichtig dargestellt werden.

[0014] In analoger Weise können die erfindungsgemäß verwendeten Lokalisierungselemente an der Spitze einer Punktionsnadel angeordnet werden. Der Einsatz der Lokalisierungselemente ermöglicht es,

neben der Position der Punktionsnadel auch die Orientierung zu ermitteln, was es der die Operation durchführenden Person erleichtert, in die gewünschte Richtung zu stechen. Dies gilt insbesondere bei starren, gebogenen Punktionsnadeln, wie sie beispielsweise in einer TIPSS-Anlage (TIPSS = Transjugulärer intrahepatischer portosystemischer Stent-Shunt) eingesetzt werden.

[0015] Wie bereits angedeutet, kann in einer einfachen Ausführungsform vorgesehen sein, dass eine das lagerichtig in seiner Umgebung dargestellte Instrument zeigende Darstellung ermittelt und angezeigt wird. So kann vorgesehen sein, das Instrument beziehungsweise ein das Instrument darstellendes Symbol lagerichtig in den durch die dreidimensionalen Bilddaten gebildeten Bilddatensatz einzublenden. So wird ständig die aktuelle Position und bevorzugt auch die Orientierung des Instruments in Relation zur umgebenden Anatomie zur Anzeige gebracht. Zusätzlich zur beschriebenen Visualisierung des Instruments im dreidimensionalen Datensatz kann vorgesehen sein, das dreidimensionale Bild auch überlagert mit einem aktuellen zweidimensionalen Bild, das beispielsweise durch Durchleuchtung mittels eines C-Bogens aufgenommen werden kann, zu überlagern. Es ist also eine lagerichtige Darstellung von Instrumenten im dreidimensionalen Bilddatensatz möglich, so dass für eine die Operation durchführende Person eine verbesserte Orientierung gegeben ist.

[0016] Es kann vorgesehen sein, dass die Navigation eines über einen Roboter steuerbaren Instruments unterstützt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich also auch vorteilhaft auf flexible Operations-Roboter anwenden, wie sie beispielsweise unter dem Namen „Sensei“ von Hansen Medical Inc., Mountain View, USA, bekannt sind.

[0017] Besonders vorteilhaft kann die vorliegende Erfindung dann angewandt werden, wenn die Orientierung des eine einen bestimmten Aufnahmebereich erfassende Instrumentenaufnahmeeinrichtung umfassenden Instruments ermittelt wird, wobei die Bilder der Instrumentenaufnahmeeinrichtung auf einer Anzeigevorrichtung dargestellt werden. In einer Vielzahl minimal-invasiver Eingriffe, bei denen der Patient ja nicht offengelegt ist, sondern insbesondere in Hohlorganen des Patienten gearbeitet wird, wird eine Instrumentenaufnahmeeinrichtung verwendet, deren Bilder zur Orientierung für die den Eingriff durchführende Person auf einer Anzeigevorrichtung dargestellt werden. Ist die Position und die Orientierung des Instruments erst bekannt, so ist auch die Position und Orientierung der üblicherweise an der Spitze des Instruments angeordneten Instrumentenaufnahmeeinrichtung bekannt, so dass mithin Schlussfolgerungen über die Lage des Aufnahmebereichs, insbesondere relativ zu den dreidimensionalen

len Bilddaten oder auch relativ zur übrigen Anatomie des Patienten gefolgert werden kann.

[0018] Dabei konnte herkömmlich beispielsweise das Problem auftreten, beispielsweise bei Endoskopen und Laparoskopien, dass das zweidimensionale oder dreidimensionale Bild der Instrumentenaufnahmeeinrichtung um die Längsachse der Instrumentenspitze verdreht ist, was für die die Operation durchführende Person leicht zu einer Desorientierung führen kann und höchste Konzentration verlangt. Um hier eine bessere Unterstützung zu bieten, schlägt die vorliegende Erfindung als Lösung dieses Problems vor, dass die Bilder, insbesondere die zweidimensionalen Bilder, bezüglich der Längsachse der Spitze des Instruments in eine für alle Bilder gleiche Bildorientierung gedreht und dargestellt werden. Es wird also die Information über die Orientierung der Instrumentenspitze und somit der Instrumentenaufnahmeeinrichtung genutzt, um dann, wenn die Instrumentenspitze um die Längsachse der Instrumentenspitze verdreht ist, die Bilder vollkommen automatisch wieder in eine Vorzugsorientierung zu drehen und in dieser Orientierung automatisch dem Bediener zur Anzeige zu bringen. Dabei kann die Bildorientierung derart gewählt werden, dass eine nach oben zeigende Richtung in der Darstellung des Bildes auch im Körper der Richtung nach oben entspricht. Die Richtung nach oben ist dabei die Richtung, die der Schwerkraft entgegengerichtet ist. Auf diese Weise wird eine hervorragende Orientierung für die die Operation durchführende Person ermöglicht, wobei selbstverständlich auch andere Vorzugsorientierungen, beispielsweise abhängig von der Orientierung der Patientenspitze, definiert werden können.

