



(10) **DE 10 2015 109 371 A1** 2016.12.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 109 371.5**
(22) Anmeldetag: **12.06.2015**
(43) Offenlegungstag: **15.12.2016**

(51) Int Cl.: **A61B 34/30 (2016.01)**
A61B 17/00 (2006.01)
B25J 13/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
avateramedical GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Seeber, Marcel, 07745 Jena, DE

(74) Vertreter:
**Schaumburg und Partner Patentanwälte mbB,
81679 München, DE**

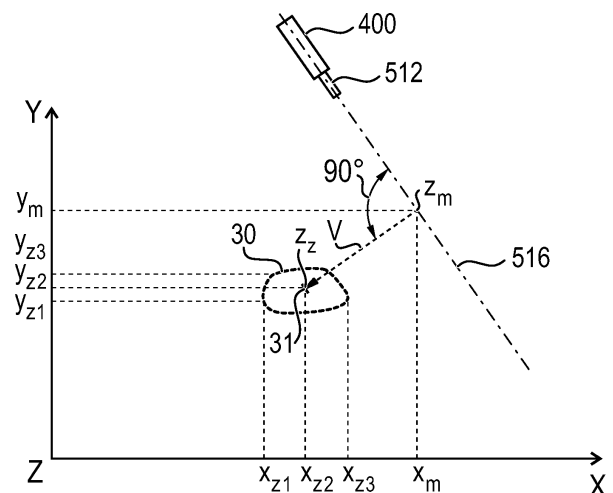
(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 691 12 538 T2
DE 693 22 202 T2

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur robotergestützten Chirurgie**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie sowie ein Verfahren zur Unterstützung beim Positionieren eines Manipulatorarms (16) einer Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie. Die Vorrichtung umfasst eine Instrumenteneinheit (300), die mit einer Koppereinheit (100) des Manipulatorarms (16) verbunden wird. Die Instrumenteneinheit (300) hat ein chirurgisches Instrument (500) mit einem Instrumentenschaft (512), dessen proximales Ende (514) durch eine Körperöffnung eines Patienten (18) zu einem Zielgebiet (30, 31, 916) führbar ist. Bei einer Verbindung der Instrumenteneinheit (300) mit der Koppereinheit (100) wird der zur Längsachse (510) des Instrumentenschafts (512) des chirurgischen Instrumentes (500) orthogonale Abstandsvektor (V) zwischen der Längsachse (510) und dem durch die Koordinaten (x_z , y_z , z_z) festgelegten Zielgebiet (30, 31, 916) ermittelt. Es wird eine erste Steuerinformation erzeugt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors (V) einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet. Eine Ausgabereinheit (41, 47) gibt abhängig von der ersten Steuerinformation ein Signal aus.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur robotergestützten Chirurgie zur Unterstützung beim Positionieren eines Manipulatorarms in einem Koordinatensystem einer Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie. Die Vorrichtung hat eine Instrumenteneinheit, die ein chirurgisches Instrument mit einem Instrumentenschaft umfasst. Das proximale Ende des Instrumentenschafts ist durch eine Körperöffnung eines Patienten zu einem Zielgebiet führbar. Die Instrumenteneinheit ist mit einem Manipulatorarm der Vorrichtung verbindbar.

[0002] In der minimalinvasiven Chirurgie werden zunehmend sogenannte Telemanipulatorsysteme, die auch als Roboterassistenzsysteme oder allgemein als Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie bezeichnet werden, eingesetzt. Mit Hilfe einer Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie werden chirurgische Instrumente aufgrund von Bedieneingaben in ihrer Lage und Orientierung gesteuert. Die chirurgischen Instrumente werden ferner mechanisch, elektrisch und/oder optisch an das Telemanipulatorsystem angekoppelt, um eine aktive Positionierung und Ausrichtung des chirurgischen Instruments sowie einer gewünschten Betätigung eines chirurgischen Instruments realisieren zu können. Hierzu haben die chirurgischen Instrumente, die neben Instrumenten mit Endeffektoren auch Endoskope und zu bedienende medizinische Geräte umfassen, eine Koppelschnittstelle, die als Koppereinheit ausgebildet sein kann und auch als Sterileinheit bezeichnet wird. Die Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie hat ferner mindestens einen Manipulatorarm, an dessen proximalen Ende die Koppereinheit vorgesehen ist, mit der die Sterileinheit verbindbar ist, um die mechanische, elektrische und/oder optische Kopplung zwischen dem Manipulatorarm und dem chirurgischen Instrument zu ermöglichen.

[0003] Es sind Vorrichtungen bekannt, bei denen die Manipulatorarme und die Koppereinheiten der Manipulatorarme nicht steril und die chirurgischen Instrumente steril sind. Das sterile Operationsfeld wird von den nicht sterilen Elementen des Telemanipulatorsystems mit Hilfe einer sterilen Abdeckung geschützt. Diese sterile Abdeckung kann eine Sterilschleuse umfassen, die zwischen der Koppereinheit des Manipulatorarms und der Sterileinheit eines chirurgischen Instruments vorgesehen ist. Eine solche Sterilschleuse ermöglicht das sterile Abdecken der nicht sterilen Koppелеlemente der Koppereinheit des Manipulatorarms nach dem Trennen der Sterileinheit der Instrumenteneinheit von dem Manipulatorarm. Eine solche Anordnung mit einer Sterilschleuse ist beispielsweise aus der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung DE 10 2014 117 407.0 und DE 10 2014 117 408.9 bekannt.

[0004] Ferner ist aus dem Dokument US 7,666,191 B1 ein Telemanipulatorsystem bekannt, bei dem die nicht sterilen Manipulatorarme mittels einer Sterilfolie abgedeckt werden. Die Koppereinheit des Manipulatorarms umfasst vier Rotationsaktuatoren, die mit einer ersten Seite eines in der Sterilfolie integrierten Steriladapters gekoppelt werden. Dieser Steriladapter umfasst vier integrierte drehbar gelagerte Übertragungsmittel, die zwischen der Koppereinheit des Manipulatorarms und der Sterileinheit eines chirurgischen Instruments zwischengeschaltet sind.

