



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 26 415 T2 2004.09.16**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 891 152 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 26 415.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/02650**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 906 698.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/029685**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.02.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **21.08.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.01.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **26.11.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 5/05**
A61B 5/06

(30) Unionspriorität:

11720 P	15.02.1996	US
12241 P	26.02.1996	US

(73) Patentinhaber:

Biosense, Inc., Miami, Fla., US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:

ACKER, E., David, Setauket, US; PACHECO, Robert, Kew Gardens, US; ZOU, Yong, Coram, US; ZILBERSTEIN, Joel, 34454 Haifa, IL

(54) Bezeichnung: **UNABHÄNGIG EINSTELLBARE WANDLER FÜR ORTSBESTIMMUNGSSYSTEME**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Systeme für die medizinische Diagnose und Behandlung und speziell die Verwendung von Referenzfeldwandlern und medizinischen Messfühlern mit Messfühlerfeldwandlern, um die Position, Orientierung oder beides des Messfühlers innerhalb des Körpers eines Patienten zu bestimmen.

HINTERGRUNDTECHNIK

[0002] Es gibt viele medizinische Verfahren, bei denen Messfühler, wie beispielsweise Katheter, in den Körper eines Lebewesens oder eines Patienten eingeführt werden. Bei Verfahren wie beispielsweise Herzkatheterisierung und Neurochirurgie ist es für den Arzt oder Chirurgen oftmals erforderlich, die Stelle des distalen Endes des Messfühlers innerhalb des Körpers zu kennen. Obwohl bildgebende Verfahren wie Durchleuchtung und Ultraschall manchmal zu diesem Zweck verwendet werden, sind sie nicht immer praktisch oder wünschenswert. Zum Beispiel erfordern derartige Systeme die kontinuierliche Abbildung des Messfühlers und des Patienten während des Verfahrens. Zusätzlich sind Durchleuchtungssysteme oftmals unerwünscht, da sie den Patienten und den Arzt beträchtlicher ionisierender Strahlung aussetzen.

[0003] Es sind eine Anzahl von Lokalisierungssystemen zum Nachweisen der Position eines Messfühlers oder einer Katheterspitze im Körper eines Patienten, ohne die Notwendigkeit zum kontinuierlichen Abbilden des Patienten, vorgeschlagen worden. Diese Systeme umfassen, z. B., jene, die in den US-Patenten 5,558,091; 5,391,199; 5,443,489 und den internationalen Patentanmeldungen WO 94/04938 und WO 96/05768 offenbart sind, deren Offenbarung hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird. Andere elektromagnetische Verfolgungssysteme, nicht notwendigerweise für medizinische Anwendungen, sind in den US-Patenten 3,644,825, 3,868,565, 4,017,858, 4,054,881 und 4,849,692 beschrieben.

[0004] Systeme, wie sie in den '091-, '199- und '489-Patenten und in der '938-PCT-Anmeldung offenbart sind, bestimmen die Anordnung (d. h. Position, Orientierung oder beides) eines Messfühlers unter Verwendung von einem oder mehreren Feldwandlern, wie beispielsweise einer Hall-Effekt-Vorrichtung, Magnetowiderstandsvorrichtungen, Spulen oder andere Antennen, die auf dem Messfühler getragen werden. Die Wandler werden typischerweise an oder benachbart dem distalen Ende des Messfühlers angeordnet, oder an genau bekannten Stellen relativ zum distalen Ende des Messfühlers. Derartige Systeme verwenden weiterhin einen oder mehrere Referenzfeldwandler umfassen, die außerhalb des Körpers angeordnet sind, um einen äußeren Referenz-

rahmen bereitzustellen. Die Referenzfeldwandler sind funktionsfähig, um nicht-ionisierende Felder oder Feldkomponenten, wie magnetische Felder, elektromagnetische Strahlung oder Schallenergie, wie beispielsweise Ultraschallschwingung, zu übertragen oder nachzuweisen. Indem Felder zwischen den äußeren Referenzfeldwandlern und den Messfühlerfeldwandlern übertragen werden, können Merkmale der Feldübertragungen zwischen diesen Vorrichtungen bestimmt und dann verwendet werden, um die Position und Orientierung der Sonde in dem äußeren Referenzrahmen zu bestimmen.

[0005] Wie beschrieben, beispielsweise in dem zuvor erwähnten '091-Patent, kann der Referenzrahmen des äußeren Feldwandlers mit dem Referenzrahmen von Bilddaten, wie beispielsweise Magnetresonanzenbilddaten, computerisierte Axialtomographie („CAT“)-Daten, oder herkömmlichen Röntgenbilddaten zur Deckung gebracht werden und dadurch die Positions- und/oder Orientierungsdaten, die von dem System erhalten werden, als eine Darstellung des Messfühlers angezeigt werden, die über ein Bild des Patientenkörpers überlagert ist. Der Arzt kann diese Information verwenden, um den Messfühler innerhalb des Patientenkörpers zu der erwünschten Stelle zu führen und dessen Position und Orientierung während der Behandlung oder des Messens der inneren Körperstruktur überwachen. Diese Anordnung erhöht die Fähigkeit des Arztes im großen Maße, das distale Ende des Messfühlers durch Körperstrukturen zu steuern und liefert signifikante Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren zum Steuern von Messfühlern innerhalb des Körpers durch Gefühl alleine. Da sie es nicht erforderlich macht, zu Steuerungszwecken ein optisches Bild des umgebenden Gewebes aufzunehmen, kann sie mit Messfühlern verwendet werden, die zu klein sind, um optische Elemente aufzunehmen. Diese wandlerbasierten Systeme vermeiden auch die durch kontinuierliches Abbilden des Messfühlers und des Patienten während des Verfahrens mit dem Steuern eines Messfühlers verbundenen Schwierigkeiten und vermeidet, z. B., verlängerte Exposition gegenüber ionisierender Strahlung, die Durchleuchtungssystemen inhärent ist.

[0006] Derartige Systeme verwenden typischerweise Referenzfeldwandler oder Spulen, die in einer festen, unbeweglichen Anordnung an Orten, wie beispielsweise der Decke eines Operationsraumes bereitgestellt werden, oder fest an dem Operations- oder Katheterisierungstisch befestigt sind. Bei der medizinischen Anwendung, wo das System verwendet wird, um die Position eines Messfühlers innerhalb des Körpers eines Patienten zu verfolgen, kann die Spulenbefestigung den freien Zugang des Arztes zu dem Patienten behindern.

[0007] Die zuvor erwähnte '938-Veröffentlichung beschreibt z. B. ein Kathetersystem, das eine Vielzahl von nicht-konzentrischen Spulen benachbart dem distalen Ende des Katheters verwendet. Diese Spulen erzeugen Signale in Reaktion auf außen an-

gelegte Magnetfelder, was die Berechnung von sechs Positions- und Orientierungskordinaten erlaubt, so dass die Anordnung des Katheters bekannt ist, ohne dass ein gleichzeitiges bildgebendes Verfahren erforderlich ist. Bevorzugterweise sind wenigstens drei derartige Spulen oder Strahler an festen Stellen außerhalb des Körpers, benachbart dem Bereich des Körpers, in den der Katheter eingeführt wird, angeordnet. Zum Beispiel sind typischerweise bei der Herzkatheterisierung, bei der der Patient typischerweise auf dem Rücken liegt, drei Strahler fest neben dem Thorax des Patienten in einer festen koplanaren, dreieckigen Anordnung befestigt, wobei die Zentren der Spulen etwa 2 bis 40 cm entfernt sind. Zum Nachweis der Position und Orientierung von Kathetern oder Messfühlern, die in das Gehirn eingeführt sind, sollten die Wandler oder die Feld abstrahlenden Spulen wünschenswerter Weise benachbart zum Kopf des Patienten positioniert sein. In der Neurochirurgie ist jedoch der Patient oft in einer sitzenden, aufrechten Position oder liegt mit dem Gesicht nach unten. Somit kann ein dreieckiger Rahmen, der die drei oben beschriebenen Strahler hält, nicht in komfortabler und stabiler Weise unterhalb des Kopfes angeordnet werden. Die Anordnung des Rahmens über oder neben dem Kopf wird im allgemeinen die Handhabung von Messfühlern und chirurgischen Geräten durch den Chirurgen stören.

[0008] EP-A-0419729 offenbart ein System zum Lokalisieren der Position einer Katheterspitze, das einen Messfühlerfeldwandler, eine Vielzahl von Referenzfeldwandlern auf dem Körper des Patienten, Übertragungsmittel für nicht-ionisierende Felder und Berechnungsmittel umfasst.

[0009] Es wäre daher wünschenswert, die Genauigkeit und Wirksamkeit von Messfühlerverfolgungssystemen, wie oben beschrieben, zu verbessern und anderen Arten von Systemen, die die Anwendung von elektromagnetischen oder anderen nicht-ionischen Energiefeldern auf den menschlichen Körper umfassen, zu erhöhen. Eine Flexibilität bei der Anordnung der Wandler würde eine patientengerechte Anordnung der Wandler erlauben, um sie an die bestmöglichen Stellen zu bewegen und die Empfindlichkeit des Lokalisierungssystems zu erhöhen.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Erfindung wird in dem beigefügten Anspruchssatz definiert.

[0011] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein System zum Bestimmen der Anordnung eines Messfühlers innerhalb des Körpers eines Patienten. Ein System gemäß diesem Aspekt der Erfindung umfasst bevorzugterweise einen Messfühler mit einem oder mehreren daran befestigten Messfühlerwandlern. Einer oder mehrere Referenzfeldwandler sind ebenfalls bereitgestellt. Wie in dieser Offenbarung verwendet, umfasst der Begriff „Feldwandler“ eine Vorrichtung, die ein nicht-ionisierendes Feld, wie

beispielsweise ein magnetisches, elektromagnetisches, akustisches oder optisches Feld, überträgt, und umfasst auch eine Vorrichtung, die ein oder mehrere Bestandteile eines derartigen Feldes nachweist. In einem System gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung sind die Referenzfeldwandler unabhängig zueinander beweglich und können durch den Anwender in erwünschte, anwenderausgewählte patientengerechte Positionen bezüglich des Körpers des Patienten angeordnet werden. Am bevorzugtesten umfasst das System Mittel zum Anbringen der Referenzfeldwandler auf dem Körper des Patienten. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die Referenzfeldwandler mechanisch nicht miteinander verbunden, so dass ein jeder Referenzfeldwandler an irgendeiner durch den Anwender erwünschten Anordnung angeordnet sein kann, ohne mechanische Einschränkungen, die durch die Anordnung der anderen Referenzfeldwandler verursacht werden. Kalibrierungsmittel werden zum Bestimmen der relativen Anordnung der Feldwandler zueinander bereitgestellt, während die Referenzfeldwandler an den erwünschten Positionen angeordnet sind, z. B. während die Referenzfeldwandler am Körper des Patienten angebracht sind. Wie in dieser Offenbarung unter Bezugnahme auf einen einzelnen Gegenstand verwendet, bezeichnet der Begriff „Anordnung“ die Position des Gegenstandes, die Orientierung des Gegenstandes oder beides. Wie in dieser Offenbarung unter Bezug auf irgendwelche zwei Objekte verwendet, bezeichnet der Begriff „relative Anordnung“ die Richtung von einem Gegenstand zu dem anderen, die Entfernung von einem Gegenstand zu dem anderen, oder beides, umfasst auch die Orientierung eines jeden Gegenstandes in dem Referenzrahmen des anderen Gegenstandes. Am bevorzugtesten ist das Kalibrierungsmittel so angeordnet, dass es alle Parameter der relativen Anordnung der Feldwandler zueinander bestimmt, so dass die Entfernungen und Richtungen von einem jeden Feldwandler zu einem jeden anderen Feldwandler und die Orientierungen von allen Feldwandlern vollständig bekannt sind.

