



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 034 167 A1** 2007.02.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 034 167.5**

(22) Anmeldetag: **21.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **01.02.2007**

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

A61B 6/00 (2006.01)

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 5/07 (2006.01)

A61B 1/04 (2006.01)

A61F 2/00 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
**Maschke, Michael, 91475 Lonnerstadt, DE; Bill,
Ulrich, Dr., 91090 Effeltrich, DE**

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

DE 101 42 253 C1

DE 103 54 496 A1

DE 42 15 901 A1

DE 299 24 288 U1

US 51 61 536 A

US 63 05 381 B1

US 62 39 724 B1

US 62 33 476 B1

EP 12 52 860 A1

EP 08 85 594 B1

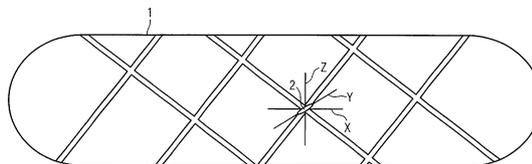
WO 01/05 332 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Implantat, Einrichtung und Verfahren zur Ermittlung einer Position des Implantats in einem Körper**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Implantat (1), ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ermittlung der Position (P) des Implantats (1). Zur Verbesserung der Genauigkeit der Ermittlung der Position (P) wird vorgeschlagen, am Implantat (1) einen zur Ermittlung der Position (P) geeigneten Transponder (2) vorzusehen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Implantat nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Einrichtung und ein Verfahren zur Ermittlung einer Position des Implantats in einem Körper.

Stand der Technik

[0002] Aus der DE 299 24 288 U1 ist ein Implantat zum Einsetzen in den Körper bekannt. Bei dem Implantat handelt es sich um einen Stent zur Prophylaxe einer Restenose eines Gefäßes. Im Allgemeinen werden Stents in Hohlgefäße, wie z.B. Blutgefäße oder Körperöffnungen eingesetzt, um diese aufzuweiten und in einem aufgeweiteten Zustand zu halten. Zum Einsetzen der Stents werden üblicherweise Katheter und Führungsdrähte verwendet.

[0003] In der Koronarangiographie ist es weithin bekannt, den Stent anhand von Röntgenbildern im Körpergewebe zu lokalisieren. Stents, welche aus Materialien mit einer geringen Röntgenabsorption hergestellt sind können im Körpergewebe röntgenographisch mitunter nicht oder nicht ausreichend genau sichtbar gemacht werden.

[0004] Zur Ermittlung der Position des Stents ist es auch üblich, den Katheter bzw. Führungsdraht anhand daran angebrachter Röntgenmarker zu lokalisieren. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Position röntgenographisch nicht lokalisierbarer Stents nach Entfernen des Katheters oder des Führungsdrahts nicht mehr ermittelt werden kann.

[0005] Ferner ist es zur Lokalisierung beim Einführen des Stents in das Gefäß erforderlich, eine Vielzahl von Röntgenbildern aufzunehmen. Dadurch werden Patienten sowie das medizinische Personal einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt.

[0006] Aus der EP 0 885 594 B1 ist ein bildgebendes Verfahren bekannt, bei welchem mittels eines in das Gefäß einzuführenden Katheters Ultraschallbilder aufgenommen werden. Die Ultraschallbilder dienen als Hilfsmittel zum Einführen und Positionieren des Stents im Gefäß. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, dass der zur Ultraschallbildgebung verwendete Katheter vor dem Einsetzen des Stents in das Gefäß entfernt werden muss. Die Position des Stents kann beim Einsetzen nicht verfolgt werden.

[0007] Aus der DE 42 15 901 ist ein Katheter mit einem lokalisierbaren Endbereich bekannt. Am Endbereich ist eine Spule angebracht. Mit der Spule ist ein Magnetfeld erzeugbar. Die Position des Endbereichs wird anhand der Magnetfeldverteilung des Magnetfelds ermittelt. Ein Nachteil ist, dass die dabei verwendete Messvorrichtung in einer Abschirmkammer angeordnet sein muss. Ferner muss zum Zuführen

von elektrischer Energie zur Spule zum Erzeugen des Magnetfelds der Katheter stets mit einer Zuleitung verbunden sein. Das schränkt die Handhabbarkeit des Katheters wesentlich ein.

[0008] Aus der US 6,233,476 B1 ist eine Vorrichtung zur Ermittlung der Position eines Endbereichs eines Katheters bekannt. Zur Ermittlung der Position werden mittels Hall-Sensoren gemessene Magnetfeldstärken verwendet. Ein Nachteil der bekannten Vorrichtung ist, dass der Katheter lediglich bei wenigen speziellen medizinischen Anwendungen verwendbar ist. Ferner wird die Genauigkeit der Ermittlung der Position durch in der Nähe des Endbereichs befindliche metallische Objekte wesentlich beeinträchtigt.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile nach dem Stand der Technik zu beseitigen. Es sollen insbesondere ein Implantat, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Ermittlung der Position eines Implantats in einem Körper bereitgestellt werden, welche eine besonders einfache und genaue Ermittlung der Position des Implantats im Körper ermöglichen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1, 11 und 32. Zweckmäßige Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 10, 12 bis 31 und 33 bis 52.

[0011] Nach Maßgabe der vorliegenden Erfindung ist ein Implantat vorgesehen, bei welchem ein zur Ermittlung der Position des Implantats im Körper geeigneter Transponder vorgesehen ist.

[0012] Unter dem Begriff "geeigneter Transponder" wird ein Transponder verstanden, dessen Koordinaten in einem Koordinatensystem, basierend auf einer vom Transponder gesendeten und von einem Empfänger empfangenen elektromagnetischen Strahlung ermittelbar sind. Bei dem Körper kann es sich um einen Säugetierkörper, insbesondere einen menschlichen Körper handeln. Als Implantat kommen dauerhaft oder vorübergehend in den in den Körper einsetzbare Implantate in Betracht. Bei dem Implantat kann es sich um künstliches Implantat handeln. Das Implantat kann zumindest teilweise aus nichtorganischen Materialien, wie z.B. Metallen, Kunststoffen, Keramiken usw., hergestellt sein. Bei dem Implantat kann es sich um einen Ersatz für ein Körpergewebe handeln. Es kann sich auch um ein Implantat zur Unterstützung oder Übernahme natürlicher Funktionen von Geweben, Organen und dgl. eines Körpers eines Lebewesens handeln.

[0013] Die Position des erfindungsgemäßen Implantats im Körper kann ermittelt werden, indem auf den Transponder eine elektromagnetische erste Strahlung eingestrahlt wird. Durch die erste Strah-

lung wird der Transponder angeregt. Infolge der Anregung strahlt der Transponder eine elektromagnetische zweite Strahlung ab. Bei der zweiten Strahlung kann durch modulieren der ersten Strahlung erzeugt werden. Die zweite Strahlung wird von einem Empfänger außerhalb des Körpers empfangen. Anhand der empfangenen Strahlung kann die Position des Transponders ermittelt werden.

[0014] Durch Anwenden der Transpondertechnologie kann die Position besonders einfach, genau zuverlässig ermittelt werden. Ein Verfahren zur Ermittlung der Position mittels Transponder ist beispielsweise aus der US 4,654,658 bekannt.

[0015] Die Position des Implantats im Körper kann unabhängig von medizinischen Hilfsmitteln, wie z.B. Kathetern, Führungsdrähten und dgl. unmittelbar ermittelt werden. Die Position des Implantats beim Einsetzen in den Körper kann in einfacher Weise kontinuierlich verfolgt werden. Ferner kann die Position eines bereits in den Körper eingesetzten Implantats zu einem späteren Zeitpunkt ohne weiteren medizinischen Eingriff ermittelt werden. Es kann zu einem späteren Zeitpunkt besonders schnell und einfach nachgeprüft werden, ob sich die Position des Implantats im Körper verändert hat.

[0016] Die Position des Implantats kann selbst dann ermittelt werden, wenn das Implantat mit herkömmlichen Bildgebungsverfahren, wie z.B. Röntgenverfahren, nicht oder nicht ausreichend genau lokalisierbar ist.

[0017] Als Transponder können sowohl passive als auch aktive Transponder verwendet werden. Passive Transponder besitzen gegenüber aktiven Transpondern den Vorteil, dass diese keine eigenständige Energieversorgung benötigen. Die zum Abstrahlen der zweiten Strahlung erforderliche Energie entnimmt der passive Transponder der ersten Strahlung. Der passive Transponder ermöglicht eine im Wesentlichen zeitlich unbeschränkte Ermittlung der Position möglich. Bei einem aktiven Transponder hingegen ist die Ermittlung der Position auf die Lebensdauer der transpondereigenen Energieversorgung beschränkt. Ein aktiver Transponder bietet den Vorteil, dass die Abstrahlung der zweiten Strahlung nicht durch eine aus der ersten Strahlung entnehmbare Energie beschränkt ist. Durch eine aktive Abstrahlung kann eine größere Reichweite der zweiten Strahlung erreicht werden kann.

[0018] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist der Transponder Sende- und/oder Empfangsantennen zum Senden und/oder Empfangen von Signalen aus zumindest zwei unterschiedlichen Richtungen auf. Entsprechend der Ausrichtung der Sende- und/oder Empfangsantennen können Signale richtungsabhängig gesendet und/oder empfangen wer-

den. Die Richtungsabhängigkeit kann zur Ermittlung der Position verwendet werden. Bei bekannter Ausrichtung der Sende- und/oder Empfangsantennen relativ zu einer Sende- und Empfangseinheit des Transponders kann die Orientierung des Transponders bestimmt werden.