[0005] Aus dem Dokument DE 102 42 953 A1 ist bekannt, einen Datensatz von einem Patientenkörper mit Hilfe eines bildgebenden Verfahrens zu erzeugen und in einem Koordinatensystem darzustellen. Weiterhin werden drei nicht in einer Ebene liegende Referenzpunkte mit dem Koordinatensystem in Verbindung gebracht.

[0006] Bei der Einrichtung bekannter Vorrichtungen zur robotergestützten Chirurgie werden die Eintrittspunkte der chirurgischen Instrumente bei einem auf einem Operationstisch liegenden Patienten festgelegt und davon ausgehend die mit den Manipulatorarmen gekoppelten chirurgischen Instrumente mit den Instrumentenspitzen auf die festgelegten Eintrittsstellen ausgerichtet. Das Ausrichten der Instrumente in Bezug auf ein Zieloperationsgebiet erfolgt durch das Bedienpersonal ausgehend von dessen Erfahrungsschatz. Eine technische Überwachung oder Kontrollmöglichkeit der Ausrichtung des Manipulatorarms des chirurgischen Instruments in Bezug auf das Zieloperationsgebiet ist im Stand der Technik nicht vorgesehen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur robotergestützten Chirurgie anzugeben, bei denen eine einfache Ausrichtung der chirurgischen Instrumente einschließlich Endoskopen in Bezug auf ein vorgesehenes Zielgebiet möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Verfahrensanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie hat eine Instrumenteneinheit, die ein chirurgisches Instrument umfasst, dessen proximales Ende durch eine Körperöffnung eines Patienten zu einem durch Koordinaten eines Koordinatensystems der Vorrichtung festgelegten Zielgebiet führbar ist.

[0010] Die Vorrichtung umfasst mindestens einen Manipulatorarm, mit dem die Instrumenteneinheit verbindbar ist. Die Vorrichtung umfasst eine Steuereinheit, die bei einer Verbindung der Instrumenteneinheit mit dem Manipulatorarm den zur Längsachse des Instrumentenschafts orthogonalen Abstandsvektor zwischen der Längsachse und dem durch die Koordinaten festgelegten Zielgebiet ermittelt und die eine erste Steuerinformation erzeugt und vorzugsweise ausgibt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet.

[0011] Durch eine solche Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie wird erreicht, dass der Manipulatorarm einfach derart positioniert werden kann, dass die mit dem Manipulatorarm verbundene Instrumenteneinheit in einer korrekten Position in Bezug auf eine vorgesehene Eintrittsstelle in dem Körper eines zu operierenden Patienten als auch in Bezug auf ein durch Koordinaten x_z , y_z , z_z in einem Koordinatensystem X, Y, Z der Vorrichtung festgelegten Zielgebiet hat. Die Position umfasst dabei insbesondere die Lage und die Ausrichtung der Längsachse eines Instrumentenschafts eines chirurgischen Instruments der Instrumenteneinheit.

[0012] Dadurch ist eine einfache Ausrichtung des Manipulatorarms der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie vor einem operativen Eingriff am Patienten möglich. Hierdurch ist es möglich, dass die Positionierung und Ausrichtung der Manipulatorarme nicht durch einen Arzt sondern durch hierfür geeignetes Personal durchgeführt werden kann. Dem Arzt obliegt dann lediglich die Überprüfung der Position der Instrumenteneinheiten. Ein chirurgisches Instrument im Sinne der Erfindung sind insbesondere Endoskope, wie Stabendoskope, oder chirurgische Instrumente mit einem Endeffektor.

[0013] Vorteilhaft ist es, wenn die Steuereinheit zumindest eine zweite Steuerinformation dann erzeugt und vorzugsweise ausgibt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors einen zweiten voreingestellten Wert hat oder unterschreitet. Durch die zweite Steuerinformation kann somit die korrekte Ausrichtung der Lage der Längsachse des Instrumentenschafts einer Instrumenteneinheit in Bezug auf das Zielgebiet angegeben werden.

[0014] Vorzugsweise ist der zweite voreingestellte Wert Null oder ein dem Wert Null angenäherter Wert, sodass die Längsachse des chirurgischen Instruments durch das Zielgebiet verläuft. Dadurch ist eine besonders einfache Positionierung des Manipulatorarms in Bezug auf seine Position im Raum und seine Orientierung in Bezug auf die Längsachse des chirurgischen Instruments möglich.

[0015] Der ermittelte Betrag des orthogonalen Abstandsvektors ist vorzugsweise der Betrag des kürzesten orthogonalen Abstandsvektors zwischen der Längsachse und dem Zielgebiet.

[0016] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Vorrichtung eine Ausgabeeinheit hat, die aufgrund der ersten Steuerinformation ein erstes akustisches und/oder ein erstes optisches Signal ausgibt und/oder die aufgrund der zweiten Steuerinformation nur ein zweites akustisches oder ein zweites optisches Signal ausgibt. Durch die optischen und/oder akustischen Signale kann eine Bedienperson einfach über die korrekte oder noch zu korrigierende Ausrichtung der mit dem Manipulatorarm verbundenen Instrumenteneinheit informiert werden, sodass auf einfache Weise die korrekte Positionierung des Manipulatorarms vor einem chirurgischen Eingriff unterstützt wird.

[0017] Ferner ist es vorteilhaft, wenn das erste akustische Signal ein an- und abschwellender Ton oder eine Tonfolge mit einer ersten Wiederholffrequenz ist und dass das zweite akustische Signal ein Dauerton ist. Die Tonfolge umfasst dabei vorzugsweise mehrere gleiche Töne. Die Wiederholffrequenz kann mit einer Verringerung des ermittelten Betrags des Abstandsvektors zunehmen, sodass eine Bedienperson über die Wiederholffrequenz über eine Annäherung bzw. Entfernung zum bzw. vom Zielgebiet akustisch informiert wird.

[0018] Die Ausgabe des akustischen Signals kann an der Steuereinheit oder einer Bedienkonsole erfolgen.