[0012] Das System umfasst weiter Übertragungsmittel, um die Referenzfeldwandler und die Messfühlerfeldwandler zu bewegen, um ein oder mehrere, nicht-ionisierende Felder zwischen den Referenzfeldwandlern und dem Messfühlerfeldwandler oder Wandlern zu übertragen und ein jedes solches übertragene Feld nachzuweisen. Zum Beispiel weist der Messfühlerfeldwandler Eigenschaften des an dem Messfühlerfeldwandler oder -Wandlern aufgenommenen Feldes in einem System nach, wo die Übertragungsmittel die Referenzfeldwandler bewegen, um ein magnetisches oder elektromagnetisches Feld zu übertragen. Berechnungsmittel werden ebenfalls vorgesehen, um die Anordnung der Sonde in dem Referenzrahmen des Referenzfeldwandlers zu bestimmen. Diese Berechnung erfolgt aus Eigenschaften der nachgewiesenen Felder und aus den relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler zueinander.

der.

[0013] Da die Referenzfeldwandler unabhängig am oder nahe dem Patienten angeordnet werden können, können sie in einer optimalen Anordnung platziert werden, um eine gute Empfindlichkeit und einen guten Rauschabstand in dem speziell interessierenden Bereich zu erhalten, wo ein Messfühler während eines spezifischen Verfahrens angeordnet sein muss. Die Position der Referenzfeldwandler kann auch ausgewählt sein, um einen ungehinderten Zugang für chirurgische oder andere medizinische Verfahren bereitzustellen. Wie unten näher erläutert werden wird, kann der durch die Referenzfeldwandler definierte Referenzrahmen mit dem Referenzrahmen eines zuvor aufgenommenen Bildes zur Deckung gebracht werden und eine Darstellung des Messfühlers kann auf dem zuvor aufgenommenen Bild überlagert dargestellt werden. In bevorzugten Ausführungsformen, wo die Referenzfeldwandler auf dem Körper des Patienten angebracht sind, bewegt sich der Referenzrahmen, der durch die Referenzfeldwandler definiert ist, mit dem Patienten. Deshalb kann die Zurdeckungbringung mit einem zuvor aufgenommenen Bild beibehalten werden, ohne dass es der Anpassung oder der erneuten Zurdeckungbringung trotz der Bewegung des Patienten bedarf. In Systemen gemäß weiteren Ausführungsformen der Erfindung sind die Kalibrierungsmittel und Berechnungsmittel so angeordnet, dass sie die relativen Anordnung der Referenzfeldwandler periodisch erneut bestimmen und die Anordnung des Messfühlers auf der Grundlage der erneut bestimmten relativen Positionen der Referenzfeldwandler erneut bestimmen. Zum Beispiel kann das System zyklisch funktionieren, so dass ein jeder Zyklus die erneute Bestimmung der relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler ebenso wie die Bestimmung der Sondenanordnung umfasst. Anders ausgedrückt, der Referenzrahmen der Referenzfeldwandler wird vor einer jeden Messung der Messfühleranordnung aktualisiert. Alternativ kann die Referenzfeldwandleranordnung periodisch aktualisiert werden. Diese Systeme erlauben, dass die Referenzfeldwandler auf beweglichen Elementen des Körpers wie zum Beispiel auf der Oberfläche des Abdomen oder des Torax angebracht werden.

[0014] Die Kalibrierungsmittel können einen oder mehrere Kalibrierungsfeldwandler umfassen, die auf einem oder mehreren der Referenzfeldwandler angebracht sind. Somit wird ein oder mehrere Referenzfeldwandler in einer Referenzanordnung mit einem oder mehreren Kalibrierungsfeldwandlern bereitgestellt. Das Kalibrierungsmittel ist angeordnet, um die relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler durch Nachweisen von nicht-ionisierenden Feldern zu bestimmen, die zu oder von den Kalibrierungsfeldwandlern übertragen werden, wie beispielsweise ein von den Referenzwandlern oder von anderen Referenzanordnungen übertragene Feld.

[0015] Weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung

stellen Verfahren zum Bestimmen der Anordnung einer Sonde innerhalb des Körpers eines Patienten bereit. Verfahren gemäß diesem Aspekt der Erfindung umfassen erwünschter Weise die Schritte, dass ein Messfühler, der wie zuvor beschrieben einen oder mehrere Messfühlerfeldwandler umfasst, bereitgestellt wird und eine Vielzahl von Referenzfeldwandlern angeordnet werden, die unabhängig zueinander in erwünschten, anwenderausgewählten patientengerechten Positionen bezüglich des Körpers des Patienten angeordnet werden können. Wie oben im Zusammenhang mit der Vorrichtung diskutiert, werden die relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler zueinander bestimmt, während die Referenzfeldwandler in ihren erwünschten Positionen angeordnet sind. Der Messfühler wird dann geortet durch Übertragen von einem oder mehreren nicht-ionisierenden Feldern zwischen den Messfühlerfeldwandlern und Referenzfeldwandlern und Nachweisen dieser Felder. Die relative Anordnung des Messfühlers bezüglich der Referenzfeldwandler wird aus den Eigenschaften der nachgewiesenen Felder und aus den relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler zueinander bestimmt. Wie oben im Zusammenhang mit der Vorrichtung diskutiert werden die relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler wünschenswerter Weise häufig erneut bestimmt.

[0016] Noch weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung umfassen Vorrichtungen zum Erzeugen oder Nachweisen von nicht-ionisierten Feldern, die zu oder aus dem Inneren des Körpers eines Patienten übertragen werden. Aspekte gemäß diesem Aspekt der Erfindung umfassen eine Vielzahl von Referenzfeldwandlern und Mittel zum Positionieren eines jeden der Referenzwandler unabhängig zueinander in erwünschten, patientengerechten Positionen in enger Nachbarschaft zum Körper eines medizinischen Patienten. Die Vorrichtung gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung kann in den oben diskutierten Systemen und Verfahren verwendet werden. Das Anordnungsmittel kann Mittel zum Befestigen eines jeden Referenzfeldwandlers an den Körper des Patienten umfassen wie, beispielsweise, Klebemittel oder andere Befestigungseinrichtungen, die mit dem Körper eingreifen können. Ein noch weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst einen Kit, der eine Vielzahl von getrennten Referenzfeldwandlern und Mitteln wie beispielsweise Klebemittel oder andere Befestigungseinrichtungen zum Befestigen der Referenzfeldwandler am Körper des Patienten umfasst. Ein noch weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Referenzfeldwandleranordnung, die eine Spule oder andere Feldwandler umfasst, die während des Betriebs Wärme erzeugt und eine Gehäusestruktur, die eine solche Spule enthält. Die Anordnung hat eine vordere Oberfläche, die während des Betriebs am Patienten anliegt, und eine hintere Oberfläche. Es werden im Gehäuse Mittel zum Begrenzen des Aufheizens der vorderen Oberfläche durch in der Spule erzeugte Hitze bereitgestellt. Zum

Beispiel kann das Gehäuse eine thermische Isolierung aufweisen, die zwischen der Spule und der vorderen Oberfläche angeordnet ist und bevorzugterweise auch Mittel zum Verteilen von Hitze innerhalb des Gehäuses oder durch die hintere Oberfläche umfasst. Dieses und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der unten erfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen leichter offenkundig werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die die an den Körper des Patienten befestigten Referenzfeldwandler zeigt;

[0018] **Fig. 2** ist eine schematische Teilansicht, die eine Wandleranordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0019] **Fig. 3** ist eine schematische perspektivische Ansicht, die ein Element der in **Fig. 1** verwendeten Anordnung zeigt;

[0020] **Fig. 4** ist eine schematische Ansicht von in **Fig. 1** bis 3 gezeigten Bestandteilen;

[0021] **Fig. 5** ist eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Referenzfeldwandlers und einer Kalibrierungswandleranordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0022] **Fig. 6** ist eine perspektivische Seitenansicht von einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der die Referenzfeldwandler unabhängig beweglich sind; und

[0023] **Fig. 7** ist eine Vorderansicht von einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der die Referenzfeldwandler unabhängig auf einem flexiblen, blattähnlichem Träger beweglich sind.

AUSFÜHRUNGSWEISEN DER ERFINDUNG

[0024] Ein System gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird zusammen mit einem verlängerten Messfühler in der Form einer Röhre oder eines Katheters **20** mit einem proximalen Ende **22** und einem distalen Ende **24** verwendet. Ein Messfühlerkörper **28**, der einen Messfühlerfeldwandler oder Positionssensor **30** enthält, ist physikalisch mit dem distalen Ende **24** des Katheters **20** verbunden. Der Messfühlerfeldwandler **30** wird bevorzugterweise in Form eines Sensors bereitgestellt, der angeordnet ist, um magnetische oder elektromagnetische Felder nachzuweisen. Zum Beispiel kann der Messfühlerfeldwandler **30** ein Mehrachsen-Festphasenpositionssensor von der Art sein, wie er in dem vorher erwähnten US-Patent 5,558,091 offenbart ist. Ein derartiger Sensor umfasst eine Vielzahl von Wandlern, die auf magnetische Feldkomponenten in zueinander orthogonalen Richtungen ansprechen. Andere geeignete Positionssensoren umfassen Spulen, wie sie in dem

vorher erwähnten US-Patent 5,391,199 und der internationalen Veröffentlichung WO 96/05768 offenbart sind. Derartige Spulen können als eine Einzelspule oder als eine Vielzahl von orthogonalen Spulen bereitgestellt werden, die in der Lage sind, Feldkomponenten in orthogonalen Richtungen nachzuweisen.

[0025] Der verlängerte Messfühler oder Röhre **20** ist konstruiert und angeordnet, um innerhalb des Körpers eines Patienten zu einer erwünschten Stelle gesteuert zu werden. Zum Beispiel kann die Röhre **20** die Struktur eines herkömmlichen Katheters, Endoskops, Laparoscops oder dergleichen aufweisen. Die Größe und Form der Röhre **20** wird auch von der zu behandelnden Region des Körpers abhängen. Der Messfühler kann im Wesentlichen eine jegliche Vorrichtung umfassen, die in den Körper eingeführt oder fortbewegt werden kann, um ein medizinisches Verfahren, wie beispielsweise eine Behandlung, Messung oder Beobachtung, durchzuführen und Gewebeprobe oder andere Materialien innerhalb des Körpers zu sammeln. Die Röhre **20** kann auch so konstruiert sein, dass sie ein herkömmliches medizinisches Instrument im Körper aufnimmt, wie Scheren oder Pinzetten, oder andere chirurgische Werkzeuge, die vom proximalen Ende oder dem Griff der Vorrichtung bedienbar sind. Ein derartiges chirurgisches Werkzeug kann ein jegliches herkömmliches chirurgisches Werkzeug von der Art sein, die üblicherweise bei endoskopischen, arthroskopischen oder laparoskopischen chirurgischen Verfahren verwendet wird, oder eine herkömmliche Biopsiesammelvorrichtung. Es sollte jedoch anerkannt werden, dass im Wesentlichen ein jegliches Instrument oder Vorrichtung, das/die in den Körper eingeführt werden kann, als ein Messfühler funktionieren kann und der Begriff „Messfühler“ sollte daher nicht als auf eine spezifische Konfiguration beschränkt verstanden werden.