[0019] Es können auch mehrere Transponder vorgesehen sein, deren Sende- und/oder Empfangsrichtungen unterschiedlich ausgerichtet sind. Mit Richtungsinformationen aus mehreren unterschiedlichen Richtungen kann die Genauigkeit der Ermittlung der Position erhöht werden. Sofern die Ausrichtung der Sende- und/oder Empfangsrichtungen relativ zum Implantat bzw. die Orientierung des Transponders bekannt ist, kann die Orientierung des Implantats ermittelt werden.

[0020] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung bildet ein Strukturelement des Implantats eine Sende- und/oder Empfangsantenne des Transponders. Es ist lediglich erforderlich, die Sende- und Empfangseinheit des Transponders am Implantat vorzusehen. Das ermöglicht eine besonders kompakte Herstellung. Ferner kann die Sende- und Empfangsantenne besonders groß ausgestaltet werden. Die Empfindlichkeit des Transponders und die Sende- und/oder Empfangsqualität können verbessert werden. Als Sende- und/oder Empfangsantenne kann beispielsweise der gitterförmige, aus Metall hergestellte Grundkörper eines Stents verwendet werden.

[0021] Nach einer Ausgestaltung des Implantats liegt der Winkel zwischen jeweiligen Längsachsen zweier Transponder im Bereich von 0° bis 90° , vorzugsweise zwischen 30° und 60° .

[0022] Vorzugsweise wird der Winkel so gewählt, dass sich eine besonders kompakte Gesamtanordnung der Transponder ergibt.

[0023] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Längendimension der Sende- und/oder Empfangseinheit des Transponders kleiner als 3 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm. Zur Herstellung derartiger Transponder können aus der Mikro- und Nanotechnologie bekannte Verfahren, wie z.B. die Softlithographie und dgl., verwendet werden. Infolge der kleinen Abmessungen der Transponder können diese bei nahezu allen Implantaten verwendet werden. Eine Beeinträchtigung der bestimmungsgemäßen Verwendung oder Funktion des Implantats kann vermieden werden.

[0024] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist der Transponder einen Speicher zum Speichern der Position auf. Auf dem Speicher kann eine beim Einsetzen des Implantats in den Körper ermittelte Endposition des Implantats gespeichert werden. Die gespeicherte Position kann zu einem späteren

Zeitpunkt ausgelesen werden und z.B. mit einer neu ermittelten Position verglichen werden. Auf dem Speicher kann auch die Orientierung des Transponders relativ zum Implantat gespeichert werden. Gespeicherte Informationen über die Position sind jederzeit verfügbar und können ohne großen Aufwand ausgelesen werden. Neben Informationen zur Position des Implantats können weitere Daten, wie z.B. patientenspezifische Daten, gespeichert werden.

[0025] Durch einen Vergleich der gespeicherten mit einer zu einem späteren Zeitpunkt ermittelten Position des Implantats kann eine Positions- oder Lageänderung des Implantats einfach festgestellt werden. Abgesehen von der Position können auf dem Speicher weitere Daten, wie z.B. Datum des Einsetzens des Implantats, Patientendaten sowie technische und medizinische Daten des Transponders und des Implantats gespeichert werden.

[0026] Am Implantat kann ein Sensorelement zum Erfassen von physikalischen und/oder physiologischen Daten des Körpers angebracht sein. Es können auch mehrere Sensorelemente angebracht sein. Das Sensorelement weist vorzugsweise eine mittlere Größe von weniger als 100 µm, vorzugsweise von weniger als 100 nm auf. Bei den physikalischen oder physiologischen Daten kann es sich z.B. um Temperatur, Druck, pH-Wert, Enzymaktivität, oder Informationen über molekulare und/oder genetische Marker und dgl. handeln. Die Daten können mittels der Sendantennen des Transponders an eine Empfangseinheit übertragen werden.

[0027] Bei dem Implantat kann es sich um ein Implantat zur Behandlung von Herzkrankheiten, wie z.B. Herzschrittmacher, Stents und dgl., handeln. Es kann sich auch um Implantate zur Behandlung von Parkinson, wie z.B. einem Gehirnschrittmacher, handeln. Weitere Implantate können Hörprothesen für Gehörlose, Depots für Arzneistoffe, Knochenimplantate, Gelenkimplantate sowie alle Arten von Implantaten der plastischen Chirurgie sein.

[0028] Nach weiterer Maßgabe der Erfindung ist eine Einrichtung zur Ermittlung einer Position eines mit einem Transponder versehenen erfindungsgemäßen Implantats in einem Körper mit

- a) einer Aufnahmevorrichtung zum Aufnehmen eines ersten Koordinatensystem zugeordneten Bilddatensatzes zum Erzeugen eines ersten Bilds eines zumindest das Implantat enthaltenden Abschnitts des Körpers,
- b) einem Sender zum Senden einer elektromagnetischen ersten Strahlung zum Transponder,
- c) einem Empfänger zum Empfangen einer vom Transponder infolge der ersten Strahlung abgestrahlten elektromagnetischen zweiten Strahlung,
- d) einer Positionsermittlungseinrichtung zum Ermitteln der Position des Transponders in einem

zweiten Koordinatensystem auf der Grundlage der zweiten Strahlung,
 e) einem Korrelationsmittel zum Korrelieren des ersten und des zweiten Koordinatensystems und
 f) einem Bilderzeugungsmittel zum Erzeugen eines das erste Bild und die Position des Transponders wiedergebenden zweiten Bilds.

[0029] Mit der Einrichtung kann die Position des erfindungsgemäßen Implantats ermittelt werden. Mit dem erfindungsgemäßen Implantat kann die Position besonders einfach und genau ermittelt werden. Zur Ermittlung der Position im zweiten Koordinatensystem ist die Positionsermittlungseinrichtung vorgesehen. Die Ermittlung der Position erfolgt auf der Grundlage der vom Transponder abgestrahlten und vom Empfänger empfangenen zweiten Strahlung. Die zweite Strahlung wird infolge der Einstrahlung der ersten Strahlung mit dem Sender abgestrahlt. Bei der zweiten Strahlung kann es sich z.B. um eine Modulation der ersten Strahlung handeln. Zum Empfangen der zweiten Strahlung kann ein oder mehrere Empfänger vorgesehen sein. Der/die Empfänger kann/können an der Einrichtung bewegbar, verschiebbar, drehbar oder um eine Achse rotierbar angebracht sein. An der Einrichtung können in analoger Weise auch mehrere Sender angebracht sein. Eine in unterschiedliche Richtungen abgestrahlte zweite Strahlung kann besonders genau erfasst werden. Zur Ermittlung der Position kann die Richtungsabhängigkeit und/oder Abstandsabhängigkeit der zweiten Strahlung verwendet werden. Die Sender und/oder Empfänger können mit unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden, um eine gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden.

[0030] Die mit der Positionsermittlungseinrichtung ermittelte Position wird vom Bilderzeugungsmittel zusammen mit einem ersten Bild in einem zweiten Bild dargestellt. Zum Erzeugen des ersten Bilds wird ein mit der Aufnahmevorrichtung aufgenommenen Datensatz verwendet. Um die Position im zweiten Bild wiedergeben zu können ist eine Korrelation des dem Bilddatensatz zugeordneten ersten Koordinatensystems mit dem der Position zugeordneten zweiten Koordinatensystem erforderlich. Zum Korrelieren ist das Korrelationsmittel vorgesehen. Nach erfolgter Korrelation können das erste und zweite Koordinatensystem z.B. mit einer Koordinatentransformation ineinander übergeführt werden.

[0031] Zum Ermitteln zur Korrelation geeigneter Korrelationsdaten können Phantome verwendet werden. Am Phantom können von der Aufnahmevorrichtung erfassbare Marker, z.B. Röntgenmarker, und weitere Transponder vorgesehen sein. Des Weiteren können an der Einrichtung und der Aufnahmevorrichtung weitere Marker und/oder weitere Transponder vorgesehen sein. Anhand der weiteren Marker und/oder weiteren Transponder kann die Korrelation

wesentlich vereinfacht werden.

[0032] Nach Korrelation des ersten und des zweiten Koordinatensystems erzeugt das Bilderzeugungsmittel das zweite Bild, welches das erste Bild und die darin enthaltene Position des Transponders darstellt.

[0033] Das erste Bild kann als Grundlage für die Darstellung mehrerer nacheinander ermittelter Positionen verwendet werden. Beispielsweise können die beim Einsetzen eines Stents in ein Gefäß ermittelten Positionen in einem einzigen Röntgenbild dargestellt werden. Die Positionen können als einzelne Punkte oder in Form einer Trajektorie dargestellt werden. Es ist nicht erforderlich für jede neue Position einen neuen Bilddatensatz aufzunehmen. Indem eine geringere Anzahl aufzunehmender Bilddatensätze erforderlich ist, kann z.B. eine durch ein als Aufnahmevorrichtung verwendetes Röntgengerät verursachte Strahlenbelastung für Patienten und Bedienpersonal wesentlich verringert werden.

[0034] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung weisen/weist die erste und/oder zweite Strahlung eine erste und/oder zweite Frequenz kleiner als 200 MHz, vorzugsweise kleiner als 100 MHz, vorzugsweise kleiner als 1 MHz auf. Derartige Frequenzen eignen sich bei einer Antennengröße des Transponders im Bereich von Millimetern besonders gut zur Ermittlung der Position in einem organischen Gewebe. Die erste und/oder zweite Strahlung kann das Gewebe besonders gut durchdringen. Vorzugsweise werden Frequenzen gewählt, welche vom Körper wenig absorbiert und die Funktion von medizinischen Einrichtungen und Geräten nicht wesentlich beeinträchtigen.