[0019] Alternativ oder zusätzlich kann das erste optische Signal ein blinkendes Lichtsignal mit einer ersten Blinkfrequenz sein und das zweite optische Signal ein Dauerlichtsignal. Dabei können das Licht des ersten Lichtsignals und das Licht des zweiten Lichtsignals dieselbe Wellenlänge bzw. dasselbe Wellenlängenspektrum haben. Das blinkende Signal kann insbesondere durch einen gepulsten Lichtstrahl erzeugt werden. Das Dauerlichtsignal kann insbesondere mit Hilfe eines kontinuierlichen Lichtstrahls erzeugt werden. Die Blinkfrequenz kann mit einer Verringerung des Betrags des Abstandsvektors zum Zielgebiet zunehmen und bei einer Vergrößerung des Betrags des Abstandsvektors zum Zielgebiet abnehmen. Die Ausgabe des optischen Signals kann an der Steuereinheit oder einer Bedienkonsole erfolgen.

[0020] Alternativ oder zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn zum Erzeugen des ersten optischen Signals Licht mit einer ersten Wellenlänge und zum Erzeugen des zweiten optischen Signals Licht mit einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge emittiert wird. Zum Erzeugen der optischen Signale wird Licht mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich eingesetzt. Vorzugsweise ist das

Licht der ersten Wellenlänge rotes Licht und das Licht der zweiten Wellenlänge grünes Licht. Hierdurch erfolgt eine Information der Bedienperson über die Position und Ausrichtung des Manipulatorarms, die mit Hilfe der Lichtsignale einfach intuitiv erfasst werden kann. Die Ausgabe des optischen Signals kann an der Steuereinheit oder einer Bedienkonsole, insbesondere auf einem Bildschirm, erfolgen.

[0021] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Instrumenteneinheit über einen mit einer Koppereinheit des Manipulatorarms verbundene Sterilschleuse mit dem Manipulatorarm verbindbar ist. Über diese Sterilschleuse kann eine sterile Trennung der nicht sterilen Koppereinheit von dem sterilen Bereich erfolgen. Beim Koppeln der Sterileinheit der Instrumenteneinheit mit der Sterilschleuse werden vorzugsweise Sterilkappen der Sterilschleuse geöffnet, sodass eine direkte Verbindung zwischen Elementen der Sterileinheit und der Koppereinheit hergestellt werden kann. Vorzugsweise hat die Sterileinheit Sterilkappen, die beim Verbinden der Sterileinheit mit der Sterilschleuse geöffnet werden, sodass eine direkte Verbindung zwischen Übertragungselementen, insbesondere von mechanischen Antriebselementen, zwischen der Koppereinheit und der Sterileinheit möglich ist. Nach dem Trennen der Sterileinheit von der Sterilschleuse werden sowohl die Schleusenklappen als auch die Sterilkappen wieder geschlossen, sodass sowohl die Übertragungselemente der Sterileinheit steril abgedeckt sind als auch die Übertragungselemente der Koppereinheit.

[0022] Ein zweiter Aspekt betrifft ein Verfahren zum Positionieren eines Manipulatorarms in einem Koordinatensystem einer Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie, bei dem die Koordinaten x_z , y_z , z_z eines Zielgebiets eines Patienten ermittelt werden. Zum Positionieren eines Manipulatorarms der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie insbesondere zur Vorbereitung einer Operation an einem Patienten wird eine Instrumenteneinheit mit einer Koppereinheit des Manipulatorarms verbunden. Die Instrumenteneinheit umfasst ein chirurgisches Instrument. Die Längsachse des chirurgischen Instruments ist insbesondere die Längsachse des Instrumentenschafts des chirurgischen Instruments. Bei einer Verbindung der Instrumenteneinheit mit dem Manipulatorarm wird mit Hilfe der Steuereinheit der Betrag eines zur Längsachse orthogonalen Abstandsvektors zwischen der Längsachse und dem durch die Koordinaten x_z , y_z , z_z festgelegten Zielgebiet ermittelt. Es wird ein erstes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben, wenn der ermittelte Betrag einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet. Dadurch wird sichergestellt, dass die Längsachse des chirurgischen Instruments sowohl durch die geplante, insbesondere bereits markierte, oder vorhandene operative Körperöffnung des Patienten als auch durch das Zielgebiet verläuft. Dadurch ist eine ein-

fache intuitive korrekte Positionierung des Manipulatorarms insbesondere zur Vorbereitung der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie für einen chirurgischen Eingriff einfach und möglich. Hierfür ist kein speziell geschultes medizinisches Fachpersonal erforderlich, insbesondere kein Arzt.

[0023] Ferner ist es vorteilhaft, wenn ein zweites optisches und/oder akustisches Signal dann ausgegeben wird, wenn der ermittelte Betrag des Abstandsvektors einen zweiten voreingestellten Wert hat oder diesen unterschreitet. Vorzugsweise ist der zweite voreingestellte Wert Null.

[0024] Der Manipulatorarm wird vorzugsweise manuell so ausgerichtet, dass die Längsachse des Instrumentenschafts durch eine geplante, insbesondere markierte, oder vorhandene operative Körperöffnung des Patienten verläuft. Hierzu kann das Instrument derart ausgerichtet werden, dass die Instrumentenspitze, insbesondere ein Endeffektor, auf die Körperöffnung zeigt oder in einen in die Körperöffnung eingeführten Trokar eingeführt ist. Weiterhin wird der Manipulatorarm so ausgerichtet, dass das erste und/oder zweite optische und/oder akustische Signal ausgegeben wird.

[0025] Es ist vorteilhaft, wenn der Manipulatorarm in einem ersten Schritt so ausgerichtet wird, dass das proximale Ende des Instrumentenschafts auf eine geplante oder vorhandene operative Körperöffnung des Patienten zeigt und somit die Längsachse des Instrumentenschafts durch die geplante oder vorhandene Körperöffnung. Der Manipulatorarm wird dann in einem zweiten Schritt so bewegt, dass der mit Hilfe der Steuereinheit ermittelte Abstand zwischen der durch die geplante oder vorhandene operative Körperöffnung des Patienten verlaufenden Längsachse und dem durch die Koordinaten festgelegten Zielgebiet den zweiten voreingestellten Abstand hat oder unterschreitet, sodass das zweite optische und/oder akustische Signal ausgegeben wird. Der Manipulatorarm wird dazu automatisch durch die Vorrichtung selbst oder manuell bewegt. Auch kann ein Teil der Ausrichtbewegung durch die Vorrichtung selbst automatisch und ein Teil der Ausrichtbewegung manuell durch eine Bedienperson erfolgen.