[0026] Die Vorrichtung umfasst weiterhin einen Satz von Referenzanordnungen **50**, in diesem Falle drei getrennte Referenzanordnungen, die unmittelbar auf dem Patienten in erwünschten, patientengerechten Positionen angebracht sind. Wie am besten aus **Fig. 2** und **4** ersichtlich, umfasst eine jede Referenzwandleranordnung **50** eine zylindrische Spule **100**, die aus Draht mit feinem Durchmesser hergestellt ist. Eine derartige Spule umfasst etwa 2000 Drahtwindungen, um eine Spule mit einem Durchmesser von 3 oder 4 Zoll oder weniger, und einer Höhe von 1/4 Zoll oder weniger zu bilden. Spulen wie diese werden derzeit als Heizspulen von Minco aus Minneapolis, Minnesota, vertrieben. Eine jegliche zylindrische Spule wird auf einer zylindrischen Haspel **300** gebildet und definiert eine Spulenachse **302**, die hinsichtlich der Spule konzentrisch ist. Eine jede Referenzanordnung **50** umfasst weiterhin ein Gehäuse, das eine vordere Verkleidung **304** und eine hintere Verkleidung **306** umfasst. Diese Element können aus nicht-ferromagnetischen Materialien gebildet sein, wie beispielsweise Polymeren, nicht-ferromagnetischen Metallen oder anderen Materialien, die übli-

cherweise in medizinischen Einwegvorrichtungen verwendet werden. Die vordere Verkleidung **304** wird mit einer Polsterschicht **308** versehen, die wiederum eine Klebebeschichtung auf ihrer exponierten vorderen Oberfläche **310** aufweist. Die vordere Verkleidung **304** und somit ihre klebende beschichtete vordere Oberfläche **310** erstreckt sich im Allgemeinen transversal zur Spulenachse **302**. Eine Schicht aus einem abstreifbaren Freigabefilm **311** kann lösbar über der Oberfläche **310** angeordnet sein. Die Schicht **311** schützt den Kleber auf der Oberfläche **310** während des Versands und der Handhabung, wird aber während der Verwendung der Anordnung entfernt. Anstelle der Klebeschicht **310** kann die Referenzanordnung mit Merkmalen wie elastischen Bändern, Riemen, Klemmen oder andere Vorrichtungen zu ihrer Befestigen an den Körper eines Patienten versehen sein. Alternativ oder zusätzlich können die Gehäuseelemente **304** und **306** mit Merkmalen wie beispielsweise Löchern oder Anschlusspunkten für das Zusammenwirken mit vom Anwender bereitgestellten Befestigungsmitteln versehen sein, wie beispielsweise Nahtmaterial zum Halten der Vorrichtung an Ort und Stelle. In einer weiteren Variante können die Befestigungsmittel direkt auf dem Referenzfeldwandler oder der Spule **100**, wie beispielsweise auf der Haspel **300**, bereitgestellt werden und die Gehäuseelemente können weggelassen werden.

[0027] Die hintere Verkleidung **306** wird mit Lüftungslöchern **312** versehen, um die Dissipation von Energie zu erlauben, die während des Betriebes der Spule **100** erzeugt wird. Andere bekannte Mittel zur Erhöhung des Leitens und der Dissipation von Wärme können in der hinteren Verkleidung bereitgestellt sein. Zum Beispiel kann die hintere Verkleidung mit Leitblechen versehen sein und aus einem hochwärmeleitfähigen nicht-magnetischen Material wie Aluminium hergestellt sein. Alternativ oder zusätzlich kann der Bereich innerhalb des Gehäuses, der die Spule **100** umgibt, mit einem Material gefüllt sein, das eine hohe spezifische Wärme aufweist, oder mit einem schmelzbaren Material, das angepasst ist, um zu schmelzen und Hitze in latente Schmelzwärme aufzunehmen, bevorzugterweise bei einer Temperatur geringfügig oberhalb normaler Körpertemperatur, wie beispielsweise etwa 40°C bis 45°C. Es können andere bekannte Vorrichtungen zum Kühlen einer elektrischen Anordnung vorgesehen sein, wie, z. B., Spulen zum Umwälzen eines Kühlmediums, wie beispielsweise Wasser oder Luft, innerhalb der Anordnung, oder zu einem äußeren Wärmeaustauscher. Thermoelektrische Kühlvorrichtungen können auch verwendet werden. Diese Wärmedissipations- und Wärmeabsorptionsmerkmale sollen den Temperaturanstieg der vorderen Oberfläche **310** der vorderen Verkleidung begrenzen. Wie weiter unten diskutiert, wird die vordere Verkleidung während des Betriebes am Patienten angelegt sein. Die vordere Verkleidung **304** und die Polsterschicht **308** können erhebliche wärmeisolierende Eigenschaften aufweisen, was

auch dabei hilft, den Temperaturanstieg der vorderen Oberfläche **310** zu begrenzen.

[0028] Eine Vielzahl von Kalibrierungswandlerbuchsen **314** werden integral mit dem Gehäuse an bestimmten Positionen relativ zur Spule **100** ausgebildet. Wie am besten aus Fig. 4 ersichtliche weist eine jede Wandleranordnung **50** drei Buchsen **314** auf, die um die Peripherie der Spule **100** angeordnet sind. In der speziell dargestellten Konfiguration sind die Buchsen wünschenswerter Weise an räumlich getrennten Stellen um die Spulenachse **302** herum angeordnet und bilden somit die Spitzen eines Dreieckes in einer Ebene, die senkrecht zur Spulenachse **302** ist. Eine jede Buchse **304** ist angepasst, um einen Kalibrierungsfeldwandler **316** aufzunehmen und den Kalibrierungsfeldwandler in einer vorbestimmten Position und Orientierung relativ zur Spule **100** der gleichen Referenzanordnung **50** zu halten. Wie am besten aus Fig. 3 ersichtlich umfasst erwünschter Weise ein jeder Kalibrierungsfeldwandler **316** einen Satz aus drei orthogonalen Wandler-elementen **318**, **320** und **322**, die angepasst sind, um Komponenten eines magnetischen Feldes in drei wechselseitig orthogonalen Richtungen nachzuweisen. Die aktiven Wandler-elemente können Festphasenwandler sein, wie beispielsweise Hall-Effektoder Magnetowiderstandswandler. Alternativ können die aktiven Elemente Spulen sein, die auf wechselseitig kreuzenden Achsen gewunden sind. Die aktiven Elemente **318**, **320** und **322** sind in einer äußeren Verpackung oder Gehäuse **324** untergebracht. Eine jede Buchse **314** und/oder die Gehäuse **324** der Kalibrierungsfeldwandler **316** und die Buchsen **314** können übliche Merkmale wie Schnappverschlüsse, Stifte, Haken und andere Merkmale für eine mechanische Befestigung umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das Gehäuse für die Kalibrierungswandler angepasst sein, um eng in die Buchsen **314** zu passen, so dass ein jedes Gehäuse bezüglich Spule **100** in einer akkuraten, reproduzierbaren Position gehalten wird. In einer noch weiteren Alternative können die Gehäuse **324** der Kalibrierungswandler **316** integral mit den Spulengehäuseelementen **304** und **306** ausgebildet sein, können integral mit der Spulenhassel **300** ausgebildet sein oder können anderweitig permanent mit der Spulenhassel oder dem Gehäuse verbunden sein.

[0029] Die Referenzfeldwandler oder Spulen **100** und die Kalibrierungsfeldwandler **316** der verschiedenen Referenzanordnungen **50** werden durch Leitungen **51** mit einer Feldübertragungs- und Empfangsvorrichtung **80** verbunden. Bevorzugterweise sind die Referenzanordnungen **50** lösbar von den Leitungen **51** entfernbar, um ein einfaches Austauschen und/oder Entsorgung nach der Verwendung zu gewährleisten. Die Bereitstellung von Einwegreferenzanordnungen ist vorteilhaft, da die erneute Sterilisation der Wandler vermieden werden kann, die zu Schäden an den empfindlichen Wandlern führen kann. Zusätzlich kann die Bereitstellung von lösbaren

Wandlern eine weitere patientengerechte Anpassung erlauben, indem die Austauschbarkeit zwischen verschiedenen großen Referenzanordnungen für verschiedene medizinische Verfahren und Patientengrößen erlaubt wird. Als eine Alternative für die Leitungen **51** können die verschiedenen Wandler auf einer jeden Referenzanordnung mit der Übertragungs- und Empfangsvorrichtung **80** durch drahtlose Telemetrie verbunden sein, wie durch RF oder Infrarottelemetrie. In diesem Falle kann eine jede Referenzanordnung **50** eine unabhängige Stromversorgung wie eine Batterie umfassen.

[0030] Die Feldübertragungs- und Empfangsvorrichtung **80** ist mit einem Computer **85** verbunden, der aus einem Mikrocomputer, einer Workstation, einem Großrechner oder einer anderen ähnlichen Recheneinheit bestehen kann, die wiederum mit einer Anzeigevorrichtung, wie beispielsweise einem Kathodenstrahlröhren (CAT)-Monitor **95**, verbunden ist. Die Feldübertragungs- und Empfangsvorrichtung **80** und der Computer **85** sind so angeordnet, dass sie mit den Messfühlerfeldwandlern **30** und Spulenreferenzfeldwandlern **100** verbunden sind, um nicht-ionisierende Felder, bevorzugterweise elektromagnetische Felder, zu übertragen und aufzunehmen, um die Anordnung des Messfühlers **28** im Referenzrahmen der Referenzfeldwandler **100** zu bestimmen. Wie am besten aus den **Fig. 1** und **4** ersichtlich ist, sind die Referenzanordnungen **50** an dem Patienten an willkürlichen, vom Anwender ausgewählten Anordnungen durch Befestigen der vorderen Oberflächen **310** an dem Patienten angebracht. D. h., dass die Anordnungen der Referenzanordnungen **50** und somit die Anordnungen der Referenzfeldwandler **100** ausgewählt werden können, wie von dem Arzt oder einer anderen Person, die die Referenzanordnungen befestigt, gewünscht.

[0031] Bevorzugterweise sind die Referenzanordnungen so befestigt, dass sie die verschiedenen Spulen oder Referenzwandler **100** nahe einer interessierenden Region innerhalb des Körpers platzieren, d. h. in der Nähe einer Region, wo die distale Spitze des Messfühlers **28** verwendet werden soll. Die speziellen Anordnungen, die in den **Fig. 1** und **2** gezeigt sind, sollen lediglich zu Zwecken der Veranschaulichung dienen und sollen die Positionen, an denen die Referenzfeldwandler platziert werden können, nicht beschränken. Z. B. können die Referenzanordnungen in einer im Allgemeinen koplanaren Anordnung auf dem Rücken des Patienten platziert sein, wobei sich die Spulenachsen **302** im Allgemeinen parallel zueinander erstrecken, so dass die Spulenachsen das Zentrum der interessierenden Region umgeben. Alternativ können die verschiedenen Feldwandler in einer im Allgemeinen U-förmigen Anordnung platziert werden, wie in **Fig. 4** veranschaulicht, so dass die Achsen **302** der Referenzwandler oder Spulen **101** in allen Referenzanordnungen in der interessierenden Region konvergieren.