[0019] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann unter Berücksichtigung der Position und Orientierung des Instruments und somit der Instrumentenaufnahmeeinrichtung sowie der Bilddaten die den Aufnahmebereich in der Umgebung des Instruments anzeigende Darstellung ermittelt werden. Das bedeutet also beispielsweise, dass der Aufnahmebereich der Instrumentenaufnahmeeinrichtung in die dreidimensionalen Bilddaten eingeblendet werden kann, beispielsweise schematisch und farblich hervorgehoben. Besonders vorteilhaft wird der Aufnahmebereich gemeinsam mit dem Instrument selber dargestellt, welches beispielsweise ebenso in den dreidimensionalen Bilddatensatz eingeblendet werden kann. Auf diese Weise ist der die Operation durchführende Person immer bekannt, welche Teile der Anatomie/der Umgebung des Instruments gerade durch die Bilder der Instrumentenaufnahmeeinrichtung, beispielsweise einer Kamera, gezeigt werden.

[0020] In diesem Zusammenhang ist es in vorteilhafter weiterer Ausgestaltung denkbar, dass die dem Aufnahmezeitpunkt eines Bildes entsprechende Dar-

stellung als Inset des an der Anzeigevorrichtung gezeigten Bildes angezeigt wird. Auf diese Weise kann die Darstellung beispielsweise gemeinsam an einem Monitor oder einer anderen Darstellungsfläche gleichzeitig mit einem Bild der Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung angezeigt werden, so dass sich alle Informationen gleichzeitig im Blickfeld des Bedieners befinden.

[0021] Denkbar ist es jedoch auch, gegebenenfalls sogar zusätzlich, dass die dem Aufnahmezeitpunkt eines Bildes entsprechende Darstellung auf einer weiteren, insbesondere einer Anzeigefläche des Bildes benachbarten Anzeigefläche zeitgleich mit dem Bild angezeigt wird. Dabei werden besonders bevorzugt zwei Monitore einer Anzeigevorrichtung verwendet. Auf diese Weise können die Darstellung und das Bild ohne Überlagerung in voller Größe dargestellt werden, so dass ein maximaler Informationsgewinn für die die Operation durchführende Person gegeben ist.

[0022] Bei einer derartigen Anzeige des Aufnahmebereichs kann in zweckmäßiger Weiterbildung vorgesehen sein, dass insbesondere bei zweidimensionalen Bildern eine eine Richtung in der Anzeige des Bildes in dem Aufnahmebereich anzeigende Markierung in die Darstellung eingefügt wird. Insbesondere dann, wenn das zweidimensionale Bild nicht, wie bereits beschrieben, bezüglich der Längsachse der Instrumentenspitze in eine bestimmte Bildorientierung gedreht wird, kann also eine die tatsächliche Orientierung, beispielsweise das „Oben“ bei der Anzeige des Bildes, als Markierung mit dem Aufnahmebereich gemeinsam angezeigt werden, um so die Navigation weiter zu vereinfachen.

[0023] Allgemein kann im Übrigen vorgesehen sein, dass als Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung eine Kamera, insbesondere eine Stereokamera, und/oder eine IVUS-Einrichtung und/oder eine OCT-Einrichtung verwendet wird. Während bei Laparoskopien beziehungsweise Endoskopien häufig eine Kamera eingesetzt wird, werden IVUS-Einrichtungen (intravasculärer Ultraschall) und OCT-Einrichtungen (Optical Coherence Tomography) bei Kathetern recht häufig eingesetzt. Die Bilder dieser Instrumentenbildaufnahmeeinrichtungen können im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die bestimmte Position und Orientierung des Instruments in Beziehung mit den Bilddaten der Bildgebungseinrichtung gesetzt werden, um so einem Bediener eine Vielzahl von Informationen zu vermitteln und mithin die Navigation des Instruments zu vereinfachen und sicherer zu gestalten.

[0024] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass als Darstellung ein zweidimensionaler Schnitt durch die dreidimensionalen Bilddaten ermittelt wird, wobei die Schnittebene senkrecht auf der Orientierung der Spit-