[0035] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ist die erste und/oder zweite Frequenz zwischen jeweils vorgegebenen ersten und/oder zweiten Frequenzwerten zeitlich alternierend. Es können frequenzabhängige Störeinflüsse sowie die Ausbildung störender Resonanzen vermieden werden. Ferner können Frequenzabhängigkeiten der ersten und/oder zweiten Strahlung ermittelt und bei der Ermittlung der Position verwendet werden. Beispielsweise kann aus einer unterschiedlichen Absorption, einem unterschiedlichen Laufzeitverhalten zweier Spektrallinien mit unterschiedlichen Frequenzen und dgl. eine Information über den Abstand zwischen Transponder und Empfänger ermittelt werden.

[0036] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ist der Sender mit einem gepulsten Gleichstrom betreibbar. Durch Verwenden eines gepulsten Gleichstroms können Störeffekte durch Metalloberflächen vermindert werden. Damit kann die Genauigkeit der Ermittlung der Position verbessert werden.

[0037] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfin-

dung wird bei der Aufnahmevorrichtung ein aus folgender Gruppe ausgewähltes Bildgebungsverfahren verwendet: Sonographie, Radiologie, Fluoroskopie, Fluoroskopie mit optischen Markern, Angiographie, optische Kohärenz-Tomographie, diskrete Tomographie, Positron-Emissions-Tomographie, Computertomographie, Kernspintomographie, Endoskopie, nuklearmedizinisches Bildgebungsverfahren, optisches Bildgebungsverfahren. Es kann auch eine Kombination von zwei oder mehreren Bildgebungsverfahren verwendet werden. Je nach Bedarf kann ein zwei-, drei- oder vier-dimensionaler Bilddatensatz aufgenommen werden. Bei der Aufnahme des Bilddatensatzes verwendete Parameterwerte der Aufnahmevorrichtung können vom Bilderzeugungsmittel beim Erzeugen des zweiten Bilds verwendet werden.

[0038] Nach einer weiteren Ausgestaltung ist der Körper ein Säugerkörper, insbesondere ein menschlicher Körper, und an der Einrichtung ist des Weiteren ein Katheter zum Einführen in ein Gefäß, eine Röhre und/oder einen Hohlraum des Körpers vorgesehen. Anhand des Katheters können beispielsweise mit einer daran angebrachten bildgebenden Ultraschallvorrichtung innere Bilder des Gefäßes, der Röhre und dgl. erzeugt werden. Diese Bilder können bei der Erzeugung des zweiten Bilds verwendet werden.

[0039] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ist an der Einrichtung und/oder am Katheter zumindest ein weiterer Transponder vorgesehen. Der weitere Transponder ist an der Einrichtung vorzugsweise fest, am Katheter vorzugsweise an einer Spitze angebracht. Anhand des/der weiteren Transponder/s können zusätzliche Informationen zur Ermittlung der Position, z.B. Richtungs- oder Abstandsinformationen gewonnen werden. Es können auch Korrelationsdaten zum Korrelieren des ersten und zweiten Koordinatensystems ermittelt werden.

[0040] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Einrichtung ist eine Vorrichtung zum Erfassen einer Bewegung des Körpers vorgesehen. Die Vorrichtung kann verwendet werden, um äußere und/ oder innere Bewegungen zu erfassen. Die mit der Vorrichtung erfassten Bewegungen können verwendet werden, um Bewegungsartefakte im ersten, im zweiten Bild und/oder bei der Ermittlung der Position zu korrigieren. Zum Erfassen der Bewegung kann die Vorrichtung eine Kamera, einen Laser, magnetische Sensoren, Drucksensoren, einen Elektrokardiographen und/oder einen Blutdrucksensor umfassen. Eine Kamera und/oder ein Laser eignen sich besonders gut zum Erfassen äußerer Bewegungen des Körpers. Elektrokardiographische Daten sowie Blutdruckdaten eignen sich besonders gut zum Erfassen innerer Bewegungen, welche durch den Herzschlag verursacht werden. Magnetische Sensoren oder Drucksensoren können beispielsweise verwendet werden, um eine durch die Atmung eines Patienten verursachte Bewe-

gung zu erfassen.

[0041] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ist eine Schnittstelle zur kabellosen Übertragung von Daten von und zur Einrichtung und/oder zwischen Bestandteilen der Einrichtung vorgesehen. Bei den Daten kann es sich um Positionsdaten, Bilddaten, physiologische Daten, Patientendaten und dgl. handeln. Die Übertragung kann von und zu einem mit einem Netzwerk verbundenen Computer, z.B. innerhalb eines Klinikinformationssystems, erfolgen. Eine kabellose Übertragung von Daten zwischen den Bestandteilen der Einrichtung kann erfolgen z.B. zwischen dem Sender, dem Empfänger und der Positionsermittlungseinrichtung, zwischen der Aufnahmevorrichtung und dem Bilderzeugungsmittel, zwischen dem Korrelationsmittel und dem Bilderzeugungsmittel, zwischen dem Katheter und der Positionsermittlungseinrichtung usw..

[0042] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ermittelt die Positionsermittlungseinheit bei einer Bewegung des Transponders und/oder des weiteren Transponders in einem hohlen, röhren- oder schlauchförmigen Bereich des Körpers eine Vielzahl unterschiedlicher Positionen. Der Bereich des Körpers kann beispielsweise ein Abschnitt eines Gefäßes sein. Die Ermittlung der Vielzahl an Positionen kann als punktweises Abtasten des Volumens des Bereichs angesehen werden. Die Positionen können mittels einer Hüllkurvenermittlungseinheit zum Ermitteln einer das Volumen umhüllenden Hüllkurve verwendet werden. Die Hüllkurve kann im zweiten Bild dargestellt werden.

[0043] Nach einer Ausgestaltung der Einrichtung ist ein zum Ermitteln von Korrelationsdaten zum Korrelieren des ersten und zweiten Koordinatensystems geeignetes Phantom vorgesehen. Mit den unter Verwendung des Phantoms ermittelten zusätzlichen Korrelationsdaten kann die Korrelation vereinfacht und verbessert werden.

[0044] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weisen/weist der Transponder, der weitere Transponder, Sensoren, Kabel, elektronische Bauelemente und/oder Gehäuse eine Abschirmung gegen elektromagnetische Störfelder auf. Es können durch elektromagnetische Störfelder verursachte Funktionsbeeinträchtigungen der Einrichtung reduziert werden.

[0045] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein zum Betrieb der Einrichtung vorgesehenes Stromnetz von einem mit dem Körper verbundenen elektrisch leitenden Element der Einrichtung galvanisch getrennt. Bei dem elektrisch leitenden Element kann es sich beispielsweise um eine Metallfläche, um mit der Einrichtung verbundene Sensoren zur Erfassung physiologischer Daten, wie z.B. Elektrokardiographieelektroden usw., handeln. Es kann

sichergestellt werden, dass bei einem Defekt weder der Patient noch das Bedienpersonal der Einrichtung gefährdet werden.

[0046] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zum Austausch von Daten, insbesondere von Bilddaten, eine DICOM-Protokoll-Schnittstelle vorgesehen. Vorzugsweise umfasst die DICOM-Protokoll-Schnittstelle ein MPPS-(Modality Performed Procedure Step)-Modul. Bei der Schnittstelle und dem Modul handelt es sich um standardisierte Schnittstellen, welche für medizinische Bilddaten verwendbar sind. Die Schnittstellen ermöglichen einen einfachen Austausch von Bilddaten mit anderen DICOM-fähigen medizinischen Einrichtungen. Das MPPS-Modul ermöglicht eine standardisierte und besonders einfache Verarbeitung von Bildinformationen.

[0047] Nach weiterer Maßgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur Ermittlung der Position eines mit einem Transponder versehenen erfindungsgemäßen Implantats in einem Körper mit folgenden Schritten vorgesehen:

- a) Aufnehmen eines einem ersten Koordinatensystem zugeordneten Bilddatensatzes zum Erzeugen eines ersten Bilds eines zumindest das Implantat enthaltenden Abschnitts des Körpers,
- b) Senden einer elektromagnetischen ersten Strahlung zum Transponder,
- c) Empfangen einer vom Transponder infolge der ersten Strahlung abgestrahlten elektromagnetischen zweiten Strahlung,
- d) Ermitteln der Position des Transponders in einem zweiten Koordinatensystem auf der Grundlage der zweiten Strahlung, e) Korrelieren des ersten und des zweiten Koordinatensystems und
- f) Erzeugen eines das erste Bild und die Position des Transponders wiedergebenden zweiten Bilds.

[0048] Wegen der vorteilhaften Ausgestaltungen des Verfahrens wird auf die oben beschriebenen vorteilhaften Ausgestaltungen der Vorrichtung verwiesen.

[0049] Das erfindungsgemäße Implantat, die Einrichtung sowie das Verfahren ermöglichen eine besonders einfache und genaue Ermittlung der Position des Implantats im Körper. Durch Verwenden der Transpondertechnologie ist die Ermittlung der Position im Wesentlichen unabhängig vom Bildgebungsverfahren. Es ist insbesondere nicht erforderlich, dass das Implantat mit dem jeweils verwendeten Bildgebungsverfahren lokalisierbar ist.

Ausführungsbeispiel

[0050] Die Erfindung wird nachfolgend anhand vorteilhafter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0051] [Fig. 1](#) einen Stent,

[0052] [Fig. 2](#) schematisch eine Anordnung zur Ermittlung der Position des Stents der [Fig. 1](#),

[0053] [Fig. 3](#) schematisch einen Korrelationsvorgang und

[0054] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Ermittlung einer Position eines mit einem Transponder versehenen Implantats.