[0032] Die Referenzfeldwandler **100** definieren ei-

nen äußeren Referenzrahmen, wenn sie auf dem Patienten angeordnet sind. Elektromagnetische oder magnetische Felder können zwischen den Referenzfeldwandlern **100** und dem Wandler **30** auf der Sonde übertragen werden, so dass die Anordnung des Messfühlerfeldwandlers und des Messfühlers **28** aus den Eigenschaften der Felder berechnet werden kann, wie beispielsweise Stärke und Richtung, wie sie von dem Messfühlerfeldwandler nachgewiesen werden. Die Referenzfeldwandler **100** und der Messfühlerfeldwandler **30** definieren somit zusammenwirkend eine Vielzahl von Sender-Empfänger-Paaren. Ein jedes derartige Paar umfasst einen Sender und einen Empfänger als Elemente des Paares. Ein Element von einem jeden solchen Paar ist auf dem Messfühler angeordnet und das andere Element eines derartigen Paares ist im Referenzrahmen angeordnet, der durch die Referenzfeldwandler **100** definiert ist. Typischerweise ist wenigstens ein Element von einem jeden Sender-Empfänger-Paar an einer anderen Position oder in einer anderen Orientierung als das korrespondierende Element der anderen Paare angeordnet. Durch Nachweisen der Eigenschaften von Feldübertragungen zwischen den Elementen der verschiedenen Paare kann das System Informationen bezüglich der Anordnung des Messfühlers im äußeren Referenzrahmen ableiten, der durch die Referenzfeldwandler definiert ist. Die Anordnungsinformation kann die Position des Messfühlers, die Orientierung des Messfühlers oder beides umfassen. Die Berechnung beruht jedoch darauf, dass die Referenzfeldwandler an bekannten Positionen und in bekannten Orientierungen relativ zueinander angeordnet sind.

[0033] In dem System der **Fig. 1** bis **4** ist es, da die Referenzfeldwandler **100** an irgendeiner erwünschten Stelle und in irgendeiner erwünschten Orientierung relativ zueinander angeordnet sein können, notwendig, ihre Stellen zueinander zu berechnen. Die Kalibrierungsfeldwandler **316** arbeiten mit den Referenzfeldwandlern oder Spulen **100** zusammen, um die erforderliche Information bereitzustellen, um die Position und Orientierung der Referenzanordnungen relativ zueinander zu berechnen. Die Spule **100** von einer jeden Referenzanordnung **50** bildet einen Feldwandler mit einer einzelnen Achse, wohingegen die Kalibrierungsfeldwandler **316** von einer jeden Referenzanordnung **50** ein System aus drei dreiachsigen Wandlern darstellen, die an bekannten Stellen relativ zueinander angeordnet sind. Z. B. befinden sich die Kalibrierungswandler **316B**, **316B2** und **316B3** der Referenzanordnung **50B** an bekannten Stellen relativ zueinander. Wie beispielsweise in der internationalen Patentveröffentlichung WO 94/04938 beschrieben, können die Position und Orientierung eines Feldwandlers mit einer einzelnen Achse wie beispielsweise Spule **100A** vollständig abgeleitet werden durch Bewegungen der Spule **100A**, um ein Magnetfeld zu erzeugen und die Magnetfeldkomponenten in einer jeden der drei wechselseitig orthogonalen Richtungen

an einem jeden der drei Kalibrierungswandler **316B1**, **316B2** und **316B3** nachzuweisen. Der in der zuvor erwähnten Publikation WO 94/04938 verwendete Algorithmus wird darin zu einem ganz andere Zweck verwendet, nämlich zum Lokalisieren eines Messfühlers relativ zu einer Vielzahl von Referenzwandlern, die schon in einer bekannten Position relativ zueinander sind. Nichtsdestoweniger kann ein derartiger Algorithmus direkt auf das Problem angewandt werden, die Position und Orientierung von Spule **100A** bezüglich der Kalibrierungssensoren auf der Referenzanordnung **50B** zu bestimmen. In einer Anfangsphase arbeitet der Algorithmus so, dass er die Referenzfeldwandler spule **100A** behandelt, als wäre sie ein gleichförmiger Strahler und die Wirkung der Orientierung der Spule **100A** auf die Feldkomponentengrößen, die an den Kalibrierungswandlern **316B** bestimmt werden, ignoriert. Anders ausgedrückt wird in dieser anfänglichen Phase die Spule **100A** so behandelt, als ob sie ein sphärisches Feld abstrahlen würde. Unter Zugrundelegung dieser Annahme und der durch die Kalibrierungswandler **316B** nachgewiesenen Feldkomponentengrößen kommt das System zu einer ersten Abschätzung für die Position der Spule **100A** relativ zur Referenzanordnung **50B**. Unter Anwendung dieser anfänglichen Abschätzung der Position und der an den Kalibrierungswandlern **316B** nachgewiesenen Feldkomponentengrößen berechnet dann das System die Orientierungswinkel für die Spule **100A**. Unter Verwendung der neu berechneten Orientierungswinkel berechnet das System eine bessere Abschätzung der Position. Die letzten beiden Schritte werden solange wiederholt, bis die neue Abschätzung der Position mit derjenigen der letzten Abschätzung der Position innerhalb einer vorher ausgewählten Toleranz übereinstimmt. Anders gesagt konvergiert das System auf die korrekte Position und die korrekten Orientierungswinkel. Weitere Details des Algorithmus sind in der '938 Veröffentlichung angegeben. Der gleiche Algorithmus kann verwendet werden, um die Position der Spule **1000** bezüglich der Referenzanordnung **50C** zu finden. In ähnlicher Weise kann durch Bewegen der Spule **100B** auf der Referenzanordnung **50B** die Position und Orientierung von Spule **100B** bezüglich Anordnung **50C** bestimmt werden durch Überwachen der Signale von den drei dreiachsigen Kalibrierungsfeldwandlern **316** auf Referenzanordnung **50C**. Die Position von Spule **100B** bezüglich Referenzanordnung **50A** kann aus den Signalen bestimmt werden, die durch die Kalibrierungsfeldwandler **316A** auf der Referenzanordnung **50A** erzeugt werden, während die Spule **100B** aktiv ist. In ähnlicher Weise kann, wenn die Spule **1000** aktiv ist, die Anordnung der Spule **1000** bezüglich den Anordnungen **50A** und **50B** bestimmt werden. Das System stellt redundante Information zur Verfügung, einschließlich zweier unabhängig bestimmter Sätze von Positions- und Orientierungsparametern, die die relativen Anordnungen von einem jeden Paar der Referenzanordnungen definieren. Die redundante Infor-

mation kann verwendet werden beim Kontrollieren der erhaltenen Werte und dazu, um eine Abschätzung für die echten Werte zu erhalten, was den Gesamtfehler im System minimiert. Zum Beispiel kann durch Vergleichen der zwei unabhängig bestimmten Werte für die relative Anordnung von Paaren von Anordnungen eine Fehlerabschätzung für das Paar erhalten werden. Ähnliche Abschätzungen können erhalten werden für den Fehler bezüglich der relativen Anordnungen anderer Paare von Referenzanordnungen. Unter Verwendung eines iterativen Verfahrens kann der Computer Abschätzungen der echten Anordnungen der verschiedenen Referenzanordnungen auswählen, die den geringsten Gesamtfehler ergeben. Alternativ können die zwei Abschätzungen der relativen Anordnung für ein jedes Paar der Referenzanordnungen einfach miteinander gemittelt werden.

[0034] In einer weiteren alternativen Anordnung kann das System modifiziert werden, um weniger Kalibrierungswandler zu verwenden und dadurch einige der redundanten Informationen verringern. So bedarf es für das System, das in den Fig. 1 bis 4 gezeigt ist, in denen drei Referenzfeldwandler **100** gezeigt sind, keiner drei Kalibrierungsfeldwandler **316** auf einer jeden Referenzanordnung, um die Relativpositionen der Referenzfeldwandler bezüglich zueinander zu kalibrieren oder zu bestimmen, nachdem sie angeordnet sind. Man braucht nämlich nur genügend Sender-Empfänger-Paare wie zwischen den Referenz- und Kalibrierungsfeldwandlern, um die Positionen der Referenzanordnungen zueinander zu bestimmen. Zum Beispiel wird in dem System von Fig. 1 bis 4, wo die Referenzfeldwandler einachsige Feldübertragungsspulen aufweisen, ein System, das nur drei 3-dimensionale feldaufnehmende Kalibrierungswandler auf nur einer Referenzanordnung verwendet, die Bestimmung der relativen Positionen und Orientierungen der drei übertragenden Spulen zueinander erlauben. Alternativ oder zusätzlich können die Referenzfeldwandler als Kalibrierungswandler funktionieren. Zum Beispiel wird, wenn die Spule **100A** mit Wechselstrom angeregt wird, das Wechselfeld durch Referenzfeldwandler **100B** und **1000** der anderen Referenzanordnungen nachgewiesen werden. Diese Signale stellen zusätzliche Informationen bereit, die in dem Kalibrierungsprozess verwendet werden können.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform wird eine feste Anordnung von Kalibrierungsfeldwandlern bereitgestellt, wie beispielsweise die Kalibrierungsanordnung **55** (Fig. 1), die eine Vielzahl von Kalibrierungsfeldwandlern **56** aufweist, die mit der Feldübertragungs- und Empfangseinheit **80** durch Kabel **57** verbunden sind. Da die Wandler **56** der Kalibrierungsanordnung in einer festen, bekannten Beziehung zueinander stehen, können die einzelnen Positionen von einem jeden der Referenzfeldwandler bezüglich der Anordnungswandler gemäß den offenbarten Algorithmen bestimmt werden, die, z. B., in der

vorerwähnten internationalen Patentanmeldung '938 offenbart sind. Wenn die Positionen der Referenzfeldwandler **100** im Referenzrahmen der Kalibrierungsanordnung **55** bestimmt worden sind, können die Anordnungen der Referenzfeldwandler relativ zueinander direkt berechnet werden. Bei dieser Anordnung können die Kalibrierungsfeldwandler aus den Referenzanordnungen **50** weggelassen sein.

[0036] Wenn die Kalibrierung der Referenzfeldwandler abgeschlossen ist, kann die Anordnung der Messfühler im äußeren Referenzrahmen, der durch die Referenzfeldwandler definiert ist, bestimmt werden durch Übertragen und Aufnehmen von nicht-ionisierenden Feldern zwischen den Referenzfeldwandlern und den Messfühlerfeldwandlern, wie beispielsweise in dem '091-Patent dargelegt.