ze des Instruments steht und von der Instrumentenspitze um einen definierten Abstand beabstandet ist. Diese Art der Darstellung wird mit besonderem Vorteil parallel zu einer der vorab bereits beschriebenen Darstellungen ermittelt, so dass in der Summe wenigstens zwei Darstellungen gegeben sind. Diese Ausgestaltung fußt im Wesentlichen darauf, dass das Operationsziel eines minimal-invasiven Eingriffs häufig unterhalb der Oberfläche eines Hohlorgans liegt, durch das das Instrument bewegt wird, beispielsweise dann, wenn es sich um einen Tumor oder dergleichen handelt. In diesem Fall ist der Wunsch der navigierenden Person häufig gegeben, in die vor dem Instrument liegenden, optisch nicht sichtbaren Bereiche des Körpers sozusagen „hineinzusehen“. Dies wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens nun erstmals ermöglicht, nachdem auf sichere Art und Weise mittels der Lokalisierungselemente die Position und Orientierung des Instruments bestimmt und in Relation zu den dreidimensionalen Bilddaten gesetzt werden kann. Dann ist es möglich, einen zweidimensionalen Schnitt (Slab) zu erzeugen, der senkrecht auf der Richtung der Orientierung des Instruments steht, und der von der Instrumentenspitze um einen definierten Abstand beabstandet ist. Dieser Abstand kann beispielsweise in Abhängigkeit einer Auswertung der Bilddaten ermittelt werden und/oder durch einen Benutzer geändert werden. Eine Auswertung der Bilddaten kann beispielsweise ergeben, welchen Abstand die Oberfläche eines Hohlorgans von der Instrumentenspitze hat, so dass ein beispielsweise in einer bestimmten Tiefe unterhalb der Oberfläche liegender Schnitt erzeugt und angezeigt werden kann. Möglich ist es natürlich auch, dass eine Anpassung des Abstandes durch einen Benutzer erfolgt, der beispielsweise durch Betätigen eines Bedienelements, beispielsweise eines Rädchens, auf die Instrumentenspitze zu oder von der Instrumentenspitze weg „scrollen“ kann. In diesem Zusammenhang ist es äußerst zweckmäßig, wenn der aktuelle Abstand angezeigt wird, insbesondere schematisch in einer die dreidimensionalen Bilddaten und/oder das Instrument umfassenden Darstellung. Dann ist der die Operation durchführenden Person immer bekannt, wo die gerade dargestellte Schicht, die im Übrigen auch innerhalb einer Darstellung angezeigt werden kann, liegt.

[0025] Neben dem Verfahren betrifft die Erfindung auch eine medizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung, umfassend eine Bildgebungseinrichtung, eine Positionsbestimmungseinrichtung und ein medizinisches Instrument, welches mit wenigstens einem einen Transponder umfassenden Lokalisierungselement versehen ist, welcher Transponder durch empfangene elektromagnetische Strahlung zum Aussenden eines Funksignals anregbar ist, wobei die Positionsbestimmungseinrichtung anhand des wenigstens einen Funksignals eine Position und/oder Orientierung des Instruments, insbeson-

dere einer Spitze des Instruments, ermittelt. Ferner umfasst die Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildete Steuereinrichtung. Sämtliche Ausführungen bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich analog auf die erfindungsgemäße Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung übertragen, so dass auch damit die beschriebenen Vorteile erreicht werden können.

[0026] Das Positionsbestimmungssystem kann dabei im Wesentlichen wie durch die DE 20 2006 029 122 A1 beschrieben ausgebildet sein. Dazu kann die Positionsbestimmungseinrichtung beispielsweise eine Sendeeinheit umfassen, die elektromagnetische Strahlung emittiert, die von einer Antenne des Transponders des Lokalisierungselements empfangen und einem mit der Antenne verbundenen Schaltkreis zugeführt wird. Ferner umfasst die Positionsbestimmungseinrichtung mehrere an definierten Positionen im Raum befindliche Empfangseinheiten, die mit einer Auswerteeinheit verbunden sind, welche anhand der Phasenlage der elektromagnetischen Strahlung des Funksignals am jeweiligen Ort der Empfangseinheiten die Position und/oder Orientierung des medizinischen Instruments bestimmt. Zum Zwecke der Kalibrierung kann ein Kalibrierungspunkt vorgesehen sein, der ebenso räumlich fest im Raum vorgesehen wird. Dadurch lassen sich, insbesondere bei hohen Frequenzen, hohe räumliche Auflösungen erzielen.

[0027] Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnung. Dabei zeigen:

[0028] Fig. 1 eine erfindungsgemäße Untersuchungs- und Behandlungseinrichtung,

[0029] Fig. 2 eine größere Ansicht der Instrumentenspitze,

[0030] Fig. 3 eine erste mögliche Darstellung,

[0031] Fig. 4 eine Darstellung gemeinsam mit einem von einer Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung aufgenommenen Bild, und

[0032] Fig. 5 ein Schnittbild als Darstellung.

[0033] Fig. 1 zeigt in Form einer Prinzipskizze eine erfindungsgemäße Untersuchungs- und Behandlungseinrichtung 1. Diese umfasst zunächst einen Patiententisch 2, der von einer entsprechenden Säule 3 getragen wird. Um den Patiententisch 2 schwenkbar ist ein C-Bogen 4 mit einem Röntgenstrahler 5 und einem Röntgendetektor 6 vorgesehen, der einen Teil einer Röntgeneinrichtung 7 bildet.