[0055] Sofern nicht anderweitig bezeichnet, bezeichnen in [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Elemente.

[0056] [Fig. 1](#) zeigt einen Stent **1** mit einem daran angebrachten Transponder **2**. X, Y, Z, bezeichnen eine X-, Y- und Z-Richtung nicht gezeigter Sende- und/oder Empfangsantennen des Transponders **2**.

[0057] Der Stent **1** ist in Form eines röhrenförmigen Geflechts ausgebildet. Das Geflecht ist aus einem Basismaterial, wie z.B. Edelstahl, Lithinol oder anderen für Stents **1** übliche Materialien hergestellt. Das Geflecht kann mit einer Beschichtung versehen sein. Die Beschichtung kann zum Schutz des Geflechts vorgesehen sein und/oder einen zur Vorbeugung von Restenosen eines Gefäßes geeigneten Stoff aufweisen. Der Transponder **2** ist am Geflecht des Stents **1** angebracht. Der Transponder **2** weist nicht dargestellte Sende- und/oder Empfangsantennen zum Senden und/oder Empfangen von Signalen in/aus den zueinander senkrechten X-, Y- und Z-Richtungen auf. Die Anzahl der Sende- bzw. Empfangsrichtungen kann im Wesentlichen beliebig gewählt werden. Beispielsweise können die Y-Richtung eine Empfangsrichtung und die X-Richtung sowie die Z-Richtung eine Senderichtung darstellen. Der Transponder **2** kann auch mehr oder weniger als **3** Sende- und/oder Empfangsrichtungen aufweisen. Es können auch mehrere Transponder mit jeweils einer oder mehreren unterschiedlich ausgerichteten Sende- und/oder Empfangsrichtungen vorgesehen sein.

[0058] Die Größe des Transponders **2** liegt vorzugsweise im Bereich von wenigen Millimetern, vorzugsweise im Submillimeterbereich. Eine Längendimension der Sende- und/oder Empfangseinheiten des Transponders **2** ist dabei kleiner als 3 mm bzw. 1 mm.

[0059] Bei dem Transponder **2** kann es sich um einen passiven oder um einen aktiven Transponder **2** handeln. Der passive Transponder **2** bietet den Vorteil, dass die vom Transponder **2** verbrauchte Energie von außen über ein elektromagnetisches Feld zugeführt wird. Der passive Transponder **2** benötigt keine eigene Energieversorgung, wie z.B. eine Batterie. Der aktive Transponder **2** hingegen benötigt eine eigene Energieversorgung. Die Verwendbarkeit des

aktiven Transponders ist auf die Lebensdauer der Energieversorgung beschränkt. Mit aktiven Transpondern **2** kann jedoch eine größere Signalstärke der davon abgesendeten Signale und eine größere Reichweite erreicht werden.

[0060] Der Transponder **2** kann ferner einen Speicher aufweisen. Auf dem Speicher können die Position des Transponders **2** im Körper und die Orientierung des Transponders **2** relativ zum Stent **1** gespeichert werden. Auf dem Speicher können weitere Daten, wie z.B. Patientendaten, Informationen über den Stent **1**, wie z.B. Material und Beschichtung, usw., gespeichert werden.

[0061] Am Stent **1** kann ein Sensorelement zum Erfassen von physikalischen und/oder physiologischen Daten angebracht sein. Das Sensorelement kann z.B. zum Erfassen von Temperatur, Druck, pH-Wert verwendet werden. Es kann ein Sensorelement zum Erfassen einer genetischen und/oder molekularen Größe vorgesehen sein. Bei der Größe kann es sich z.B. um Informationen über Enzymaktivität, genetische und/oder molekulare Marker handeln. Die mittels des Sensorelements erfassten Daten können auf dem Speicher des Transponders gespeichert bzw. zwischengespeichert werden. Zum Übertragen der Daten zu einer Empfangseinheit können die Sendeantennen des Transponders verwendet werden. Das Sensorelement ist vorzugsweise kleiner als die Längendimension. Das Sensorelement kann eine mittlere Größe von weniger als 100 µm, vorzugsweise von weniger als 100 nm aufweisen.

[0062] [Fig. 2](#) zeigt schematisch eine Anordnung zur Ermittlung der Position des Stents **1** der [Fig. 1](#). Der Stent **1** mit dem daran vorgesehenen Transponder **2** ist zur Prophylaxe einer Restenose in ein Gefäß **3** eingesetzt. Zur Ermittlung der Position des Implantats ist ein Sendeempfänger **4** mit einem Sender zum Senden einer elektromagnetischen ersten Strahlung **5** zum Transponder **2** und einem Empfänger zum Empfangen einer vom Transponder **2** infolge der ersten Strahlung **5** abgestrahlten elektromagnetischen zweiten Strahlung **6** vorgesehen. Zum Erfassen einer vom Abstand zum Transponder **2** abhängigen Eigenschaft der zweiten Strahlung **6** ist ein Empfänger **7** vorgesehen. Mit dem Bezugszeichen **8** eine Positionermittlungseinheit zum Ermitteln der Position des Stents **1** auf der Grundlage der vom Sendeempfänger **4** und vom Empfänger **7** empfangenen zweiten Strahlung **6** bezeichnet.

[0063] Die Ermittlung der Position erfolgt folgendermaßen:

Der Sendeempfänger **4** sendet die erste Strahlung **5** zum Transponder **2**. Die erste Strahlung **5** aktiviert den Transponder **2**. Infolge der Aktivierung strahlt der Transponder **2** die zweite Strahlung **6** ab. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Einstrahlung der

ersten Strahlung **5** sowie die Abstrahlung der zweiten Strahlung **6** in [Fig. 2](#) auf die Z- und Y-Richtung beschränkt. Die Ein- bzw. Abstrahlung kann in beliebige Richtungen erfolgen. Dazu können weitere fest angebrachte oder bewegbare Sendeempfänger und/oder Empfänger oder Sender vorgesehen sein. Aus der Richtungsabhängigkeit der abgestrahlten zweiten Strahlung **6** ermittelt die Positionsermittlungseinheit **8** Richtungs- bzw. Ortsinformationen. Ferner ermittelt die Positionsermittlungseinheit **8** anhand der vom Empfänger **7** empfangenen zweiten Strahlung **6** einen Abstand des Empfängers **7** vom Transponder **2** bezüglich der Z-Richtung. Der Empfänger **7** kann z.B. die Magnetfeldstärke der empfangenen zweiten Strahlung **6** mittels eines Hall-Sensors ermitteln. Abstandsinformationen können auch aus einem Frequenzunterschied zweier Spektrallinien der zweiten Strahlung **6** ermittelt werden. Zur Steigerung der Genauigkeit der Ermittlung der Position können Orts-, Richtungs- und Abstandsinformationen für mehrere unterschiedliche Anordnungen des Sendeempfängers **4** und des Empfängers **7** relativ zum Transponder **2** ermittelt werden. Auf der Grundlage der Richtungs-, Orts- und Abstandsinformationen ermittelt die Positionsermittlungseinheit die Position in einem zweiten Koordinatensystem. Das zweite Koordinatensystem kann z.B. ein dem Sendeempfänger **4**, dem Empfänger **7** und dgl. zugeordnetes Koordinatensystem sein. Als Koordinaten des zweiten Koordinatensystems können kartesische Koordinaten, Polar- oder Zylinderkoordinaten oder sphärische Polarkoordinaten verwendet werden.

[0064] Bei bekannter Orientierung des Transponders **2** relativ zum Stent **1** kann die Position und Ausrichtung des Stents **1** ermittelt werden. Die Orientierung Transponders **2** kann auf dem Speicher des Transponders **2** gespeichert sein und mittels des Sendeempfängers **4** oder des Empfängers **7** ausgelesen werden. Die Positionsermittlungseinheit **8** kann auf der Grundlage der Orientierung und der Position des Transponders **2** die Ausrichtung die genaue Lage des Stents **1** ermitteln.

[0065] [Fig. 3](#) zeigt schematisch einen Korrelationsvorgang. Bei dem Korrelationsvorgang wird ein einem Röntgenbild **9** zugeordnetes erstes Koordinatensystem **01** mit einem zweiten Koordinatensystem **02** korreliert. Im zweiten Koordinatensystem **02** ist eine von der Positionsermittlungseinheit **8** ermittelte Position P des Transponders **2** bzw. Stents **1** dargestellt. Das Bezugszeichen **10** bezeichnet ein nach der Korrelation erzeugtes Überlagerungsbild. Das Überlagerungsbild **10** enthält das Röntgenbild **9** und gibt die Position P des Transponders **2** bzw. Stents **1** wieder.

[0066] Zum Korrelieren des ersten und zweiten Koordinatensystems können weitere Transponder und/oder Röntgenmarker verwendet werden. Die

weiteren Transponder können an der Einrichtung angebracht sein. Die Röntgenmarker können im Aufnahmebereich des Röntgengeräts angebracht sein. Vorteilhafterweise ist am Röntgenmarker ein weiterer Transponder vorgesehen. Zur Bestimmung von Korrelationsdaten werden die Positionen der weiteren Transponder und der Lage der röntgenographisch erfassten Röntgenmarker verwendet.

[0067] Korrelationsdaten können ferner anhand eines in das Gefäß **3** einführbaren nicht gezeigten Katheters gewonnen werden. Am Katheter können dazu ein oder mehrere Röntgenmarker oder weitere Transponder vorgesehen sein.