[0037] In einem Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist der Patient auf dem Patientenbett **60** angeordnet und die Referenzanordnungen **50** werden unabhängig in einer erwünschten Anordnung auf oder nahe dem Patienten angeordnet. Als nächstes wird der äußere Referenzrahmen durch Verwendung der Kalibrierungs- und Referenzfeldwandlerpaare bestimmt. Dies geschieht dadurch, dass die Feldübertragungs- und Empfangseinheit **80** und Computer **85** die Referenzfeldwandler oder die Kalibrierungsfeldwandler bewegen, um Felder zu übertragen und aufzunehmen, wie oben diskutiert. Unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens berechnet der Computer **85** die Anordnung der Referenzfeldwandler **80** zueinander, um den äußeren Referenzrahmen zu bestimmen.

[0038] Als nächstes wird das distale Ende des Messfühlers **28** in den Patienten zu dem interessierenden Bereich vorgeschoben, wobei der Messfühler den Messfühlerfeldwandler **30** trägt. Die Feldübertragungs- und Empfangseinheit **80** und Computer **85** bewegen dann die äußeren Feldwandler **80** und den Messfühlerfeldwandler **30**, um Felder zu übertragen und aufzunehmen. Wo zum Beispiel die Referenzfeldwandler **100** Feldüberträger sind, werden die Messfühlerfeldwandler Signale, die die an dem Messfühler nachgewiesenen Felder darstellen, zu der Feldübertragungs- und Empfangseinheit senden. Umgekehrt werden die Steuersignale zu den Messfühlerfeldwandlern geschickt, wo die Messfühlerfeldwandler als Transmitter verwendet werden. Der Computer **85** leitet dann die Anordnung des Messfühlerfeldwandlers **30** und somit die Anordnung des Messfühlers selbst im äußeren Referenzrahmen ab, die durch die Referenzfeldwandler **100** definiert ist. Da die Anordnungen der Referenzfeldwandler **100** relativ zueinander jetzt bekannt sind, kann der Schritt des Auffindens der Anordnung des Messfühlerfeldwandlers **30** mittels bekannter Techniken durchgeführt werden, wie beispielsweise jener, die in dem Patent '091 und in der Veröffentlichung '938 beschrieben sind.

[0039] Bei einigen Verfahrensweisen ist es wünschenswert, die Position des Messfühlers auf der An-

zeige **95** anzuzeigen, überlagert auf zuvor aufgenommenen Bildern des Patienten, wie beispielsweise MRI-, CT- oder Röntgenbilder. Um dies zu machen, ist es erforderlich, einen Patientenreferenzrahmen zu definieren und dann die Position des Messfühlers in dem äußeren Referenzrahmen, der durch die Wandler **100** definiert ist, in den Patientenreferenzrahmen zu übersetzen. Anders gesagt müssen der Referenzrahmen der Referenzanordnungen **50** und der Referenzfeldwandler **100** mit dem Referenzrahmen des Bildes zur Deckung gebracht werden. Dies kann auf verschiedenen Wegen erreicht werden. Bei einer Technik werden der Messfühler **28** und somit der Feldwandler **30** an verschiedene prominente Punkte auf dem Patienten gebracht, die leicht in den Bildern identifizierbar sind wie, z. B., leicht identifizierbare Knochenstrukturen, die in den Bilddaten dargestellt sind. Um dieses Verfahren zu erleichtern, können Bezugsmarker **71** an Stellen des Patientenkörpers befestigt werden, bevor das Bild aufgenommen wird, so dass die Bezugsmarker in dem Bild dargestellt sind und für den Messfühler zugänglich sind. Die einen jeden prominenten Punkt oder Marker definierenden Daten werden dem Computer zugeführt, beispielsweise durch Positionieren eines Cursors über die Darstellung des Punktes auf dem Anzeigeschirm **95**. Wenn der Arzt den Messfühler **28** mit einem jeden der prominenten Punkte oder Bezugsmarker in Eingriff bringt, stellt er einen manuellen Input für den Computer her, woraufhin der Computer die derzeitige Position des Messfühlers **28** im Referenzrahmen der Feldwandler **100** als die Position des prominenten Punktes oder Markers in dem Referenzrahmen aufzeichnet. Daten, die die Position von einem jeden derartigen Punkt oder Marker in den Bildreferenzrahmen definieren, werden mit den Daten kombiniert, die dieselben Punkte im Referenzrahmen der Feldwandler **100** definieren, um zu einem Transpositionsvektor betreffend die zwei Referenzrahmen zueinander zu gelangen. Alternativ kann beispielsweise die Kontur eines rigiden Elementes im Patientenkörper, wie beispielsweise das Gesicht des Patienten, mit der Messfühlerspitze skizziert werden und mit der gleichen Kontur in den Bildreferenzrahmen abgeglichen werden. In einem weiteren Ansatz können ein oder mehrere Registrierungsmarkerfeldwandler **70** auf Bezugsmarkern bereitgestellt werden, die an dem Patienten vor der Aufnahme befestigt werden. Das System verfolgt die Anordnung der Registrierungsfeldwandler in dem Referenzrahmen der Feldwandler **100** in der gleichen Art und Weise, wie es die Anordnung der Messfühlerwandler **30** verfolgt, so dass die Positionen der Bezugsmarker in dem Feldwandlerreferenzrahmen bekannt sind.

[0040] Ein wesentlicher Vorteil, der durch die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wird, wo die Referenzfeldwandler direkt an dem Patienten angebracht sind, ist der, dass die Wandler einen Referenzrahmen definieren, der bezüglich des Patienten fixiert ist. In vielen Fällen wird die Notwen-

digkeit, dass der Patient fest in einer gegebenen Position zum Patientenbett fixiert wird, eliminiert, beispielsweise wo die Referenzfeldwandler an steife Abschnitte des Patientenkörpers (wie beispielsweise am Kopf) befestigt sind. Dies liegt daran, dass es nicht länger notwendig ist, die Relativbewegung zwischen dem Patienten und dem Referenzrahmen, der durch die Referenzfeldwandler definiert wird, die typischerweise an dem Patientenbett angebracht oder an einer Wand oder Decke befestigt sind, zu verhindern. Zum Beispiel wird für den Fall, dass die Referenzfeldwandler am Kopf angebracht sind, die Bewegung des Kopfes des Patienten zu keiner Relativbewegung des Kopfes bezüglich der Referenzfeldwandler führen, da sie an dem Kopf positioniert sind. Anders gesagt ist der durch die Referenzanordnungen **50** und Referenzfeldwandler **100** definierte Referenzrahmen an dem Patienten fixiert und bewegt sich zusammen mit dem Patienten. Es besteht nicht die Notwendigkeit, diesen Referenzrahmen bezüglich irgendeinem fixierten Referenzrahmen erneut zu kalibrieren oder erneut aufzunehmen.

[0041] Wo die Referenzwandler nicht relativ zueinander fixiert sind, wie in dem Fall, wo die Referenzwandler an flexiblen oder beweglichen Teilen der Anatomie des Patienten angebracht sind, muss das System die Position der Referenzanordnungen relativ zueinander erneut kalibrieren. Eine derartige erneute Kalibrierung wird durchgeführt durch Wiederholen der Kalibrierungsschritte, die oben diskutiert wurden, einschließlich Betreiben der Kalibrierungsfeldwandler und Berechnung der relativen Anordnungen der Referenzanordnungen. Die erneute Kalibrierung kann periodisch, beispielsweise alle wenige Sekunden während des Betriebs vorgenommen werden. Bevorzugterweise wird die erneute Kalibrierung jedes Mal dann vorgenommen, wenn die Anordnung des Messfühlers **28** bestimmt wird. Das System kann somit zyklisch arbeiten. Ein jeder Zyklus umfasst eine Kalibrierungsphase, in der die relativen Anordnungen der Referenzanordnungen und der Feldwandler festgestellt werden, und eine Messphase, in der die Position und/oder Orientierung des Messfühlers **28** in dem Referenzrahmen der Referenzanordnungen und Feldwandler **100** bestimmt wird. Der Zyklus kann auch das erneute Kalibrieren von Deckungsinformationen einschließen, als, z. B., die Position von einem oder mehreren Bezugsmarkerdeckungswandlern **70**. Selbst wo die Referenzanordnungen an einem festen Abschnitt des Körpers angebracht sind, ist ein periodisches erneutes Kalibrieren als eine Versicherung gegen unbeabsichtigte Bewegung der Referenzanordnungen wünschenswert.

[0042] In den oben beschriebenen Ausführungsformen sind die verschiedenen Wandler zeitlich mehrfach genutzt. Zum Beispiel werden die verschiedenen Referenzfeldwandler zu verschiedenen Zeiten während eines jeden Kalibrierungszyklus bewegt. Andere Multiplex-Schemata, wie beispielsweise Frequenzmultiplex- und Codemultiplex-Schemata kön-

nen ebenfalls verwendet werden. Auch sind, in den oben diskutierten Anordnungen, alle Referenzfeldwandler angeordnet, um Magnetfelder zu übertragen, wohingegen die Kalibrierungsfeldwandler und Messfühlerfeldwandler angeordnet sind, um derartige Felder nachzuweisen. Die umgekehrte Anordnung, bei der die Messfühler-Kalibrierungsfeldwandler Transmitter sind und die Referenzfeldwandler Detektoren sind, kann auch verwendet werden.

[0043] In einer noch weiteren möglichen Anordnung umfassen die Kalibrierungsfeldwandler einige Transmitter und einige Detektoren, so dass Relativpositionen der verschiedenen Referenzanordnungen **50** durch das Übertragen von Feldern zwischen Kalibrierungstransmittern auf verschiedene Wandleranordnungen bestimmt werden kann. Eine Anordnung für gemischten Betrieb, bei der Referenz- und Messfühlerwandler eine Art von Feld verwenden und die Kalibrierungswandler einen anderen Typ von Feld verwenden, kann ebenfalls verwendet werden. Zum Beispiel können in einem System, das magnetische oder elektromagnetische Referenzwandler verwendet, die Kalibrierungsfeldwandler akustische oder optische Wandler sein. Ebenso können die verschiedenen Feldwandler mehr oder weniger Empfindlichkeitsachsen als jene aufweisen, die oben diskutiert wurden. Zum Beispiel können die Referenzfeldwandler Mehrachsenfeldwandler sein, wohingegen der Messfühlerfeldwandler ein Einachsenfeldwandler sein kann. Insbesondere wo die Referenzfeldwandler Mehrachsenfeldwandler sind, wie beispielsweise Mehrachsenpulen, können die Referenzfeldwandler auch als Kalibrierungswandler verwendet werden. Das heißt, dass die relativen Anordnungen der Referenzanordnungen nur durch Nachweisen von Signalen abgeleitet werden kann, die zwischen den Referenzfeldwandlern auf verschiedenen Anordnungen übertragen werden.

[0044] In einer noch weiteren Ausführungsform wird der Messfühlerfeldwandler, oder ein weiterer beweglicher Feldwandler, an Stelle des Kalibrierungswandlers verwendet. Während des Kalibrierungsschrittes wird der bewegliche Feldwandler sukzessiv in die verschiedenen Kalibrierungsmessfühlerbuchsen **314** von einer jeden Feldanordnung eingeführt, während jede Referenzspule bewegt wird. Zum Beispiel kann die Messfühlerspitze **28** von Buchse zu Buchse bewegt werden. Vorausgesetzt, dass die Messfühlerbuchsen den beweglichen Wandler an bekannten Positionen an einer jeden Referenzanordnung positionieren und vorausgesetzt, dass die Referenzanordnungen sich nicht relativ zueinander während des Kalibrierungsschrittes bewegen, liefert diese Verfahrensweise die gleiche Information wie das gleichzeitige Erheben von Mehrfachkalibrierungsmessfühlersignalen in den oben beschriebenen Ausführungsformen.