[0034] Die Untersuchungs- und Behandlungseinrichtung 1 umfasst ferner ein medizinisches Instrument 8, welches beispielsweise ein Laparoskop, ein Endoskop, ein Katheter oder eine Punktionsnadel sein kann, an dessen vorderen Ende wenigstens ein Lokalisierungselement 9 angeordnet ist. Das Lokalisierungselement 9 weist einen Transponder mit einer Antenne sowie einem mit der Antenne verbundenen Schaltkreis auf, wobei der Schaltkreis durch die über die Antenne empfangene elektromagnetische Strahlung einer Sendeeinheit 10 anregbar ist, so dass der Transponder über die Antenne ein Lokalisierungssignal als elektromagnetische Strahlung aussendet. Im Raum verteilt sind nun mehrere Empfangseinheiten 11 angeordnet, die das Funksignal (Lokalisierungssignal) des Transponders empfangen. Die Empfangseinheiten 11 sind mit einer Steuereinrichtung 12 als Auswerteeinheit verbunden, welche anhand der Phasenlage der elektromagnetischen Strahlung der Funksignale am jeweiligen Ort der Empfangseinheiten 11 die Position und Orientierung des medizinischen Instruments 8 berechnet, wie dies in der DE 10 2006 029 122 A1 beschrieben ist. Die hierdurch gebildete Positionsbestimmungseinrichtung 13 ist mit der Röntgeneinrichtung 7, mit der sie sich im vorliegenden Fall auch die Steuereinrichtung 12 teilt, bereits registriert, das bedeutet, das Koordinatensystem der Röntgeneinrichtung 7 steht in einer bekannten Beziehung zu dem Koordinatensystem des Positionsbestimmungssystems 13.

[0035] Wird das Instrument 8 mit dem Lokalisierungselement 9 (RFID-Tag) in einen Patienten 14 im Rahmen einer minimal-invasiven Operation eingeführt, kann mithin seine Position und Orientierung bestimmt werden und in Relation zu intraoperativ aufgenommenen dreidimensionalen Bilddaten der Röntgeneinrichtung 7 gesetzt werden, wobei die Steuereinrichtung 12 im vorliegenden Falle dazu ausgebildet ist, unter Berücksichtigung der dreidimensionalen Bilddaten und der aktuellen Position und Orientierung des Instruments 8 eine Darstellung zu erzeugen, die zur Unterstützung der Navigation des Instruments 8 dient. Mit anderen Worten ist die Steuereinrichtung 12 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet.

[0036] Die ermittelte Darstellung kann dann auf einer Anzeigevorrichtung 15, die im vorliegenden Fall wenigstens zwei Monitore 16 umfasst, dargestellt werden.

[0037] Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass es auch möglich ist, die vorliegende Erfindung anzuwenden, wenn ein in Fig. 1 nur als optionale Komponente angedeuteter Roboter 17 zur Steuerung des Instruments 8 vorgesehen ist.

[0038] Fig. 2 zeigt die Spitze 18 eines hier als Endoskop 19 ausgebildeten Instruments 8 genauer. Er-

sichtlich weist die Spitze **18** im vorliegenden Fall drei Lokalisierungselemente **9** auf, so dass sich die Position und die Orientierung der Spitze **18** des Endoskops **19** durch die Steuereinrichtung **12** ermitteln lässt. In fester Lagebeziehung zu den Lokalisierungselementen **9** umfasst die Spitze **18** vorliegend eine nach vorne gerichtete Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung **20**, die hier als eine optische Kamera **21** ausgebildet ist und einen bestimmten Aufnahmebereich **22** aufweist. Damit kann die Kamera **21** zweidimensionale Bilder aufnehmen, wobei an dieser Stelle angemerkt sei, dass selbstverständlich auch andere Instrumentenbildaufnahmeeinrichtungen wie stereoskopische Kameras, IVUS-Einrichtungen oder OCT-Einrichtungen denkbar sind.

[0039] Die Kamera **21** dient der die minimal-invasive Operation durchführenden Person als eine hauptsächliche Orientierungshilfe innerhalb eines Hohlorgans des Patienten **14**, wobei sich die Navigation mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens über geeignete Darstellungen, die auch Bilder der Kamera **21** berücksichtigen, unterstützen und somit vereinfachen lässt.

[0040] Ein erstes Beispiel für eine mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Steuereinrichtung **12** generierte Darstellung **23** wird durch **Fig. 3** dargestellt. Das Endoskop **19** ist dabei in den Patienten **14** eingeschoben worden, und zwar durch die Speiseröhre **24** und den Magen **25** bis in den Zwölffingerdarm **26**, wo nun die Spitze **18** ersichtlich dargestellt ist. Nachdem aber ferner auch die Lage der Kamera **21** im Zwölffingerdarm **26** bekannt ist, sind in der Darstellung **23** zusätzlich der Aufnahmebereich **22** der Kamera **21** sowie im vorliegenden Beispiel der aufgenommene Anteil **27** der Gefäßwand hervorgehoben dargestellt. Auf diese Weise ist eine hervorragende Orientierung für die den minimal-invasiven Eingriff durchführende Person gegeben.