[0026] Alternativ kann der Manipulatorarm in einem ersten Schritt so ausgerichtet werden, dass der mit Hilfe der Steuereinheit ermittelte Betrag des Abstandsvektors zwischen der Längsachse und der Koordinaten x_z , y_z , z_z des Zielgebiets den zweiten voreingestellten Abstand hat oder unterschreitet. Der Manipulatorarm wird dann in einem zweiten Schritt so ausgerichtet, dass die Längsachse durch die vorhandene oder geplante, insbesondere markierte, operative Körperöffnung des Patienten verläuft und dabei die Längsachse auf das Zielgebiet ausgerichtet bleibt. Dabei kann der Manipulatorarm automatisch

durch die Vorrichtung selbst und/oder manuell durch eine Bedienperson im ersten und/oder zweiten Schritt bewegt werden.

[0027] Durch die aufgezeigten Lösungen der Aufgabe der Erfindung durch die unabhängigen und abhängigen Ansprüche ist es möglich, eine optimale Vorpositionierung der Instrumenteneinheit durch eine manuelle und oder automatische Vorpositionierung der Manipulatorarme der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie zu erreichen.

[0028] Der Manipulatorarm kann eine Teleskopanordnung zum Bewegen der Koppereinheit in Richtung der Teleskopachse der Teleskopanordnung haben. Die Teleskopachse verläuft parallel zur Längsachse des Instrumentenschafts, sodass sich der Instrumentenschaft entlang seiner verlängerten Längsachse beim Ausfahren und Einfahren der Teleskopanordnung bewegt.

[0029] Durch die angegebenen Lösungen erkennt der Bediener, ob die Positionierung (Instrumentenspitze zeigt auf die gewünschte Eintrittsstelle in den Situs) und die Orientierung der Längsachse des Instrumentenschafts (entsprechende Farbe des optischen Signals, beispielsweise Grün, und/oder entsprechender Ton des akustischen Signals) gleichzeitig erfolgreich eingestellt worden sind. In dieser Position kann ein in den Situs eingeführter Trokar optimal mit einer hierfür optional vorgesehenen Koppelschnittstelle des Manipulatorarms verbunden werden. In jedem Fall ist in dieser Position der Manipulatorarm in einer optimalen Ausgangslage für einen geplanten operativen Eingriff.

[0030] Vorzugsweise sind die relevanten Bereiche der Anatomie des Patienten, insbesondere das Zielgebiet, durch die Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z in einem Patientenkoordinatensystem X', Y', Z' bestimmt. Der Koordinatenursprung des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' kann beispielsweise im Kreuzungspunkt der Medianebenen mit der dorsal liegenden Frontalebene sowie einer Transversalebene festgelegt sein. Die Koordinaten des Patientenkoordinatensystems stehen in fester bekannter Beziehung zu einem Koordinatensystem X, Y, Z der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie, sodass die Koordinaten x, y, z von Elementen der Vorrichtung einfach in Koordinaten x', y', z' des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' umrechnen lassen und Koordinaten x', y', z' des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' , wie z. B. die Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z des Zielgebiets, sich einfach in Koordinaten x_z, y_z, z_z des Koordinatensystems X, Y, Z der Vorrichtung umrechnen lassen.

[0031] Beispielsweise können die Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z eines Zielgebiets im Patientenkoordinatensystem X', Y', Z' dadurch bestimmt werden, dass eine manuelle Vermessung des Patienten, z. B. mit Hilfe

eines Maßbandes, durchgeführt wird. Dabei liefert eine zentimetergenaue Bestimmung der Koordinaten x_z, y_z, z_z des Zielgebiets in den Koordinaten des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' und deren Transformation in Koordinaten x_z, y_z, z_z des Koordinatensystems X, Y, Z der Vorrichtung eine vielfache ausreichende Genauigkeit, um das chirurgische Instrument ausreichend gut positionieren und ausrichten zu können. Alternativ kann die Vermessung des Zielgebietes auch direkt in Koordinaten x_z, y_z, z_z des Koordinatensystems der Vorrichtung erfolgen.

[0032] Darüber hinaus liefern moderne Verfahren der Bildgebung, wie z. B. die Computertomographie oder die Magentresonanztomographie Daten, die eine genauere Bestimmung der Koordinaten im Patientenkoordinatensystem X', Y', Z' und davon ausgehend im Koordinatensystem der Vorrichtung ermöglichen.

[0033] Der Schaft der Instrumenteneinheit hat vorzugsweise eine Länge, die im ausgefahrenen Zustand der Teleskopanordnung des Manipulatorarms gerade so lang ist, dass das proximale Ende des Instrumentenschafts ca. 1 cm bis 5 cm tief in einen in den Situs eingeführten Trokar eingeführt wird. In diesen Zustand kann auch eine optional am Manipulatorarm vorhandene Trokar-Halterung mit dem Trokar verbunden werden. Im eingefahrenen Zustand der Teleskopanordnung ist das proximale Ende des Instrumentenschafts durch das Zielgebiet hindurch bewegt worden. Bei einer solchen Ausrichtung des Manipulatorarms ist die Trokar-Halterung quasi automatisch richtig zum Verbinden mit dem Trokar positioniert, wenn das proximale Ende des Instrumentenschafts in den Trokar eingeführt ist.

[0034] In Kombination mit präoperativ ermittelten Daten des Zielgebiets, insbesondere mit Hilfe einer Computertomographie oder Magentresonanztomographie, kann während eines Einricht- und Andockvorgangs mit Hilfe der Instrumenteneinheit nach der zuvor beschriebenen Vorgehensweise die Lage der Verlängerung der Längsachse des Instrumentenschafts zum Zielgebiet auf einem zusätzlichen im Blickfeld des Bedieners angebrachten Monitor dargestellt werden. Vorzugsweise wird hierzu eine zur Längsachse des Instrumentenschaftes orthogonal liegende Schnittebene durch den CT und/oder MRT-Datensatz des Patienten dargestellt. Die Schnittebene durch den CT- und/oder MRT-Datensatz geht durch das Ziel-OP-Gebiet hindurch. Damit erhält der Bediener der akustischen und optischen Information über den Abstand der Längsachse des chirurgischen Instruments zum Zielgebiet eine weitere Entscheidungshilfe, um eine optimale Einrichtung der Manipulatorarme der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie für den geplanten chirurgischen Eingriff vornehmen zu können. Die Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie hat vorzugswei-