[0045] Wie in **Fig. 5** gezeigt kann eine Referenzwandleranordnung eine Spule oder einen Referenzwandler **100'** umfassen, der zwischen einer obe-

ren oder hinteren flexiblen Schicht **102** und einer unteren oder vorderen flexiblen Schicht **104** angebracht ist. Ein doppelseitiges Klebeband **106** kann auf der Bodenoberfläche der unteren Schicht **104** befestigt sein, so dass die gesamte Spulenanordnung leicht am Patienten befestigt werden kann. Ein oder mehrere Referenzwandler **52** können auf einer derartigen Anordnung angebracht sein, wie auf der oberen Schicht **102**.

[0046] In den oben diskutierten Ausführungsformen sind die Referenzwandler auf dem Patienten angebracht. Die unabhängig positionierbaren Referenzwandler können jedoch auch an anderen Stellen nahe dem Patienten angebracht sein. Wendet man sich nun **Fig. 6** zu, so wird eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bereitgestellt, wo die Referenzfeldwandler mit der gemeinsamen Struktur verbunden sind, aber noch unabhängig zueinander beweglich sind. Hier wird ein gemeinsamer Trägerarm **200** bereitgestellt, an dem eine Anzahl von Doppelbogenarmen **205** angebracht ist, an denen Referenzfeldwandler **210** befestigt sind. Ein einstellbarer Befestigungsmechanismus **215** wird zur Befestigung der spulentragenden Struktur am Patientenbett oder einer anderen erwünschten Stelle bereitgestellt. Die relativen Positionen der Feldwandler zueinander können bestimmt werden, nachdem sie wie oben beschrieben positioniert sind. Es sollte anerkannt werden, dass es eine Reihe von anderen wirksamen Wegen gibt, um die Referenzfeldwandler an eine gemeinsame Trägerstruktur zu befestigen, um eine unabhängige Bewegung der Wandler zu erlauben, wie beispielsweise durch Verwendung von biegbaren Drahtarmen, Armen mit einstellbaren Verbindungsmechanismen oder andere derartige einstellbare Rahmen.

[0047] Eine noch weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 7** gezeigt, in der ein einzelner blattähnlicher Träger **220** bereitgestellt wird, an dem die Referenzfeldwandler **225** befestigt sind. Bei dieser Ausführungsform kann das Blatt über oder unter dem Patienten positioniert werden und ein jeder der Wandler kann zu einer erwünschten Stelle bewegt werden durch Zusammenziehen von überschüssigem Material des Blattes. Alternativ kann das Blatt aus einem steifen, jedoch hinreichend flexiblen Material hergestellt werden, um zu erlauben, dass das Blatt in eine jegliche erwünschte Position gebogen wird, um eine Anpassung der Positionen der Feldwandler zu erlauben.

[0048] Die Spulen- oder Wandleranordnungen der vorliegenden Erfindung lösen eine Anzahl von Problemen, die mit fixierten, nichtbeweglichen Spulensystemen verbunden sind. Zum Beispiel können nichtbewegliche Spulensysteme den Zugang des Chirurgen stören. Nichtbewegliche Spulensysteme können im allgemeinen nicht über dem Patienten angeordnet werden, da sie die Ausleuchtung blockieren würden, und können auch nicht unterhalb des Patienten angeordnet werden, wo ein Metall eine Interfe-

renz verursachen würde und nicht alle Betten ausgetauscht oder nachträglich angepasst werden können, um dieses Problem zu lösen. Darüber hinaus sind mit nichtbeweglichen Spulen Kartierungsvolumina mit hoher Genauigkeit zu klein, als dass sie nützlich wären, wenn die Spulen nicht von Moment zu Moment bewegt werden können.

[0049] Die vorliegende Erfindung löst diese Probleme, da die Referenzfeldwandler in einer weniger aufdringlichen Art und Weise angeordnet werden können und während des Eingriffes sogar aus dem Weg oder zu einer neuen Stelle bewegt werden können. Darüberhinaus können die Wandler näher zu dem interessierenden Bereich bewegt werden, um eine bessere Konzentration der Felder und ein besseres Ergebnis zu liefern. Die vorliegende Erfindung erlaubt weiterhin die Verwendung von noch kleineren Referenzwandlern, da es nicht länger notwendig ist, große Spulen bereitzustellen, um Felder über einen großen Bereich zu erzeugen, um eine breite Abdeckung zu gewährleisten. In bevorzugten Ausführungsformen können die Wandler Einwegwandler sein, was ein leichtes Ersetzen von beschädigten oder kontaminierten Wandlern erlaubt und die Verwendung von Wandlern mit verschiedenen Größen und Typen für verschiedene Anwendungen. Ein Kit aus solchen Referenzfeldwandlern, mit oder ohne den Kalibrierungsfeldwandlern, kann auch für den Arzt bereitgestellt werden und kann identische Wandler oder Wandler in verschiedenen Größen für verschiedene Anwendungen enthalten.

[0050] Die vorliegende Erfindung kann auch in Verbindung mit dem in der US-Patentanmeldung Nr. 08/476,380 beschriebenen System verwendet werden. In der Anmeldung '380 wird eine Rückkopplung verwendet, um die an den Referenzfeldwandlern oder Spulen angelegten Ströme einzustellen, um zu gewährleisten, dass der Sensor auf dem Messfühler Felder innerhalb eines vorab ausgewählten Größensbereiches empfängt, unabhängig von der Position des Messfühlers. Dies gewährleistet, dass der Sensor innerhalb seines optimalen Bereiches arbeitet und erlaubt die Verwendung von kompakten Transmittern und Sensoren. Somit können die Rückkopplungstechniken, die in der Anmeldung '380 offenbart sind, im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um die Stärke der durch die Referenzfeldwandler und/oder die Messfühlerfeldwandler erzeugten nicht-ionisierenden Felder einzustellen.

[0051] Die vorliegende Erfindung kann weiter in Verbindung mit dem in der PCT-Anmeldung, die am gleichen Tag zusammen mit dieser unter dem Titel „Medical Procedures And Apparatus Using Intrabody Probes“ eingereicht worden ist und die Priorität der US Provisional Anmeldungen Nr. 60/012,275, eingereicht am 26. Februar 1996, 60/011,721, eingereicht am 15. Februar 1997 und 60/031,825, eingereicht am 26. November 1996, beansprucht und die in üblicher Weise auf den Anmelder der vorliegenden Anmeldung übertragen worden ist, beschriebenen Mehr-

fachmessfühlersystem verwendet werden. In bevorzugten Ausführungsformen dieses Systems wird ein medizinischer Messfühler wie beispielsweise ein Katheter innerhalb des Körpers eines Patienten durch Bestimmen der Relativanordnungen des Messfühlers zu einem weiteren Messfühler durch Übertragen von nicht-ionisierender Strahlung zu oder von Feldwandlern geführt, die an beiden Messfühlern angebracht sind. Insbesondere kann ein Positionsmessfühler an eine Läsion innerhalb des Körpers befestigt werden und ein Instrumentenmessfühler zur Behandlung der Läsion zu der Läsion durch Überwachen der relativen Positionen der Messfühler geführt werden. In vielen Ausführungsformen des Systems ist es nicht erforderlich, die Positionen der Messfühler mit bildgebenden Daten zur Deckung zu bringen, oder die Messfühlerpositionen auf Bildern zu überlagern. Die unabhängig beweglichen Referenzfeldwandleranordnungen der vorliegenden Erfindung können deshalb mit dem Positionsmessfühler/Instrumentenmessfühlersystem, mit oder ohne gleichzeitige Patientenabbildung, verwendet werden, um die Anordnungen der Messfühler im Referenzrahmen zu lokalisieren, der durch die Referenzfeldwandler definiert ist. Solange die Anordnungen beider Messfühler im selben Referenzrahmen gefunden werden, kann die relative Anordnung der beiden Messfühler bestimmt werden. Zum Beispiel können die relativen Anordnungen gut bestimmt werden, selbst wenn sich die Referenzfeldwandler relativ zueinander bewegen (wie in dem Fall, wo die Feldwandler auf weichem Gewebe angebracht sind), vorausgesetzt, dass das System erneut kalibriert wird, um die Anordnungen der Feldwandler relativ zueinander während eines jeglichen Zyklus oder wann immer eine Bewegung erfolgt, zu aktualisieren. In einer weiteren Variante, wo die Referenzfeldwandler auf Teilen des Körpers angebracht sind, die wiederholte natürliche Bewegung zeigen, wie beispielsweise auf der Brust oder einem anderen Bereich, der sich wiederholt im respiratorischen Zyklus bewegt, kann das System an einem speziellen Punkt innerhalb des natürlichen Bewegungszyklus kalibriert (z. B. Ende des Einatmens oder Ende des Ausatmens) und bewegt werden, um die Position eines Messfühlers an dem gleichen Punkt in dem natürlichen Bewegungszyklus zu bestimmen. Ein derartiges System kann auch verwendet werden, wo die Überlagerung der Messfühlerdarstellung auf einem zuvor aufgenommenen Bild erwünscht ist wie, z. B., wenn das Bild ein Bild ist, das an dem gleichen Punkt des natürlichen Bewegungszyklusses aufgenommen worden ist.

[0052] Eine überragende Rauschabstandsleistung wird auch mit den unabhängig positionierbaren Referenzfeldwandlern der vorliegenden Erfindung erreicht. Im allgemeinen gibt es bei der Verwendung von einem oder mehreren Referenzfeldwandlern in einem Messfühlerlokalisierungssystem einen Volumenbereich, der mit den Feldwandlern verbunden ist, in dem der Rauschabstand der Anordnung optimiert

ist (ein sogenannter „optimaler Bereich“), wo Feldmessungen mit hoher Genauigkeit durch einen Messfühlerwandler gemacht werden können. Mit früheren Messfühlerlokalisierungssystemen, bei denen die Referenzwandler in fixierten Positionen über dem Patientenbett angebracht sind, wird dieser optimale Bereich typischerweise einen großen Bereich umfassen, um alle möglichen interessierenden Bereich abzudecken. Zum Beispiel kann ein System erforderlich sein, das am Bett angebrachte Wandler verwendet, um den Messfühler im Thorax eines Patienten und im Kopf eines anderen Patienten zu lokalisieren. Je größer der optimale Bereich jedoch ist, umso schwieriger ist es, einen hohen Rauschabstand über einen solchen Bereich zu erhalten. Mit den unabhängig positionierbaren Wandleranordnungen der vorliegenden Erfindung kann dieser optimale Bereich kleiner und höher konzentriert ausgestaltet werden. Für ein jedes Verfahren kann der optimale Bereich konfiguriert werden, um die Region abzugleichen, wo der Messfühler verfolgt werden soll. Entsprechend können bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung einen erhöhten Rauschabstand verglichen mit einer festen Wandleranordnung erreichen, die die gleichen Wandler in einer großen fixierten Anordnung verwendet. Die Rauschabstandsleistung des Systems kann auch von den Eigenschaften des Messfühlerwandlers abhängen. Die gesteigerte Leistung, die durch bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wird, kann eine akzeptable Rauschabstandsleistung mit einem weniger empfindlichen Messfühlerwandler bereitstellen, was wiederum die Miniaturisierung des Messfühlerwandlers und des Messfühlers erleichtert.