[0041] Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass auch die Bilder der Kamera **21** auf der Anzeigevorrichtung **15** dargestellt werden, gegebenenfalls auf einem anderen Monitor **16**. Hier ist im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Bilder der Kamera **21** bezüglich der Längsachse der Spitze **18** des Instruments **8** in eine für alle Bilder gleiche Bildorientierung gedreht werden, vorliegend so, dass eine nach oben zeigende Richtung in der Darstellung des Bildes auf dem Monitor **16** auch im Patienten **14** der Richtung nach oben entspricht. Auf diese Weise entsteht keine Verwirrung bezüglich einer Verdrehung des Endoskops **19** um die Längsachse der Spitze **18**. Dabei sei an dieser Stelle angemerkt, dass für den Spezialfall, dass die Kamera **21** selbst in einer Richtung nach oben oder unten orientiert ist, eine weitere Vorzugsbildorientierung angegeben werden kann, beispielsweise in Richtung des Kopfes des Patienten

14, um auch hier eine definierte Drehung zu erreichen. Weitergehend ist es sogar denkbar, eine für die den Eingriff durchführende Person besonders intuitive richtungsabhängige Bildorientierung vorzugeben, die beispielsweise einen Übergang von der Richtung nach oben zur Richtung des Kopfes des Patienten **14** vorsehen kann und dergleichen. Ersichtlich sind verschiedene Möglichkeiten denkbar, eine Verdrehung der Spitze **18** zu kompensieren.

[0042] Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass es auch denkbar ist, aus dem Endoskop **19** einen Katheter auszufahren, der selbst eine Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung aufweist und ebenso mit Lokalisierungselementen versehen ist, um wiederum die Position und Orientierung dieses Instruments ermitteln zu können. Beispielsweise kann mit einem derartigen Katheter der Gallengang **28** der Gallenblase **29** oder der Bauchspeicheldrüsenangang **30** der Bauchspeicheldrüse **31** erreicht werden. Wenigstens ein an der Spitze des Katheters angeordnetes Lokalisierungselement kann dann die genaue Lokalisierung des Katheters und somit den Vorschub in die korrekte Richtung erleichtern.

[0043] **Fig. 4** zeigt eine weitere mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugbare Darstellung **32**, in der ein aktuelles Bild **33** der Kamera **21** dargestellt wird. Als Inset **34** in der oberen Ecke der Darstellung **32** ist eine Übersicht der Anatomie **35** des Patienten **14** gezeigt, in der die Lage des Endoskops, insbesondere der Spitze **18**, genau wie der Aufnahmebereich **22** angezeigt sind. Der Inset **34** kann also der Darstellung **23** entsprechen. In einer einzigen Darstellung **32** erhält die die Operation durchführende Person mithin das aktuelle Bild **23** sowie eine zeitlich entsprechende Anzeige, was im Körper des Patienten **14** das Bild **33** zeigt.

[0044] Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass es selbstverständlich auch möglich ist, die Darstellung **23** und das Bild **33** auf benachbarten Monitoren **16** anzuzeigen und die Orientierung hierdurch zu erleichtern.

[0045] **Fig. 5** zeigt eine weitere mögliche Darstellung **36**, die einen zweidimensionalen Schnitt **37** durch die dreidimensionalen Bilddaten umfasst, wobei die Schnittebene senkrecht auf der Orientierung der Spitze **18** des Instruments **8** steht und von der Instrumentenspitze **18** um einen definierten Abstand beabstandet ist. Dieser ist vorliegend in Abhängigkeit einer Auswertung der Bilddaten derart gewählt worden, dass die die Operation durchführende Person letztlich in das Innere der voraus liegenden Gefäßwand hineinschauen kann, in der beispielsweise ein Tumor **38** operiert werden soll. Die Tiefe, in der der Schnitt **37** liegt, ist dabei durch einen Benutzer, beispielsweise durch ein Drehen eines Rädchens, dynamisch anpassbar. Selbstverständlich ist es alternativ

auch möglich, dass der Abstand insgesamt durch einen Benutzer vorgebar und/oder anpassbar ist.