[0068] Anhand der Korrelationsdaten kann eine Korrelationsvorschrift ermittelt werden, z.B. in Form einer Koordinatentransformation zum Transformieren des zweiten Koordinatensystems **02** in das erste Koordinatensystem **01**. Nach erfolgter Korrelation wird das Überlagerungsbild **10** erzeugt und dargestellt. Informationen über die Korrelationsvorschrift und das zu Grunde gelegte Röntgenbild **9** können auf dem Transponder **2** gespeichert werden.

[0069] Bei einer Bewegung des Stents **1**, z.B. beim Einführen des Stents **1** in das Gefäß **3**, kann eine fortlaufende Reihe von Positionen P ermittelt werden. Die jeweiligen Positionen P können im Überlagerungsbild als Trajektorie dargestellt werden. Es ist auch möglich, jeweils nur die aktuelle Position des Stents **1** darzustellen. Zur Darstellung der Position P kann jeweils das gleiche Röntgenbild **9** zu Grunde gelegt werden, sofern der Stent den vom Röntgenbild **9** erfassten Bereich des Körpers nicht verlässt. Es ist nicht erforderlich eine Vielzahl von Röntgenbildern **9** aufzunehmen. Die Strahlenbelastung für einen Patienten und für das medizinische Personal kann wesentlich reduziert werden. Ferner werden zur Bildgebung verwendete Aufnahmevorrichtungen weniger beansprucht. Das führt zu geringeren Kosten für Aufnahmen sowie für Wartung und Instandhaltung.

[0070] [Fig. 4](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Ermittlung einer Position eines mit einem Transponder versehenen Implantats.

[0071] Die Einrichtung weist einen Positionsermittlungsblock A, einen Patientenüberwachungsblock B, einen Bildaufnahmeblock C, einen Speicherblock D, einen Schnittstellenblock E, einen Bilderzeugungsblock F, einen Ein-/Ausgabeblock G und einen Spannungsversorgungsblock H auf.

[0072] Der Positionsermittlungsblock A weist einen Sendeempfänger A1 zum Senden der elektromagnetischen ersten Strahlung **5** sowie zum Empfangen der elektromagnetischen zweiten Strahlung **6** zu bzw. von einem an einem Implantat vorgesehenen Transponder auf. Ferner ist ein Empfänger A2 zum Erfas-

sen einer vom Abstand des Empfängers A2 vom Implantat abhängigen physikalischen Größe der zweiten Strahlung 6 auf. Zum Ermitteln der Position des Transponders in einem zweiten Koordinatensystem ist im Positionsermittlungsblock A ein Prozessor A3 vorgesehen. Der Prozessor A3 ist zum Datenaustausch mit dem Sendeempfänger A1 und dem Empfänger A2 verbunden. Der Datenaustausch kann über ein Kabel oder kabellos, z.B. über eine Funkverbindung, erfolgen. Der Patientenüberwachungsblock B weist eine Signalverarbeitungseinheit B1 für physiologische Daten sowie Anschlüsse B2 für Sensoren zum Erfassen der physiologischen Daten auf. Die Signalverarbeitungseinheit kann auch zum Be- oder Verarbeiten von Daten verwendet werden, welche mittels eines am Implantat angebrachten Sensorelements zum Erfassen von physikalischen und/oder physiologischen Daten erfasst werden. Der Bildaufnahmeblock C umfasst Bestandteile eines Röntgengeräts, z. B. einer C-Bogen Röntgenvorrichtung eines Röntgengeräts oder eines Röntgen-Computertomographen. Das Röntgengerät weist eine Patientenliege C1, einen mit einem Hochspannungsgenerator C2 verbundenen Röntgenstrahler C3 zum Erzeugen einer Röntgenstrahlung, einen Röntgendetektor C4 zum Detektieren der Röntgenstrahlung und eine zum Datenaustausch damit verbundene Datenverarbeitungseinheit C5 auf. Zur Steuerung der Bestandteile des Röntgengeräts ist eine Systemsteuerung C6 vorgesehen. Der Bilderzeugungsblock F weist eine Kalibrationseinheit F1 zum Kalibrieren eines ersten und zweiten Koordinatensystems auf. Zum Korrigieren von Bildartefakten ist eine Bildkorrekturereinheit F2 vorgesehen. Eine Bilderzeugungseinheit zum Erzeugen eines Überlagerungsbilds ist mit dem Bezugszeichen F3 bezeichnet. Der Ein/Ausgabeblock G weist eine Anzeigeeinheit G1 zum Anzeigen von Informationen, Bildern, Betriebszuständen der Blöcke A bis H usw. auf. Ferner weist der Ein-/Ausgabeblock G eine Bedieneinheit G2 auf. Zur Versorgung der Einrichtung und der Blöcke A bis H ist ein Energieversorgungsblock H vorgesehen. Zum Austausch von Daten und/oder Energie zwischen den Blöcken A bis H oder zwischen Teilen davon sind diese über eine Busleitung L miteinander verbunden.

[0073] Die Funktionsweise der Einrichtung und das Zusammenwirken der Blöcke A bis H werden nachfolgend beschrieben.

[0074] Mittels des Positionsermittlungsblocks A wird analog zu den Ausführungen zu [Fig. 2](#) die Position eines an einem Implantat vorgesehenen Transponders ermittelt. Bei dem Implantat kann es sich außer um einen wie in [Fig. 2](#) gezeigten Stent des Weiteren um einen Herzschrittmacher, Gehirnschrittmacher, in Körper einsetzbare Depots für Medikamente, Implantate der plastischen Chirurgie, wie z. B. Materialien zum Knochenersatz, usw. handeln.

[0075] Anhand des Patientenüberwachungsblocks B können mit der Signalverarbeitungseinheit B1 physiologische Daten eines Patienten erfasst werden. An der Signalverarbeitungseinheit B1 können Anschlüsse B2 für einen Elektrokardiographen, einen Pulsmesser, einen Blutdruckmesser vorgesehen sein. Ferner kann ein Anschluss B2 zum Anschließen einer Einrichtung zum Erfassen der Atmung und einer damit verbundenen Bewegung des Körpers, insbesondere des Oberkörpers des Patienten vorgesehen sein. Anhand der physiologischen Daten ist es einerseits möglich, den Zustand eines Patienten bei einer Untersuchung zu überwachen. Andererseits können die physiologischen Daten, wie z.B. Herzschlag, Puls bzw. Atmung, zur Korrektur von bewegungsbedingten Artefakten im ersten und/oder zweiten Bild verwendet werden. Es können auch bewegungsbedingte Fehler bei der Ermittlung der Position des Transponders korrigiert werden.

[0076] Mit dem Röntgengerät des Bildaufnahmeblocks C wird ein Bilddatensatz zum Erzeugen eines ersten Bilds erzeugt. Der Bilddatensatz deckt einen Abschnitt des Körpers eines auf der Patientenliege C1 aufgenommenen Patienten ab. Bei dem Bilddatensatz kann es sich um einen zweidimensionalen, dreidimensionalen oder vierdimensionalen Datensatz handeln. Der Bilddatensatz kann mit weiteren Bilddaten weiterer bildgebender Systeme ergänzt werden, z.B. einem Katheter mit Ultraschallbildgebung oder einer Bildgebung mittels optischer Kohärenztomographie (OCT, Optical Coherence Tomography). Mittels der Datenverarbeitungseinheit C5 wird aus dem Bilddatensatz ein Röntgenbild erzeugt. Es kann/können auch mehrere eine Abfolge von zwei- oder dreidimensionalen Röntgenbildern erzeugt werden.

[0077] Die erzeugten Röntgenbilder werden von der Bilderzeugungseinheit F3 für die Erzeugung des zweiten Bilds verwendet. Es ist auch möglich, dass die Bilderzeugungseinheit den Bilddatensatz und die weiteren Bilddaten unmittelbar verarbeitet. Zur Kalibrierung des dem Röntgenbild zugeordneten ersten Koordinatensystems und des der Position des Transponders zugeordneten zweiten Koordinatensystems wird mittels der Kalibriereinheit F1 eine Kalibrierung durchgeführt. Nach Kalibrierung des ersten und zweiten Koordinatensystems wird von der Bilderzeugungseinheit F3 ein zweites Bild erzeugt. Das zweite Bild gibt das Röntgenbild und darin dargestellt die Position des Transponders im Körper wieder. Ferner wird, sofern die Orientierung des Transponders relativ zum Implantat bekannt ist, die Lage und Orientierung des Implantats im Körper ermittelt und von der Bilderzeugungseinheit F3 im zweiten Bild angezeigt. Die Orientierung des Transponders relativ zum Implantat kann z.B. entweder aus einem Datenblatt, einer Patientenakte, oder aus einer auf einem Speicher der Transponders gespeicherten Orientierungsinfor-

mation gewonnen werden.

[0078] Zur Verbesserung der Qualität des zweiten Bilds können mittels der Bildkorrekturereinheit F2 die vom Patientenüberwachungsblock B erfassten physiologischen Daten ausgewertet und eine Korrektur durchgeführt werden. Anhand der physiologischen Daten wie Atmung, Herzschlag usw. können Bewegungsartefakte korrigiert werden. Bewegungen können auch anhand einer Kamera oder mittels eines Lasers erfasst und zur Korrektur der Bewegungsartefakte verwendet werden.