se mehrere, insbesondere vier oder fünf, Manipulatorarme, von den vorzugsweise einer mit einem Endoskop verbunden wird und die weiteren Manipulatorarme mit Instrumenteneinheiten mit chirurgischen Instrumenten mit Endeffektoren zum Durchführen des chirurgischen Eingriffs. Insbesondere die für die Instrumenteneinheiten mit diesen chirurgischen Instrumenten mit Endeffektoren vorgesehenen Manipulatorarme werden vorzugsweise nacheinander mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorgehensweise positioniert und ausgerichtet, um nachfolgend die für den chirurgischen Eingriff erforderlichen Manipulationen vorzunehmen. Die Koordinaten des Zielgebiets können dabei vorzugsweise einen räumlichen Bereich angeben, sodass das für die Einrichtung der Manipulatorarme relevante Zielgebiet eine räumliche Dimension hat oder durch einen Punkt definiert sein. Auch kann für jedes chirurgische Instrument ein separates Zielgebiet vorgesehen sein, wobei sich die Zielgebiete zumindest teilweise überlappen können.

[0035] Die Steuereinheit der Vorrichtung zur roboterassistierten Chirurgie dient insbesondere

- zur Eingabe und Speicherung der Koordinaten des Zielgebiets im Patientenkoordinatensystem und/oder Koordinatensystem der Vorrichtung,
- zur Berechnung der Orientierung des einzusetzenden Instrumentes aus den Positionen der Segmente des Manipulatorarms
- zur Ausgabe des optischen und/oder akustischen Signals, z. B. durch Ausgabe der Zustände: Licht aus, nur grünes Licht, nur rotes Licht; oder durch die Zustände: weißes Licht ein, nur grünes Licht ein, nur rotes Licht ein; und/oder durch die Zustände: Ton aus, erste Tonfolge, zweite Tonfolge.

[0036] Besonders vorteilhaft ist es, wenn eine am Manipulatorarm vorhandene Trokar-Halterung mit einem in den Körper des Patienten eingeführten Trokar in einem ersten Schritt verbunden wird. In einem zweiten Schritt wird die Instrumenteneinheit mit der Koppereinheit des Manipulatorarms verbunden, wobei das proximale Ende bzw. die Spitze eines Instrumentenschafts eines chirurgischen Instruments der Instrumenteneinheit in eine Öffnung des Trokars eingeführt wird. Nach dem Verbinden der Instrumenteneinheit mit der Koppereinheit wird vorzugsweise mit Hilfe einer Steuereinheit der zur Längsachse des Instrumentenschafts des chirurgischen Instruments orthogonale Abstandsvektor zwischen dieser Längsachse und dem durch die Koordinaten festgelegten Zielgebiet ermittelt und eine erste Steuerinformation erzeugt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet. Abhängig von der ersten Steuerinformation wird vorzugsweise mit Hilfe einer Ausgabereinheit ein optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben.

[0037] Bei einer alternativen Vorgehensweise kann in einem ersten Schritt die Instrumenteneinheit mit der Koppereinheit des Manipulatorarms verbunden werden und in einem zweiten Schritt eine Trokar-Halterung des Manipulatorarms mit einem in den Körper des Patienten eingeführten Trokar verbunden werden, wobei beim Verbinden der Trokar-Halterung mit dem Trokar die Spitze des Instrumentenschafts des chirurgischen Instruments der Instrumenteneinheit in die Öffnung des Trokars eingeführt wird. Anschließend wird in einem dritten Schritt der Abstandsvektor wie zuvor beschrieben zwischen der Längsachse des Instrumentenschafts und dem durch die Koordinaten festgelegten Zielgebiet ermittelt und wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet und die erste Steuerinformation erzeugt.

[0038] Bei allen zuvor beschriebenen Vorgehensweisen wird das Personal im Operationsbereich, insbesondere das Hilfspersonal, bei der optimalen Ausrichtung des chirurgischen Instruments für den jeweiligen chirurgischen Eingriff unterstützt, ohne dass hierbei das Instrument bereits über den Trokar hinaus in den Patientenkörper eingeführt wird.

[0039] Eine zusätzliche Steuerinformation kann ausgegeben werden, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors größer als der erste voreingestellte Wert ist. Abhängig von dieser zusätzlichen Steuerinformation kann ein entsprechendes zusätzliches oder alternatives Signal ausgegeben werden, sodass eine Bedienperson darüber informiert wird, dass die Längsachse relativ weit vom Zielgebiet entfernt ist.

[0040] Die Änderung der Ausrichtung und/oder Position der mit der Koppereinheit verbundenen Instrumenteneinheit kann durch manuelle Bewegungen des Manipulatorarms derart erfolgen, dass der Abstand zwischen der Instrumentenachse und dem Zielgebiet verändert wird. Besonders ist es vorteilhaft, wenn die Frequenz eines ausgegebenen akustischen und/oder optischen Signals dabei angibt, ob der Abstandsvektor größer oder kleiner wird. Bei Erreichen bzw. Unterschreiten eines voreingestellten zweiten Werts für den Betrag des Abstandsvektors wird ein zweites optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben, das eine optimale Ausrichtung der Instrumentenachse zum Zielgebiet signalisiert.

[0041] Das Zielgebiet ist insbesondere ein Zieloperationsgebiet. Alternativ oder zusätzlich kann das Zielgebiet durch einen Zielpunkt, wie z.B. durch den Mittelpunkt eines Zieloperationsgebiets oder durch einen von der Lage eines anderen chirurgischen Instruments abhängigen Punkt, festgelegt sein. Wenn das andere chirurgische Instrument ein bereits zumindest zum Teil in den Körper des Patienten eingeführtes Endoskop, wie z.B. ein Stabendoskop, oder ein anderes bildgebendes System zum Erfassen

von Bildern zumindest eines Ausschnitts eines Zieloperationsgebiets ist, ist es vorteilhaft, wenn das Zielgebiet von der Lage des Endoskops oder des anderen bildgebenden Systems abhängig ist. Beispielsweise kann das Zielgebiet durch einen Punkt auf der optischen Achse der optischen Elemente des Endoskops bzw. der optischen Achse der optischen Elemente des anderen bildgebenden Systems festgelegt sein. Der Zielpunkt ist insbesondere ein Punkt im Schärfentiefebereich, beispielsweise der Brennpunkt, oder ein Punkt zwischen dem Brennpunkt und dem proximalen Ende des Endoskops.