[0053] Alternativ kann der durch die bewegliche Wandleranordnung bereitgestellte Vorteil die Verwendung von kleineren, billigeren und weniger aufdringlichen Referenzmessfühlern erlauben, während eine zufriedenstellende Leistung beibehalten wird. Weiterhin können die Referenzfeldwandler positioniert werden, um eine optimale Leistung in dem Bereich zu erreichen, ohne den Zugang des Arztes zum Patienten zu stören. Lediglich als Beispiel können, wo der Chirurg durch eine Kraniotomie auf der linken Seite des Kopfes operieren wird, die Referenzanordnungen hinten, oben und an der rechten Seite des Kopfes angeordnet sein.

[0054] Ein noch weiterer Vorteil der hierin offenbarten Ausführungsformen besteht in der Fähigkeit, eine Anpassung der Referenzfeldwandler bereitzustellen, wenn sie bewegt werden oder wenn die anfängliche Positionierung der Referenzfeldwandler ein schlechtes Ergebnis liefert. Der Chirurg kann somit die Referenzanordnungen neu ausrichten oder sogar zusätzliche Referenzanordnungen während eines Eingriffes hinzufügen.

[0055] Es wird weiter anerkannt werden, dass obwohl Aspekte der obigen bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf ein System zur Positionsbestimmung auf der Grundlage von Magnetfel-

dem beschrieben worden ist, die vorliegende Erfindung in gleicher Weise auf andere Arten von Positionsbestimmungssystemen, die in der Technik bekannt sind, anwendbar ist, so beispielsweise auch auf Systeme, die andere Formen von Feldwandlern verwenden, wie beispielsweise jene, die elektromagnetische, magnetische, akustische, optische, Ultraschall- oder andere nicht-ionisierende Felder abstrahlen und nachweisen.

[0056] Das Verfahren der Verwendung von Kalibrierungsfeldwandlern zum Kalibrieren der Relativpositionen der Referenzwandler zueinander gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch verwendet werden, um die Art und Weise zu ersetzen oder zu vergrößern, wie die Relativpositionen der verknüpften Referenzfeldwandler bestimmt werden, die in der Anmeldung mit dem Titel „Movable Transmit Or Receive Cores for Location System“ offenbart sind, die am gleichen Tag wie die vorliegende Anmeldung eingereicht und auf den Anmelder der vorliegenden Anmeldung übertragen wurde. Dass nämlich anstelle der Verwendung einer Rotationsmessvorrichtung wie einer optischen Schrittgebervorrichtung, die erlaubt, dass der Winkel zwischen den den Wandler tragenden Armen genau bestimmt wird, so dass die Relativpositionen von Referenzfeldwandlern bekannt sind, Kalibrierungsfeldwandler, wie hierin offenbart, verwendet werden können.

[0057] Da diese und andere Änderungen und Kombinationen der oben beschriebenen Merkmale verwendet werden können, ohne von der vorliegenden Erfindung abzuweichen, sollte die vorstehende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen zur Veranschaulichung und nicht zur Beschränkung der in den Ansprüchen definierten Erfindung verstanden werden.

Patentansprüche

1. System zum Bestimmen der Anordnung eines Messfühlers innerhalb des Körpers eines Patienten, umfassend:

- (a) einen Messfühler mit einem oder mehreren daran befestigten Messfühlerfeldwandlern;
- (b) eine Vielzahl von Referenzfeldwandlern, die unabhängig zueinander beweglich sind und in erwünschten, patientengerecht anpassbaren Positionen bezüglich des Körpers des Patienten angeordnet werden können;
- (c) Kalibrierungsmittel zum Bestimmen der relativen Anordnungen der Referenzfeldwandler zueinander, während die Referenzfeldwandler an ihren erwünschten Positionen angeordnet sind;
- (d) Übertragungsmittel zum Betätigen der Referenzfeldwandler und des einen oder der mehreren Messfühlerfeldwandler, um ein oder mehrere nicht-ionisierende Felder zu übertragen und das übertragene Feld nachzuweisen, so dass ein jedes derartige Feld durch ein Element eines Sender-Empfänger-Paares, das einen Referenzfeldwandler und ei-

nen Messfühlerfeldwandler einschließt, übertragen und durch das andere Element eines derartigen Paares nachgewiesen wird; und

(e) Berechnungsmittel zum Bestimmen der relativen Anordnung des Messfühlers hinsichtlich des Referenzfeldwandlers aus Eigenschaften des nachgewiesenen Feldes und aus den Relativanordnungen der Referenzfeldwandler zueinander.

2. System nach Anspruch 1, wobei das Kalibrierungsmittel und das Berechnungsmittel funktionsfähig sind, um die Anordnungen der Referenzfeldwandler erneut zu bestimmen, die sich relativ zueinander verändert haben, und um die Anordnung des Messfühlers auf der Grundlage der erneut bestimmten Anordnungen der Referenzfeldwandler erneut zu bestimmen.

3. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Referenzfeldwandler mechanisch nicht miteinander verbunden sind.

4. System nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl der Referenzfeldwandler flexibel miteinander verbunden sind, um zu erlauben, dass sich ein jeder der Referenzfeldwandler unabhängig von den anderen bewegt.

5. System nach Anspruch 1, wobei die Übertragungsmittel funktionsfähig sind, um die Felder von den Referenzfeldwandlern zu übertragen und das Nachweismittel das übertragene Feld durch einen oder mehrere der Messfühlerfeldwandler nachweist.

6. System nach Anspruch 1, wobei die Übertragungsmittel funktionsfähig sind, um die Felder von einem oder mehreren der Messfühlerfeldwandler zu übertragen und das Nachweismittel die übertragenen Felder durch die Referenzfeldwandler nachweist.

7. System nach Anspruch 1, weiter umfassend Mittel zum Übersetzen der Anordnung des Messfühlers relativ zu den Referenzfeldwandlern in eine bekannte Anordnung relativ zum Körper des Patienten.

8. System nach Anspruch 7, weiter umfassend Darstellungsmittel, um die Anordnung des Messfühlers überlagert mit einem, einen Teil des Patienten darstellenden Bildes darzustellen.

9. System nach Anspruch 8, weiter umfassend Mittel zum Beibehalten der Lagegenauigkeit zwischen dem Referenzrahmen des Referenzfeldwandlers und dem Bild trotz Änderungen in der Anordnung der Referenzfeldwandler relativ zum Körper des Patienten.

10. System nach Anspruch 1, wobei die Kalibrierungsmittel ein oder mehrere Kalibrierungsfeldwandler umfassen, die an wenigstens einem der Referenz-

feldwandler befestigt sind, und die Kalibrierungsmittel die relative Anordnung der Referenzfeldwandler zueinander durch Nachweisen nicht-ionisierender Felder, die zu oder von den Kalibrierungsfeldwandlern übertragen werden, bestimmen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