[0079] Das vom Bilderzeugungsblock F erzeugte zweite Bild wird auf der Anzeigeeinheit G1 des Ein-/Ausgabeblocks G angezeigt. Bei der Anzeigeeinheit G1 kann es sich z.B. um einen Monitor handeln, welcher mit einem Computer zur Steuerung des Röntgengeräts verbunden ist. Die Anzeigeeinheit G1 kann auch einen speziell zum Anzeigen von patientenspezifischen Daten vorgesehenen Patientenmonitor aufweisen. Auf der Anzeigeeinheit können neben dem Röntgenbild weitere Daten, wie z.B. physiologische Daten oder Betriebsdaten des Röntgengeräts angezeigt werden. Zum Steuern, Bedienen und/oder zum Auslösen von Funktionen sowie zur Kommunikation eines Benutzers mit der Einrichtung oder einzelnen Blöcken A bis H ist im Ein-/Ausgabeblock G eine Bedieneinheit G2 vorgesehen. Bei der Bedieneinheit G kann es sich um einen mit der Einrichtung und den Blöcken A bis H über die Busleitung L verbundenen Computer handeln. Es kann sich auch um ein bewegbares bzw. mobiles Bedienelement, z.B. einen berührungssensitiven Monitor und dgl., handeln.

[0080] Das Röntgenbild, das zweite Bild, die Position des Transponders und/oder die relative Orientierung des Transponders zum Implantat, Patientendaten, Aufnahmeparameter des Röntgengeräts und weitere Daten können im Speicherblock D gespeichert werden.

[0081] Zum Austausch von medizinischen Daten, insbesondere von Bilddaten zwischen der Einrichtung und weiteren medizinischen oder nicht medizinischen Einrichtungen ist eine standardisierte Schnittstelle im Schnittstellenblock E vorgesehen. Bei der Schnittstelle kann es sich z.B. um eine DICOM-Protokoll-Schnittstelle handeln (DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine). Die DICOM-Protokoll-Schnittstelle kann ein MPPS-Modul und weitere speziell zum Austausch medizinischer Bilddaten geeignete Module umfassen.

[0082] Zum Austausch von Daten zwischen den Blöcken A bis H oder zwischen einzelnen Bestandteilen der Blöcke sind diese mit einer Busleitung L miteinander verbunden. Eine Verbindung über eine gemeinsame Busleitung L ist nicht zwingend. Einzelne

Verbindungen können als Funkverbindungen oder drahtlose Verbindungen ausgeführt sein. Letztere eignen sich besonders gut zur Datenübermittlung zwischen dem Prozessor A3 und dem Sendeempfänger A1 bzw. dem Empfänger A2, sowie zum Übertragen von physiologischen Daten von den Sensoren zur Signalverarbeitungseinheit B1.

[0083] Mit dem erfindungsgemäßen Implantat, der Einrichtung sowie dem Verfahren zur Ermittlung einer Position eines mit einem Transponder versehenen Implantats in einem Körper kann die Position des Transponders sowie die Position des Implantats besonders einfach, genau und zuverlässig ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Implantat (1) zum Einsetzen in einen Körper, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zur Ermittlung der Position (P) des Implantats (1) im Körper geeigneter Transponder (2) vorgesehen ist.

2. Implantat (1) nach Anspruch 1, wobei der Transponder (2) Sende- und/oder Empfangsantennen zum Senden und/oder Empfangen von Signalen in/aus zumindest zwei unterschiedlichen Richtungen (X, Y, Z) aufweist.

3. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mehrere Transponder (2) vorgesehen sind, deren Sende- und/oder Empfangsrichtungen unterschiedlich ausgerichtet sind.

4. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Strukturelement (1) des Implantats eine Sende- und/oder Empfangsantenne des Transponders (2) bildet.

5. Implantat (1) nach Anspruch 3, wobei ein Winkel zwischen jeweiligen Längsachsen zweier Transponder (2) im Bereich von 0° bis 90°, vorzugsweise zwischen 30° und 60°, liegt.

6. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Längendimension einer Sende- und/oder Empfangseinheit des Transponders (2) kleiner als 3 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, ist.

7. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Transponder (2) einen Speicher zum Speichern der Position (P) aufweist.

8. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei daran ein Sensorelement zum Erfassen von physikalischen und/oder physiologischen Daten des Körpers angebracht ist.

9. Implantat (1) nach Anspruch 8, wobei das Sensorelement eine mittlere Größe von weniger als 100

um, vorzugsweise weniger als 100 nm aufweist.

10. Implantat (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Implantat ein Stent (1) ist.

11. Einrichtung zur Ermittlung einer Position (P) eines mit einem Transponder (2) versehenen Implantats (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche in einem Körper mit

a) einer Aufnahmevorrichtung (C) zum Aufnehmen eines ersten Koordinatensystem (01) zugeordneten Bilddatensatzes zum Erzeugen eines ersten Bilds (9) eines zumindest das Implantat (1) enthaltenden Abschnitts des Körpers,

b) einem Sender (4, A1) zum Senden einer elektromagnetischen ersten Strahlung (5) zum Transponder (2),

c) einem Empfänger (4, A1, 7, A2) zum Empfangen einer vom Transponder (2) infolge der ersten Strahlung (5) abgestrahlten elektromagnetischen zweiten Strahlung (6),

d) einer Positionsermittlungseinrichtung (A) zum Ermitteln der Position (P) des Transponders (2) in einem zweiten Koordinatensystem (02) auf der Grundlage der zweiten Strahlung (6),

e) einem Korrelationsmittel (F1) zum Korrelieren des ersten 01 und des zweiten Koordinatensystems 02 und

f) einem Bilderzeugungsmittel (F3) zum Erzeugen eines das erste Bild (9) und die Position (P) des Transponders (2) wiedergebenden zweiten Bilds (10).

12. Einrichtung nach Anspruch 11, wobei die elektromagnetische erste (5) und/oder zweite Strahlung (6) eine erste und/oder zweite Frequenz kleiner als 200 MHz, vorzugsweise kleiner als 100 MHz, vorzugsweise kleiner als 1 MHz, aufweisen/aufweist.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, wobei die erste und/oder zweite Frequenz zwischen jeweils vorgegebenen ersten und/oder zweiten Frequenzwerten zeitlich alternierend ist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei ein der Sender (4, A2) mit einem gepulsten Gleichstrom betreibbar ist.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei ein bei der Aufnahmevorrichtung (C) verwendetes Bildgebungsverfahren aus folgender Gruppe ausgewählt ist: Sonographie, Radiologie, Fluoroskopie, Fluoroskopie mit optischen Markern, Angiographie, optische Kohärenz-Tomographie, diskrete Tomographie, Positron-Emissions-Tomographie, Computertomographie, Kernspintomographie, Endoskopie, nuklearmedizinisches Bildgebungsverfahren, optisches Bildgebungsverfahren.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei der Bilddatensatz zweidimensional, dreidi-

mensional oder vierdimensional ist.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei bei der Aufnahme des Bilddatensatzes verwendete Parameterwerte der Aufnahmevorrichtung (C) vom Bilderzeugungsmittel (F3) zum Erzeugen des zweiten Bilds (10) verwendet werden.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, wobei der Körper ein Säugerkörper, insbesondere ein menschlicher Körper, ist und des Weiteren ein Katheter zum Einführen in ein Gefäß (3), eine Röhre und/oder einen Hohlraum des Körpers vorgesehen ist.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 18, wobei an der Einrichtung und/oder am Katheter zumindest ein weiterer Transponder vorgesehen ist.

20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, wobei eine Vorrichtung zum Erfassen einer Bewegung des Körpers vorgesehen ist.

21. Einrichtung nach Anspruch 20, wobei die Vorrichtung eine Kamera, einen Laser, magnetische Sensoren, Drucksensoren eines Elektrokardiographen und/oder einen Blutdrucksensor umfasst.

22. Einrichtung nach einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei eine Korrekturereinrichtung (F2) zum Korrigieren von Bewegungsartefakten im ersten (9) und/oder im zweiten Bild (10) auf der Grundlage der mit der Vorrichtung erfassten Bewegung vorgesehen ist.

23. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 22, wobei zumindest eine Schnittstelle zur kabellosen Übertragung von Daten von und zur Einrichtung und/oder zwischen Bestandteilen der Einrichtung vorgesehen ist.

24. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 23, wobei die Positionsermittlungseinheit (A) bei einem Bewegen des Transponders (2) und/oder des weiteren Transponders in einem hohlen, röhren- oder schlauchförmigen Bereich des Körpers eine Vielzahl unterschiedlicher Positionen (P) ermittelt.

25. Einrichtung nach Anspruch 24, wobei eine Hüllkurvenermittlungseinheit zum Ermitteln einer Hüllkurve des Bereichs des Körpers auf der Grundlage der Vielzahl der unterschiedlichen Positionen (P) vorgesehen ist.

26. Einrichtung nach Anspruch 25, wobei das zweite Bild (10) des Weiteren eine Darstellung der Hüllkurve enthält.

27. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 26, wobei ein zum Ermitteln von Korrelationsdaten

zum Korrelieren des ersten **(01)** und zweiten Koordinatensystems **(02)** geeignetes Phantom vorgesehen ist.

28. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 27, wobei der Transponder **(2)**, der weitere Transponder **(2)**, Sensoren, Kabel, elektronische Bauelemente und/oder ein Gehäuse eine Abschirmung gegen elektromagnetische Störfelder aufweisen/aufweist.

29. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 28, wobei ein zum Betrieb der Einrichtung vorgesehenes Stromnetz (H) von einem mit dem Körper verbundenen elektrisch leitenden Element der Einrichtung galvanisch getrennt ist.

30. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 29, wobei zum Austausch von Daten, insbesondere von Bilddaten, eine DICOM-Protokoll-Schnittstelle (E) vorgesehen ist.