[0042] Das andere bildgebende System kann insbesondere ein auf nicht sichtbarem Licht basierendes optisches System sein, insbesondere ein Röntgensystem, ein Computertomographiesystem, ein Magnetoresonanz-Tomographiesystem oder ein anderes geeignetes bildgebendes System sein. Als proximal wird allgemein ein dem Patienten zugewandtes Ende eines beliebigen Elements angesehen. Als distal wird allgemein ein dem Patienten abgewandtes Ende eines beliebigen Elements angesehen.

[0043] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, die die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den beigefügten Figuren näher erläutert.

[0044] Es zeigen:

[0045] Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Systems zur robotergestützten Chirurgie mit einem Manipulator, der vier Manipulatorarme hat, mit denen jeweils eine Instrumenteneinheit verbindbar ist;

[0046] Fig. 2 eine schematische Vorderansicht des Systems nach Fig. 1;

[0047] Fig. 3 eine Anordnung zum Verbinden einer in einem sterilen Bereich einer angeordneten Instrumenteneinheit mit einer nicht sterilen Koppereinheit eines Manipulatorarms;

[0048] Fig. 4 einen Abschnitt des Manipulatorarms mit der Koppereinheit und der mit der Koppereinheit verbundenen Instrumenteneinheit mit einer ausgefahrenen Teleskopanordnung des Manipulatorarms gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0049] Fig. 5 die Anordnung nach Fig. 4, wobei die Teleskopanordnung eingefahren ist, sodass das chirurgische Instrument bis in das Zieloperationsgebiet geführt ist oder über dieses hinausgeht;

[0050] Fig. 6 die schematische Darstellung der Instrumenteneinheit und des Zieloperationsgebietes in einem Koordinatensystem der Vorrichtung;

[0051] Fig. 7 eine schematische Darstellung zur Ausrichtung der mit dem Manipulatorarm verbundenen Instrumenteneinheit zum Zieloperationsgebiet nach einer ersten Vorgehensweise;

[0052] Fig. 8 eine schematische Darstellung zur Ausrichtung der mit dem Manipulatorarm verbundenen Instrumenteneinheit zum Zieloperationsgebiet nach einer zweiten Vorgehensweise;

[0053] Fig. 9 einen Ausschnitt eines Patientenkörpers mit vier markierten Positionen für geplante Körperöffnungen des Patienten, an denen jeweils ein Trokar eingeführt wird;

[0054] Fig. 10 eine Anordnung mit einem Abschnitt eines Manipulatorarms mit einer Koppereinheit und der mit der Koppereinheit verbundenen Instrumenteneinheit mit eingefahrener Teleskopanordnung des Manipulatorarms gemäß einer zweiten Ausführungsform mit einer Trokar-Halterung;

[0055] Fig. 11 die Anordnung nach Fig. 10 mit ausgefahrenen Teleskopanordnung, wobei die Trokar-Halterung des Manipulatorarms mit einem in einem Patienten eingeführten Trokar verbunden ist;

[0056] Fig. 12 die Anordnung nach Fig. 11 mit eingefahrenen Teleskopanordnung;

[0057] Fig. 13 eine Anordnung mit einem Abschnitt eines Manipulatorarms mit einer Koppereinheit und einer mit der Koppereinheit verbundenen Instrumenteneinheit mit ausgefahrenen Teleskopanordnung des Manipulatorarms gemäß einer dritten Ausführungsform mit einer Trokar-Halterung zur Verbindung des Manipulatorarms mit einem in den Körper des Patienten eingeführten Trokar und mit einem über einen weiteren Trokar in den Körper des Patienten zumindest teilweise eingeführten Endoskop;

[0058] Fig. 14 die Anordnung nach Fig. 13, wobei die Lage der ausgefahrenen Teleskopanordnung mit Hilfe eines Koppelgetriebes verändert worden ist, so dass die Längsachse eines chirurgischen Instruments der Instrumenteneinheit zu einem festgelegten Zielgebiet im Körper des Patienten verläuft; und

[0059] Fig. 15 die Anordnung nach Fig. 13 mit eingefahrenen Teleskopanordnung.

[0060] Fig. 1 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Systems **10** zur robotergestützten Chirurgie mit einem Manipulator **12**, der ein Stativ **14** und vier Manipulatorarme **16a** bis **16d** hat. Der Manipulator **12** wird allgemein auch als Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie bezeichnet. Das System **10** dient zur Durchführung eines chirurgischen Eingriffs an einem auf einem Operationstisch **34** positionierten Patienten **18**. Ausgehend von der Anatomie des Patienten

ten **18** und der durchzuführenden Operation sind die Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z eines Zieloperationsgebiets **30** in einem Patientenkoordinatensystem X', Y', Z' ermittelt und diese Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z voreingestellt gespeichert worden. Der Manipulator **12** hat ein Koordinatensystem X, Y, Z der Vorrichtung, dessen Koordinatenursprung in einem Stativfuß **24** eines Stativs **14** des Manipulators **12** angeordnet ist. Das Stativ **14** hat einen L-förmigen Stativarm **28**, an dessen vom Stativfuß **24** entfernten Ende die Manipulatorarme **16a** bis **16d** über einen Stativkopf **20** verbunden sind.

[0061] Der Operationstisch **34** hat eine Operationstischsäule **32**, in der eine Steuereinheit **36** des Operationstischs **34** angeordnet ist und auf der eine mehrere Segmente umfassende Patientenlagerfläche **38** angeordnet ist. Die Steuereinheit **36** dient zur Steuerung der Bewegung von Elementen des Operationstischs **34**, insbesondere zur Längenverstellung der Operationstischsäule **32** und somit zum Verstellen der Höhe der Patientenlagerfläche **38** und zum Verstellen einzelner Segmente sowie der Neigung und der Kantung der Patientenlagerfläche **38**. Vorzugsweise ist jedoch die Verstellung der Segmente des Operationstischs **34** während eines operativen Eingriffs mit Hilfe des Manipulators **12** gesperrt. Das System **10** umfasst ferner eine Steuereinheit **46** des Manipulators **12** sowie eine zentrale Steuereinheit **40**, die über Datenleitungen mit der Steuereinheit **46** des Manipulators **12**, der Steuereinheit **36** des Operationstischs **34** sowie einer Bedienkonsole **42** mit einer Anzeigeeinheit **44** verbunden ist. Die Steuereinheit **40** hat eine Ausgabeeinheit **41** und die Steuereinheit **46** hat eine Ausgabeeinheit **47**, durch die jeweils optische und/oder akustische Signale ausgegeben werden können.