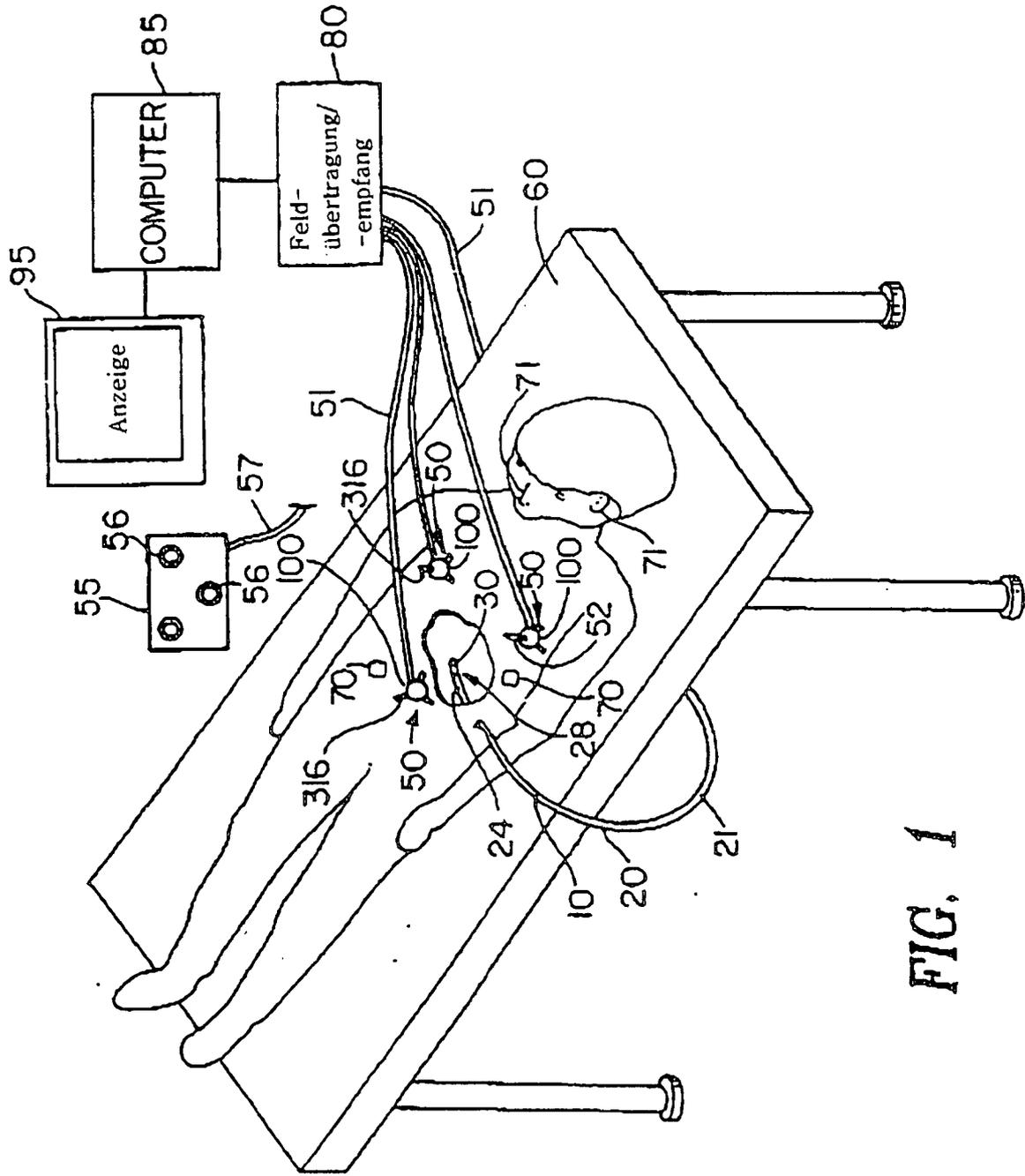


FIG. 1

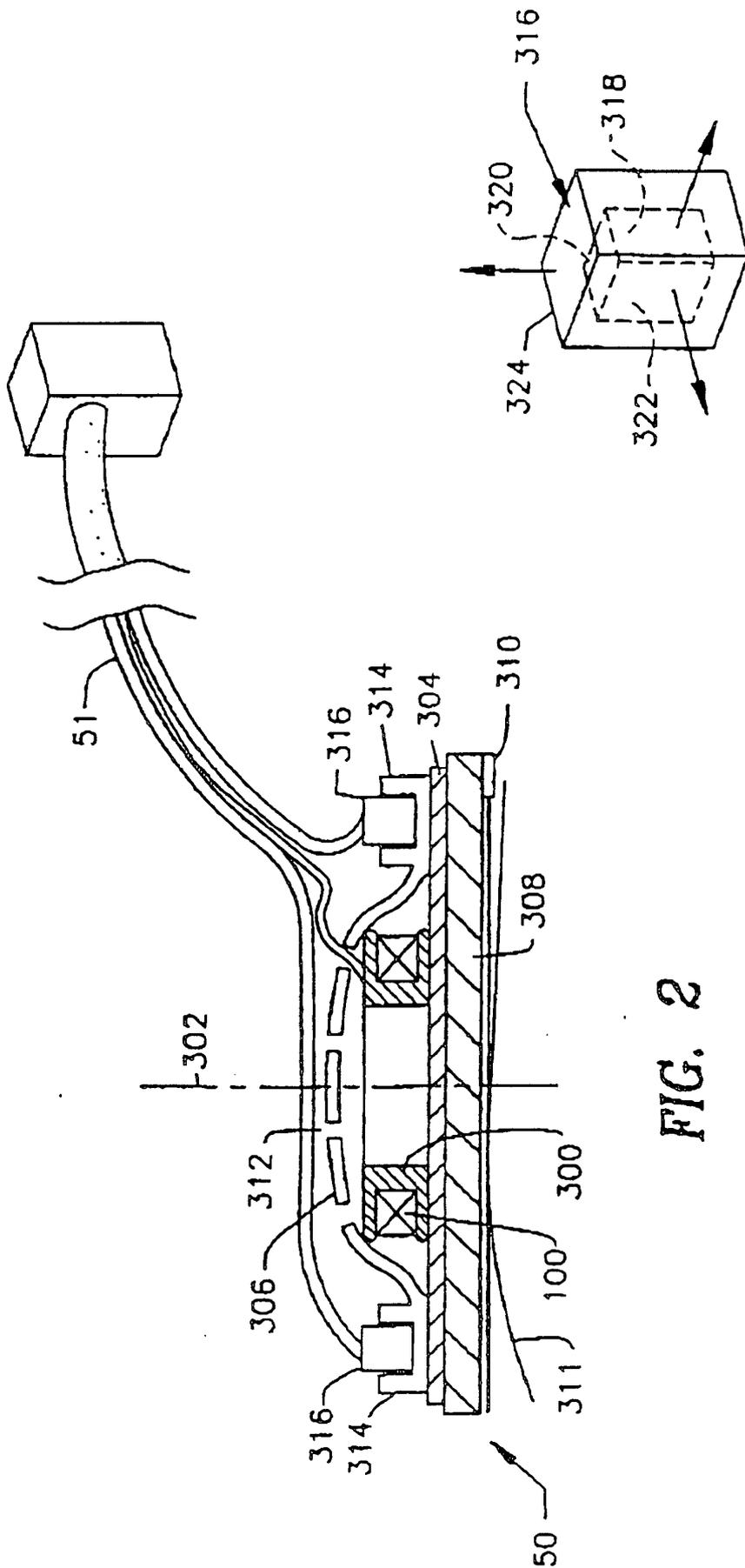


FIG. 2

FIG. 3

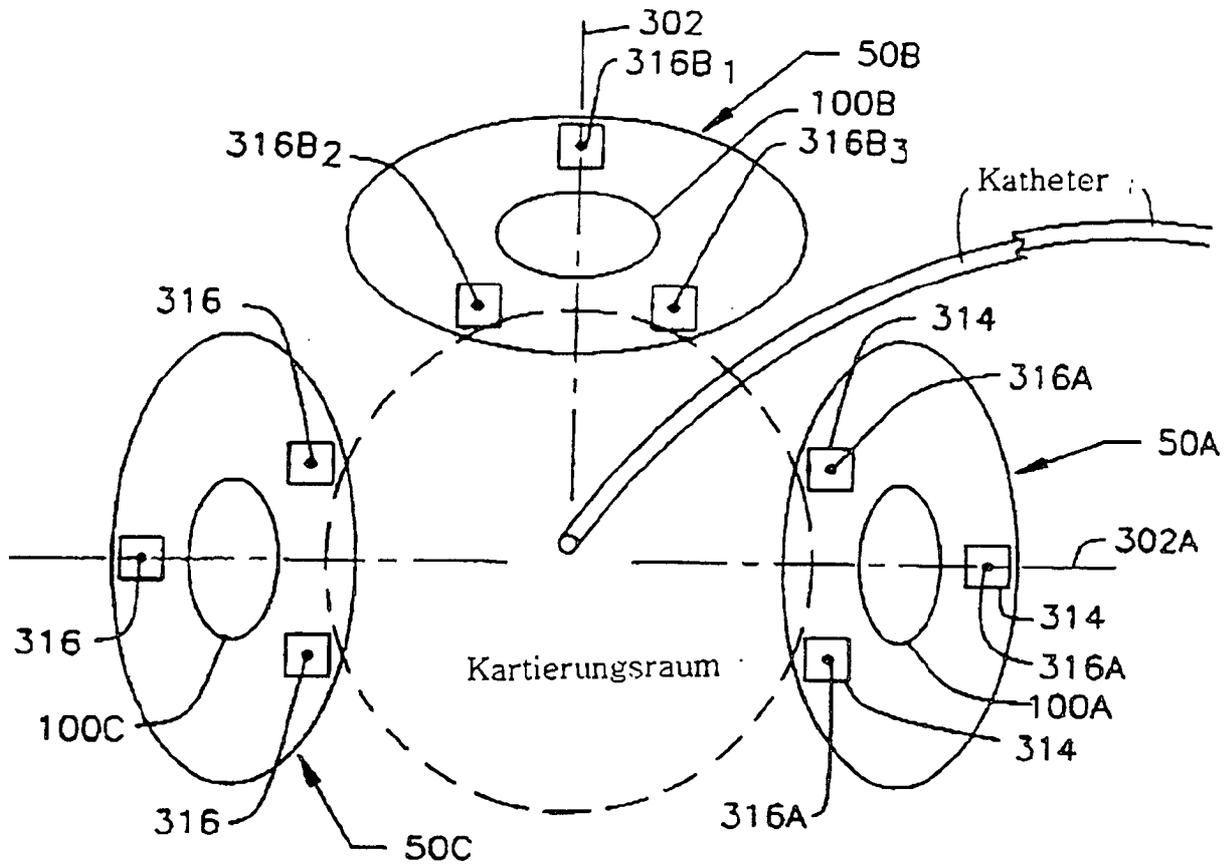


FIG 4

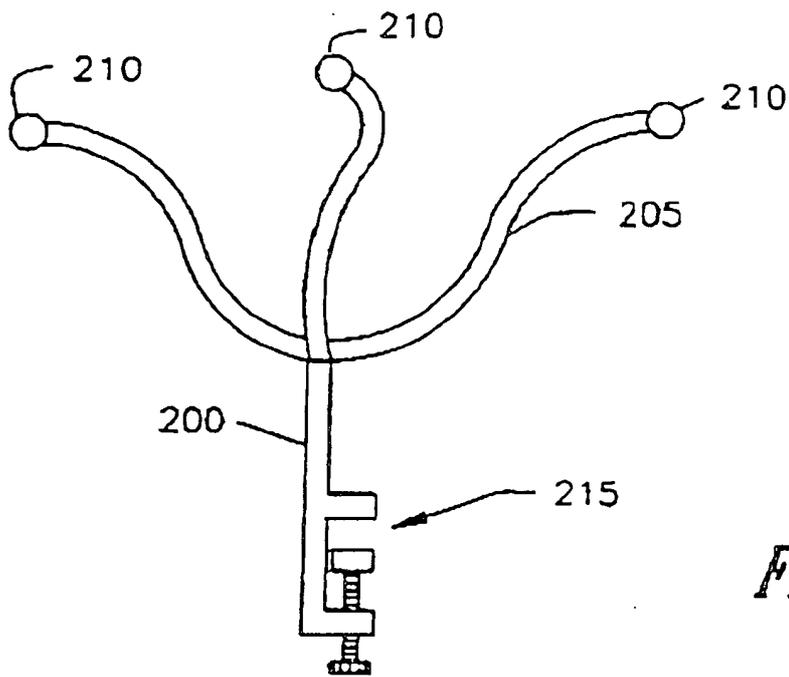


FIG 6

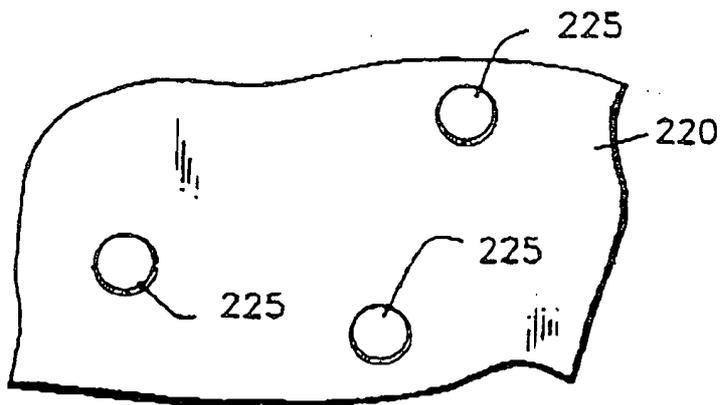


FIG 7

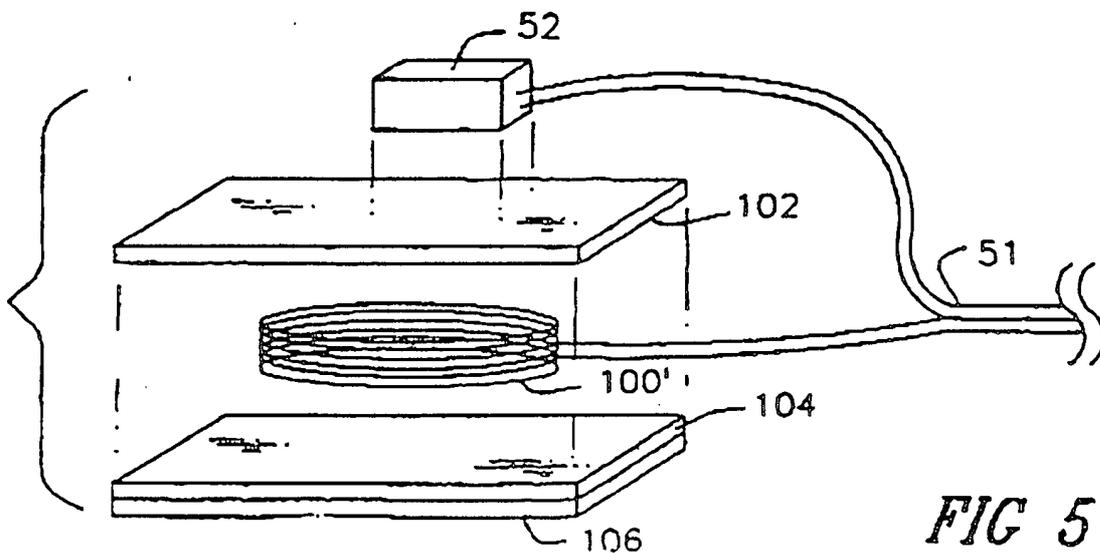


FIG 5