31. Einrichtung nach Anspruch 30, wobei die DICOM-Protokoll-Schnittstelle (E) ein MPPS-Modul umfasst.

32. Verfahren zur Ermittlung der Position (P) eines mit einem Transponder **(2)** versehenen Implantats **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem Körper mit folgenden Schritten:

- a) Aufnehmen eines ersten Koordinatensystems **(01)** zugeordneten Bilddatensatzes zum Erzeugen eines ersten Bilds **(9)** eines zumindest das Implantat **(1)** enthaltenden Abschnitts des Körpers,
- b) Senden einer elektromagnetischen ersten Strahlung **(5)** zum Transponder **(2)**,
- c) Empfangen einer vom Transponder **(2)** infolge der ersten Strahlung **(5)** abgestrahlten elektromagnetischen zweiten Strahlung **(6)**,
- d) Ermitteln der Position (P) des Transponders **(2)** in einem zweiten Koordinatensystem **(02)** auf der Grundlage der zweiten Strahlung **(6)**,
- e) Korrelieren des ersten **(01)** und des zweiten Koordinatensystems **(02)** und
- f) Erzeugen eines das erste Bild **(9)** und die Position (P) des Transponders **(2)** wiedergebenden zweiten Bilds **(10)**.

33. Verfahren nach Anspruch 32, wobei die elektromagnetische erste **(5)** und/oder zweite Strahlung **(6)** eine erste und/oder zweite Frequenz kleiner als 200 MHz, vorzugsweise kleiner als 100 MHz, vorzugsweise kleiner als 1 MHz, aufweisen/aufweist.

34. Verfahren nach Anspruch 33, wobei die erste und/oder zweite Frequenz zwischen jeweils vorgegebenen ersten und/oder zweiten Frequenzwerten zeitlich alterniert wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 34, wobei der Sender **(4, A2)** mit einem gepulsten

Gleichstrom betrieben wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 35, wobei beim Aufnehmen des ersten Bilds **(9)** ein aus folgender Gruppe ausgewähltes Bildgebungsverfahren verwendet wird: Sonographie, Radiologie, Fluoroskopie, Fluoroskopie mit optischen Markern, Angiographie, optische Kohärenz-Tomographie, diskrete Tomographie, Positron-Emissions-Tomographie, Computertomographie, Kernspintomographie, Endoskopie, nuklearmedizinisches Bildgebungsverfahren, optisches Bildgebungsverfahren.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 36, wobei im Schritt lit. a) ein zweidimensionaler, dreidimensionaler oder vierdimensionaler Bilddatensatz aufgenommen wird.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 37, wobei zur Aufnahme des Bilddatensatzes im Schritt lit. a) verwendete Parameterwerte im Schritt lit. f) zum Erzeugen des zweiten Bilds **(10)** verwendet werden.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 38, wobei der Körper ein Säugerkörper, insbesondere ein menschlicher Körper, ist und zum Aufnehmen des Bilddatensatzes im Schritt lit. a) und/oder zum Ermitteln der Position des Transponders **(2)** im Schritt lit. d) des Weiteren ein Katheter verwendet wird.

40. Verfahren einem der Ansprüche 32 bis 39, wobei an der Einrichtung und/oder am Katheter zumindest ein weiterer Transponder vorgesehen ist.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 40, wobei im Schritt lit. a), lit. b) und/oder lit. c) auftretende Bewegungen des Körpers erfasst werden.

42. Verfahren nach Anspruch 41, wobei zum Erfassen der Bewegung eine Kamera, ein Laser, magnetische Sensoren, Drucksensoren, ein Elektrokardiograph und/oder ein Blutdrucksensor verwendet werden.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 oder 42, wobei auf der Grundlage der erfassten Bewegung im ersten **(9)** und/oder zweiten Bild **(10)** Bewegungsartefakte korrigiert werden.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 43, wobei Daten von und zur Einrichtung und/oder zwischen Bestandteilen (A, A1, ... H) der Einrichtung über zumindest eine kabellose Schnittstelle übertragen werden.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 44, wobei bei einem Bewegen des Transponders **(2)** und/oder des weiteren Transponders in einem hoh-

len, röhren- oder schlauchförmigen Bereich des Körpers eine Vielzahl unterschiedlicher Positionen (P) ermittelt wird.

46. Verfahren nach Anspruch 45, wobei auf der Grundlage der Vielzahl an Positionen (P) eine Hüllkurve des Bereichs ermittelt wird.

47. Verfahren nach Anspruch 46, wobei die Hüllkurve im zweiten Bild (**10**) dargestellt wird.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 47, wobei im Schritt lit. e) zum Korrelieren des ersten (**01**) und zweiten Koordinatensystems (**02**) anhand eines geeigneten Phantoms ermittelte Korrelationsdaten verwendet werden.

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 48, wobei die Position (P) auf dem Transponder (**2**) gespeichert wird.

50. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 49, wobei ein zum Betrieb der Einrichtung vorgesehenes Stromnetz (H) von einem mit dem Körper verbundenen elektrisch leitenden Element der Einrichtung galvanisch getrennt ist.

51. Verfahren nach einem der Ansprüche 32 bis 50, wobei Daten, insbesondere Bilddaten, über eine DICOM-Protokoll-Schnittstelle (E) ausgetauscht werden.

52. Verfahren nach Anspruch 51, wobei zum Austausch der Daten ferner MPPS-Modul verwendet wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