[0062] Die Oberfläche der Patientenlagerfläche **38** bildet eine Frontalebene, auf der der Patient **18** dorsal liegend positioniert ist. Ferner verläuft durch den Koordinatenursprung des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' eine Transversalebene, in der die Koordinatenachsen X' und Z' liegen. Ferner verläuft durch den Koordinatenursprung eine Medianebene, in der die Koordinatenachsen Z' und Y' liegen.

[0063] Die Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z des Zieloperationsgebiets **30** in dem Patientenkoordinatensystem X', Y', Z' sind bekannt und können durch die bekannte Lage des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' zum Koordinatensystem X, Y, Z der Vorrichtung **12** einfach bei der Ansteuerung der Manipulatorarme **16a** bis **16d** sowie der mit den Manipulatorarmen **16a** bis **16d** verbundenen Instrumenteneinheit zur Durchführung eines chirurgischen Eingriffs mit Hilfe des Manipulators **12** berücksichtigt werden, insbesondere in Koordinaten x_z, y_z, z_z des Koordinatensystems X, Y, Z der Vorrichtung **12** umgerechnet werden.

[0064] Die Position der Koordinaten y'_z, z'_z der Mitte des Zieloperationsgebiets **30** sind in **Fig. 1** in Bezug auf die Koordinatenachsen Y' und Z' mit Hilfe der durch das Zielkoordinatengebiet **30** verlaufenden Strichlinien angedeutet.

[0065] **Fig. 2** zeigt eine schematische Vorderansicht des Systems **10** nach **Fig. 1**. Am proximalen Ende der Manipulatorarme **16a** bis **16d** ist jeweils eine Koppereinheit **100a** bis **100d** angeordnet, mit den jeweils eine Instrumenteneinheit **300a** bis **300d** zum Durchführen des chirurgischen Eingriffs verbunden ist. Die Instrumentenschäfte des jeweiligen chirurgischen Instruments der Instrumenteneinheiten **300a** bis **300d** sind durch Strichlinien angedeutet, die in **Fig. 2** von den Koppereinheiten **100a, 100b, 100c, 100d** und den mit den Koppereinheiten **100a, 100b, 100c, 100d** verbundenen in **Fig. 3** dargestellten Sterileinheiten **400a, 400b, 400c, 400d** der Instrumenteneinheiten **300a, 300b, 300c, 300d** bis ins Zieloperationsgebiet **30** reichen. Die Strichlinien geben dabei die Längsachsen bzw. verlängerten Längsachsen der Instrumentenschäfte an. Mit Hilfe der durch das Zieloperationsgebiet **30** verlaufenden und parallel zu den Koordinatenachsen X' und Z' verlaufenden Strichlinien sind die Koordinaten y'_z, z'_z des Mittelpunkts **31** des Zieloperationsgebiets **30** in Bezug auf die Koordinatenachsen X' und Z' angedeutet.

[0066] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf den Manipulatorarm **16a** die Kopplung der Instrumenteneinheit **300a** über eine Sterilschleuse **200a** mit der Koppereinheit **100a** des Manipulatorarms **16a** beschrieben. Die Ausführungen gelten in gleicher Weise für die weiteren Manipulatorarme **16b** bis **16d** und für die mit diesen Manipulatorarmen **16b** bis **16d** über Sterilschleusen **200b** bis **200d** verbundene Instrumenteneinheiten **300b** bis **300d**. Zur Vereinfachung werden nachfolgend die Bezugszeichennummern ohne die zur Unterscheidung zwischen den einzelnen Manipulatorarmen verwendeten Kleinbuchstaben zu benutzen.

[0067] **Fig. 3** zeigt die Koppereinheit **100** des Manipulatorarms **16**, die Sterilschleuse **200** sowie die Instrumenteneinheit **300** mit der Sterileinheit **400** und einem chirurgischen Instrument **500**, das einen Endeffektor **514** hat. Die Koppereinheit **100**, die Sterilschleuse **200** sowie die Instrumenteneinheit **300** sind vor dem Zusammenfügen der Sterilschleuse **200** mit der Koppereinheit **100** und vor dem nachfolgenden Zusammenfügen der Sterileinheit **400** mit der Sterilschleuse **200** gezeigt. Eine als Sterilfolie **201** ausgeführte flexible sterile Hülle ist an einem umlaufenden Anschlussrand **202** der Sterilschleuse **200** mit dieser über eine geeignete Verbindung, wie eine Klemm-, Klebe-, Klett- und/oder Schweißverbindung fest verbunden, sodass die Sterilfolie **201** zusammen mit der Sterilschleuse **200** eine geschlossene sterile Abde-

ckung um die in einen sterilen Operationsbereich ragenden Bereiche des Manipulatorarms **16** bildet.

[0068] Zur besseren Darstellung ist in **Fig. 3** nur ein Ausschnitt der Sterilfolie **201** um die Sterilschleuse **200** herum dargestellt. In den nachfolgenden Figuren ist die Sterilfolie **201** teilweise nicht dargestellt.

[0069] Zur Kopplung der Sterileinheit **400** mit der Koppereinheit **100** ist die Sterilschleuse **200** zwischen der Sterileinheit **400** und der Koppereinheit **100** angeordnet und ermöglicht im gekoppelten Zustand der Sterileinheit **400** mit der Koppereinheit **100** eine direkte Kopplung eines ersten Übertragungsmittels **102** der Koppereinheit **100** und eines zweiten nicht dargestellten Übertragungsmittels der Sterileinheit **400**.