[0046] In einer weiteren, hier nicht näher dargestellten Darstellung, die beispielsweise an einem anderen Monitor **16** angezeigt werden kann, wird schematisch die Umgebung des Instruments **8** gemeinsam mit dem lagerichtig gezeigten Instrument **8**, der Lage der Schnittebene und dem Abstand von der Spitze **18** des Instruments **8** zu der Schnittebene angezeigt, so dass insgesamt ein die Orientierung erheblich verbesserndes Verfahren gegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines medizinischen Instruments (**8**) während einer Operation, welches mit wenigstens einem einen Transponder umfassenden Lokalisierungselement (**9**) versehen ist, welcher Transponder durch empfangene elektromagnetische Strahlung zum Aussenden eines Funksignals anregbar ist, wobei eine Positionsbestimmungseinrichtung (**13**) anhand des wenigstens einen Funksignals eine Position und/oder Orientierung des Instruments (**8**), insbesondere einer Spitze (**18**) des Instruments (**8**), ermittelt, wobei mit einer Bildgebungseinrichtung, die mit der Positionsbestimmungseinrichtung (**13**) registriert ist oder wird, intraoperativ dreidimensionale Bilddaten eines das Instrument (**8**) umfassenden Bereichs aufgenommen werden, eine aktuelle Position und/oder Orientierung des Instruments (**8**) bestimmt werden und zur Unterstützung wenigstens eine unter Berücksichtigung der Bilddaten und der aktuellen Position und/oder Orientierung des Instruments (**8**) erzeugte Darstellung (**23**, **32**, **36**) ermittelt und angezeigt wird, wobei als Darstellung (**36**) ein zweidimensionaler Schnitt (**37**) durch die dreidimensionalen Bilddaten ermittelt wird, wobei die Schnittebene senkrecht auf der Orientierung der Spitze (**18**) des Instruments (**8**) steht und von der Instrumentenspitze (**18**) um einen definierten Abstand beabstandet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine das lagerichtig in seiner Umgebung dargestellte Instrument (**8**) zeigende Darstellung (**23**, **32**) ermittelt und angezeigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Bildgebungseinrichtung eine Röntgeneinrichtung (**7**) mit einem C-Bogen (**4**) verwendet wird und/oder als Instrument (**8**) ein Laparoskop und/oder ein Endoskop (**19**) und/oder ein Katheter und/oder eine Punktionsnadel verwendet werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Navigation eines über einen Roboter (**17**) steuerbaren Instruments (**8**) unterstützt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Orientierung des eine einen bestimmten Aufnahmebereich erfassende Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung (**20**) umfassenden Instruments (**8**) ermittelt wird, wobei die Bilder (**33**) der Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung (**20**) auf einer Anzeigevorrichtung (**15**) dargestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilder (**33**), insbesondere die zweidimensionalen Bilder (**33**), bezüglich der Längsachse der Spitze (**18**) des Instruments (**8**) in eine für alle Bilder (**33**) gleiche Bildorientierung gedreht und dargestellt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass unter Berücksichtigung der Position und Orientierung des Instruments (**8**) und somit der Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung (**20**) sowie der Bilddaten die den Aufnahmebereich (**22**) der Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung (**20**) in der Umgebung des Instruments (**8**) anzeigende Darstellung (**23**, **32**) ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem Aufnahmezeitpunkt eines Bildes (**33**) entsprechende Darstellung (**23**) als Inset (**34**) des an der Anzeigevorrichtung (**15**) gezeigten Bildes (**33**) angezeigt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem Aufnahmezeitpunkt eines Bildes (**33**) entsprechende Darstellung (**23**) auf einer weiteren, insbesondere einer Anzeigefläche des Bildes (**33**) benachbarten Anzeigefläche zeitgleich mit dem Bild (**33**) angezeigt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass insbesondere bei zweidimensionalen Bildern (**33**) eine eine Richtung in der Anzeige des Bildes (**33**) in dem Aufnahmebereich anzeigende Markierung in die Darstellung (**23**, **32**) eingefügt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Instrumentenbildaufnahmeeinrichtung (**20**) eine Kamera (**21**), insbesondere eine Stereokamera, und/oder eine IVUS-Einrichtung und/oder eine OCT-Einrichtung verwendet wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand in Abhängigkeit einer Auswertung der Bilddaten und/oder durch einen Benutzer geändert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktuelle Abstand angezeigt wird, insbesondere schematisch in einer die dreidi-

mensionalen Bilddaten und/oder das Instrument **(8)** umfassenden Darstellung **(23, 32)**.