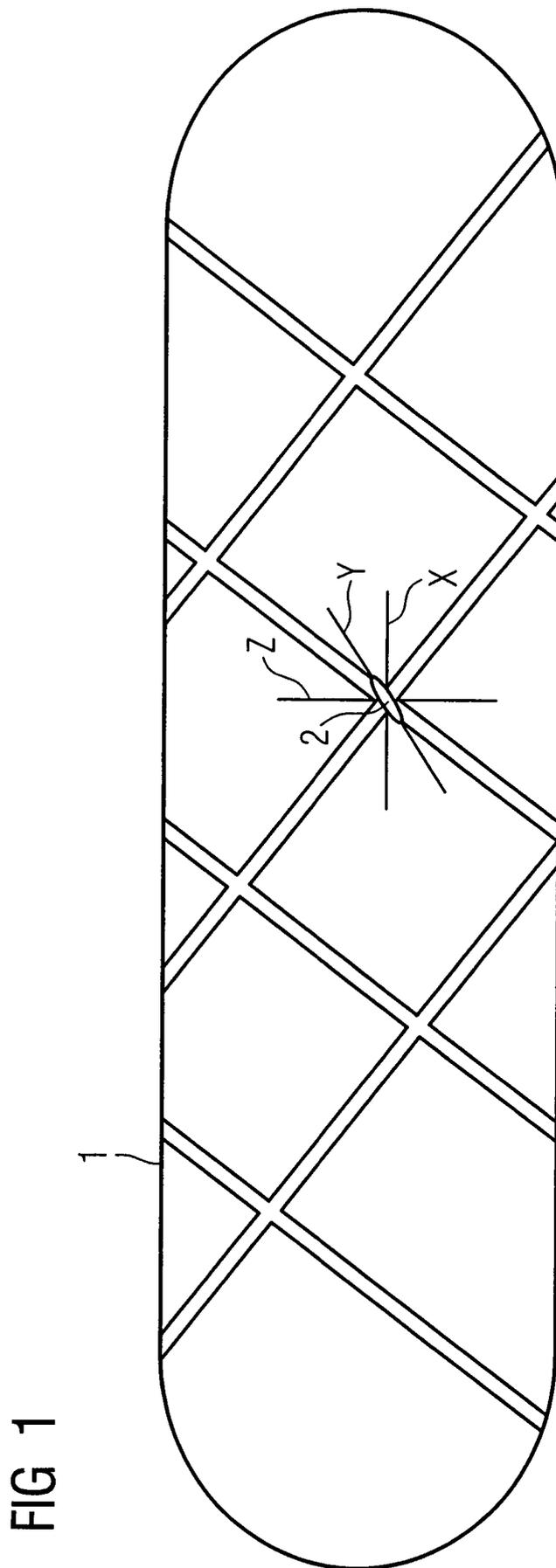


FIG 2

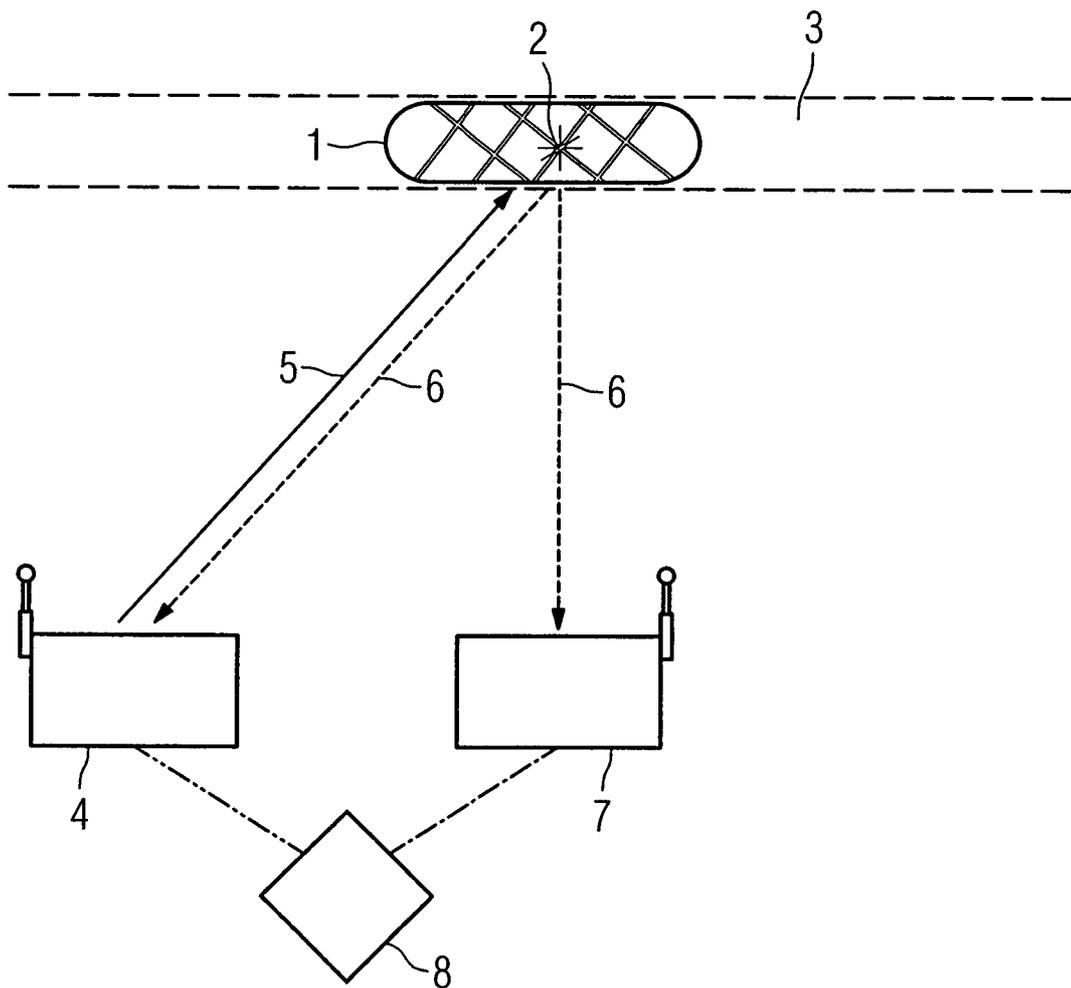
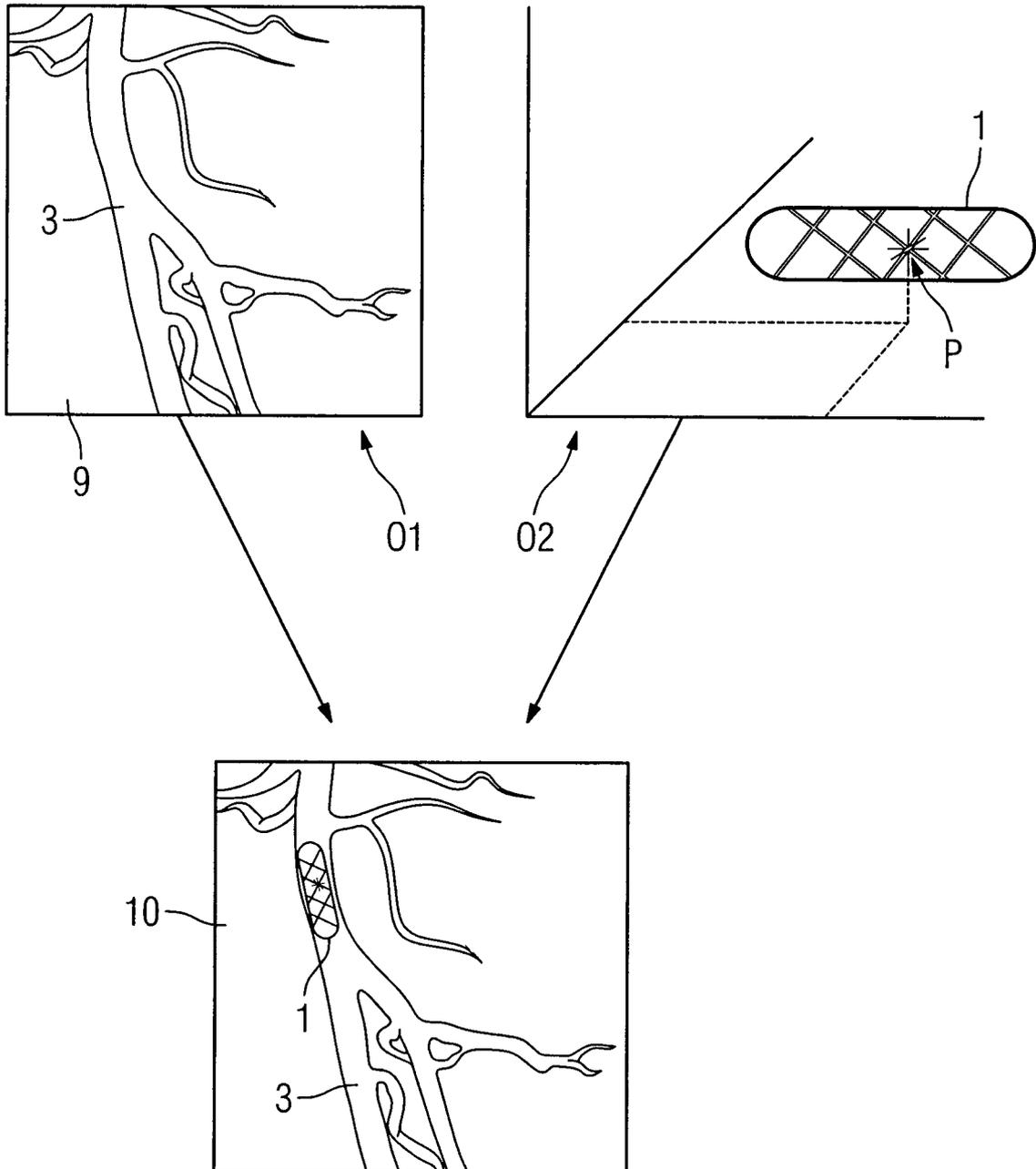


FIG 3



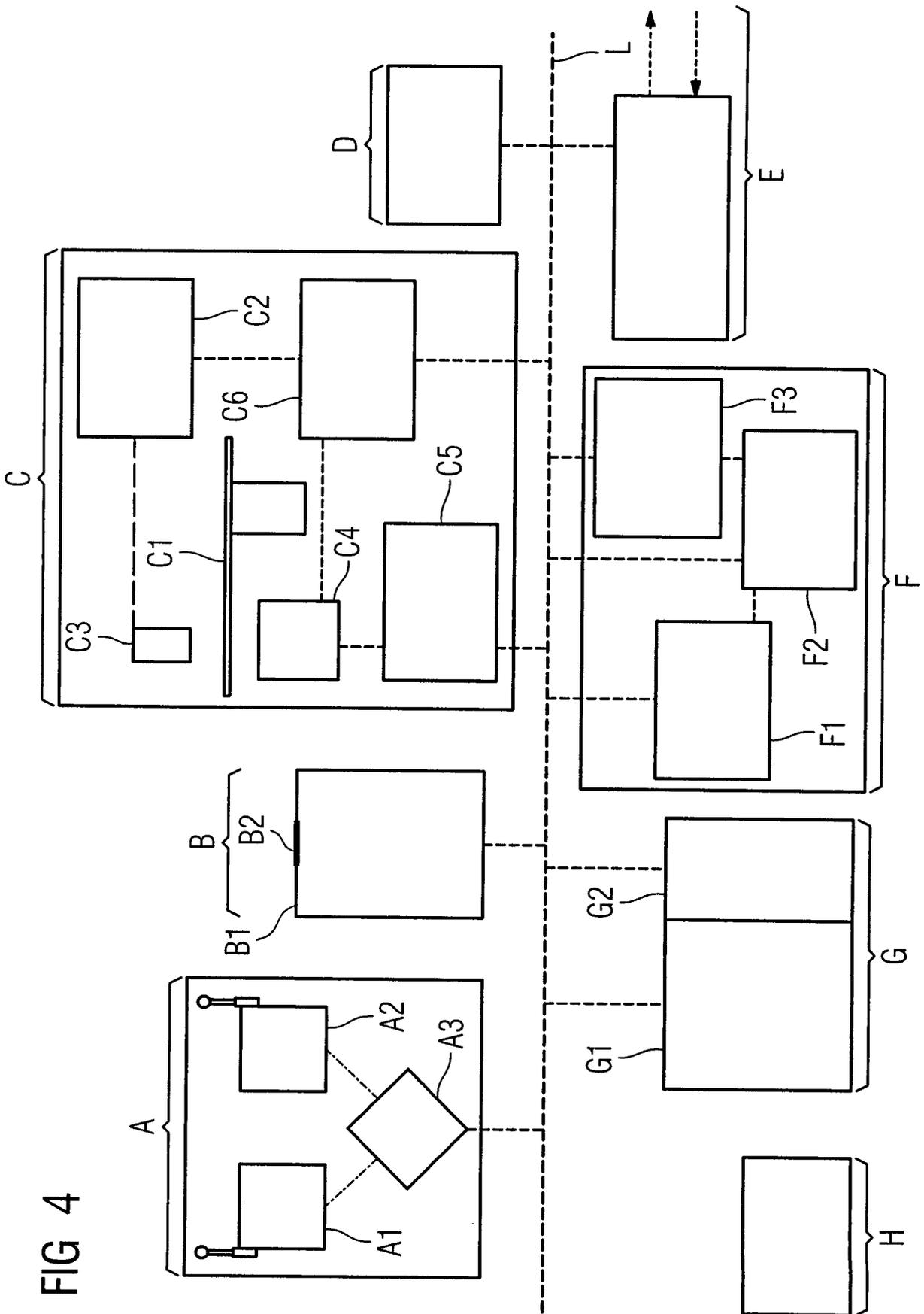


FIG 4