14. Medizinische Untersuchungs- und/oder Behandlungseinrichtung **(1)**, umfassend eine Bildgebungseinrichtung, eine Positionsbestimmungseinrichtung **(13)** und ein medizinisches Instrument **(8)**, welches mit wenigstens einem einen Transponder umfassenden Lokalisierungselement **(9)** versehen ist, welcher Transponder durch empfangene elektromagnetische Strahlung zum Aussenden eines Funksignals anregbar ist, wobei die Positionsbestimmungseinrichtung **(13)** anhand des wenigstens einen Funksignals eine Position und/oder Orientierung des Instruments **(8)**, insbesondere einer Spitze **(18)** des Instruments **(8)**, ermittelt, und eine zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche ausgebildete Steuereinrichtung **(12)**.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

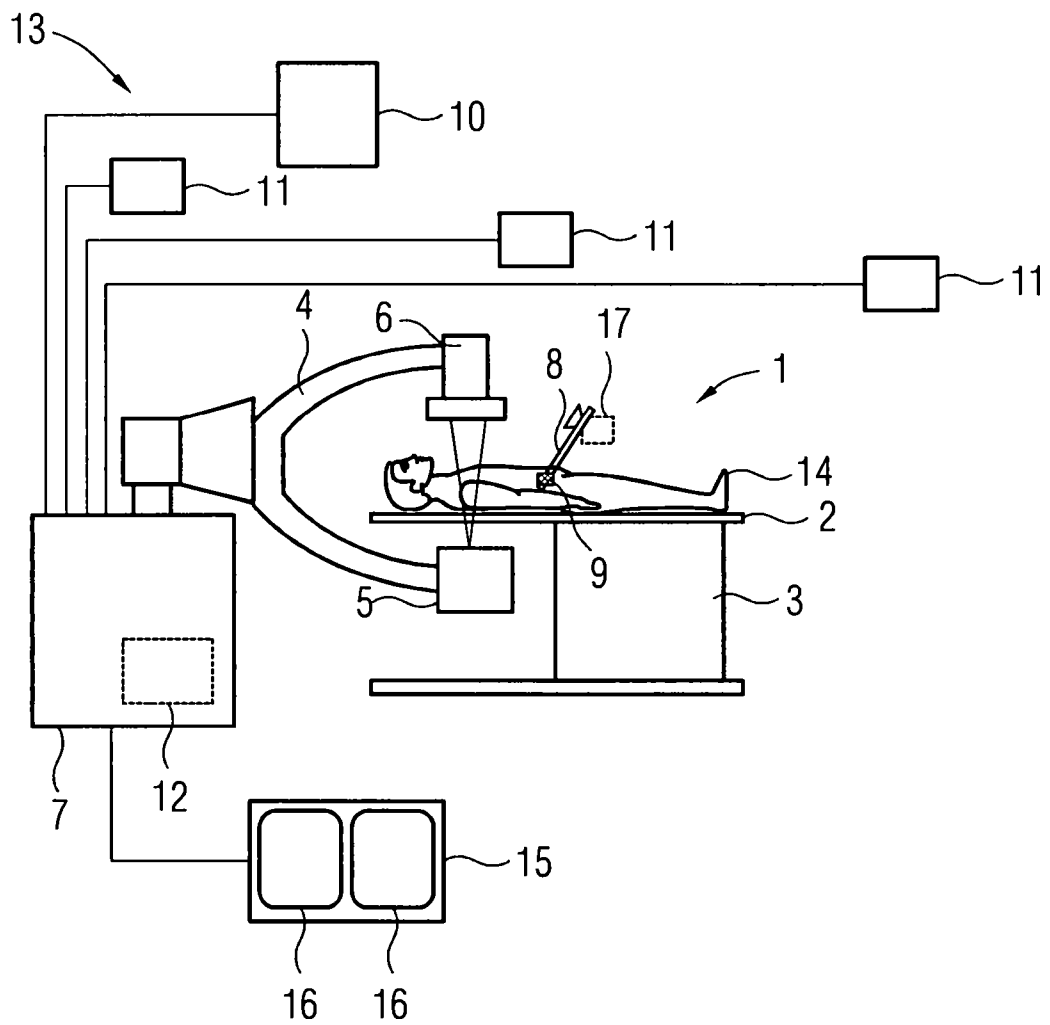


FIG 2

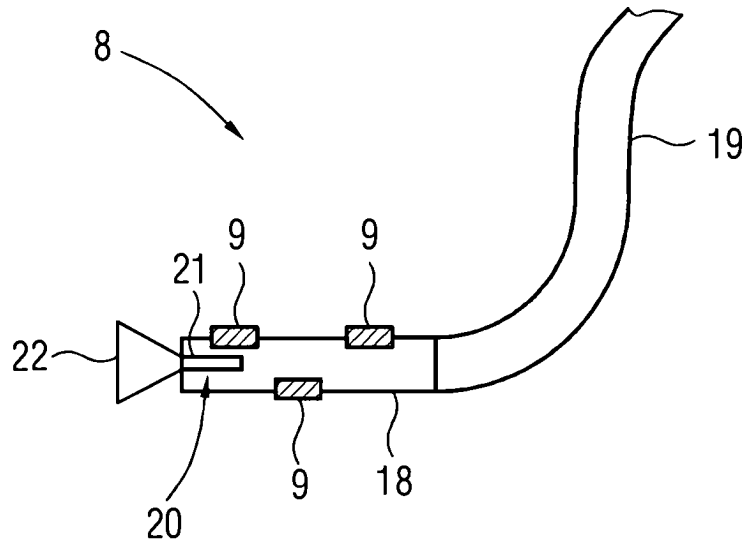


FIG 3

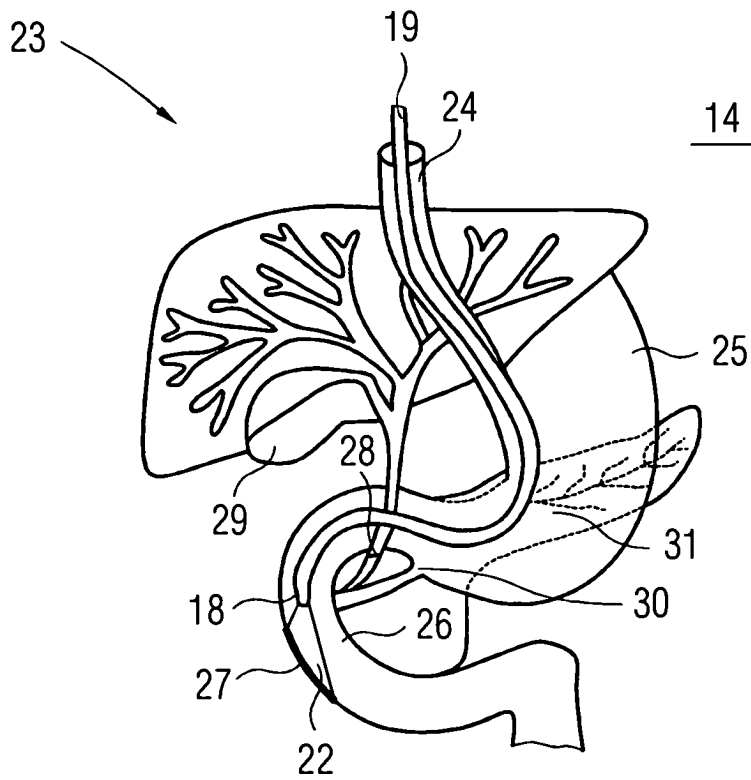


FIG 4

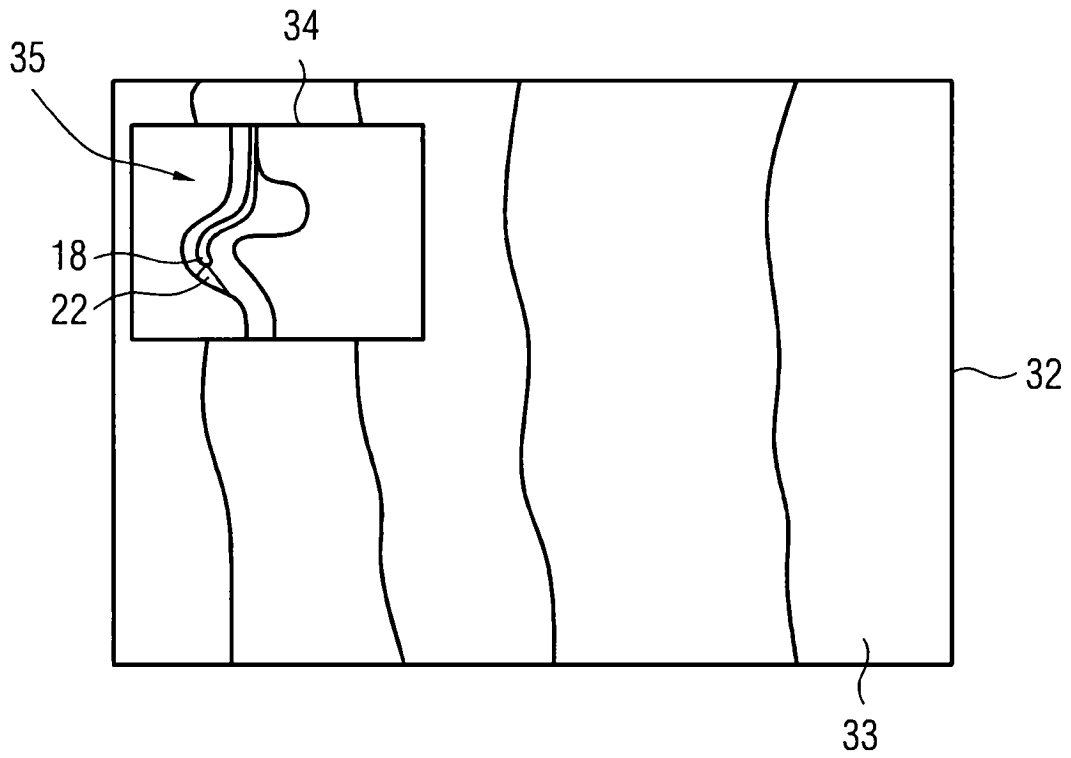


FIG 5