[0070] Mit Hilfe des ersten Übertragungsmittels **102** wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel sowohl mechanische Energie als auch elektrische Energie zwischen der Koppereinheit **100** und der Sterileinheit **400** übertragen. Hierzu hat das erste Übertragungsmittel **102** der Koppereinheit **100** beispielsweise mindestens vier mechanische Antriebselemente **110** bis **116** und das zweite Übertragungsmittel der Sterileinheit **400** vier zu den Antriebselementen **110** bis **116** komplementäre angetriebene Elemente. Weiterhin hat das erste Übertragungsmittel **102** ein elektrisches Übertragungselement **104** mit zwei elektrischen Kontakten **106**, **108** und das zweite Übertragungsmittel ein zum elektrischen Übertragungselement **104** des ersten Übertragungsmittels **102** komplementäres elektrisches Übertragungselement.

[0071] Das erste Übertragungselement **102** umfasst ferner ein optisches Übertragungsmittel **109** zur Übertragung von Licht und/oder optischen Signalen. Die Antriebselemente des ersten Übertragungsmittels **102** umfassen ein erstes translatorisches Antriebselement **110** und ein zweites translatorisches Antriebselement **112** jeweils zur Übertragung einer translatorischen Bewegung sowie ein erstes rotatorisches Antriebselement **114** und ein zweites rotatorisches Antriebselement **116** zur Übertragung einer Rotationsbewegung. Das erste und das zweite translatorische Antriebselement **110**, **112** sind jeweils als Linearhubgabel und das erste und das zweite rotatorische Antriebselement **114**, **116** sind als Antriebsritzel mit stirnseitiger Zahnung ausgebildet. Ferner hat die Koppereinheit **100** einen in einer Vertiefung angeordneten Koppelsensor, der ein durch einen aus der Sterileinheit **400** vorstehenden ersten Detektionsstift gebildetes erstes Detektionselement detektiert, wenn die Sterilschleuse **200** korrekt mit der Koppereinheit **100** und die Sterileinheit **400** korrekt mit der Sterilschleuse **200** gekoppelt ist.

[0072] Bei anderen Ausführungsbeispielen können die ersten und zweiten Übertragungsmittel auch mehr oder weniger Antriebselemente, angetriebene Elementen-

te und elektrische Übertragungselemente umfassen, die mechanische und/oder elektrische Energie durch direkte Kopplung übertragen. Als direkte Kopplung wird dabei eine Kopplung der Übertragungsmittel angesehen, bei der keine weiteren Übertragungselemente zwischen den ersten Übertragungsmitteln und den zweiten Übertragungsmitteln für eine Übertragung von mechanischer und/oder elektrischer Energie und/oder optischen Strahlen vorgesehen sind, wobei insbesondere keine elektrischen, mechanischen oder optischen Übertragungselemente in einer zwischen der Koppereinheit **100** und der Sterileinheit **400** angeordneten Sterilbarriere, wie der Sterilschleuse **200**, vorgesehen sind. Die Koppereinheit **100** hat ferner eine RFID-Lese- und -Schreibereinheit **121**, mit deren Hilfe ein RFID-Transponder **494** der Sterileinheit **400** lesbar und/oder schreibbar ist.

[0073] Zum Verbinden der Koppereinheit **100** mit der Sterilschleuse **200** hat die Koppereinheit **100** einander gegenüberliegende Führungsnuten **122**, **124**, in die Führungsstifte **204**, **206** der Sterilschleuse **200** eingeführt werden, bis sie das vordere Ende **123**, **125** der jeweiligen Führungsnut **122**, **124** erreicht haben. Die Führungsstifte **204**, **206** ragen an einem ersten Ende der Sterilschleuse **200** auf gegenüberliegenden Seiten nach außen. Anschließend wird das gegenüberliegende zweite Ende der Sterilschleuse **200** nach unten gedrückt, so dass die Sterilschleuse **200** um eine durch die Führungsstifte **204**, **206** verlaufende Drehachse gedreht wird, bis eine Rastnase **126** eines Rastelements **128** in einen komplementären Rastbereich der Sterilschleuse **200** eingreift.

[0074] Die Entriegelungstaste **134** ist um eine Drehachse schwenkbar angeordnet und wird durch eine Feder in ihrer in **Fig. 3** gezeigten Rastposition gehalten. Zum Lösen der Rastverbindung wird mit einem Finger auf eine Entriegelungstaste **134** des Rastelements **128** gedrückt, so dass eine Feder gespannt und das Rastelement **128** zusammen mit der Rastnase **126** verschwenkt wird, so dass die Rastnase **126** außer Eingriff mit dem komplementären Rastelement der Sterilschleuse **200** gebracht wird. Dadurch kann das zuvor mit der Rastnase **126** in Eingriff stehende zweite Ende der Sterilschleuse **200** aus der Koppereinheit **100** wieder herausgeschwenkt werden. Nachdem dieses zweite Ende der Sterilschleuse **200** aus der Koppereinheit **100** herausgeschwenkt worden ist, kann die Sterilschleuse **200** wieder vollständig von der Koppereinheit **100** getrennt werden, indem die Sterilschleuse **200** mit den mit den Führungsnuten **122**, **124** in Eingriff stehenden Führungsstiften **204**, **206** entlang der Führungsnuten **122**, **124** aus diesem heraus gezogen wird, bis die Führungselemente **204**, **206** nicht mehr in Eingriff mit den Führungsnuten **122**, **124** stehen. Zwischen den Führungsnuten **122**, **124** und dem Rastelement **128** ist ein durch eine entsprechende Vertiefung im Gehäuse der Koppereinheit **100** gebildeter Aufnahmebereich vorhanden,

der im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Sterilschleuse **200** auf drei Seiten und bodenseitig zumindest teilweise umgibt.

[0075] Die Sterilschleuse **200** hat Schleusenklappen **208, 210**, die über Scharniere schwenkbar sind. Mit Hilfe dieser Scharniere sind die Schleusenklappen **208, 210** von dem in **Fig. 3** gezeigten geschlossenen Zustand in einen geöffneten Zustand schwenkbar. Im geöffneten Zustand der Schleusenklappen **208, 210** kann eine direkte Kopplung des ersten Übertragungsmittels **102** der Koppereinheit **100** mit dem zweiten Übertragungsmittel der Sterileinheit **400** erfolgen.

[0076] An den Außenseiten der Seitenwände und der Stirnwände der Sterilschleuse **200** ist ein umlaufender Rand **202** ausgebildet, mit dem die Sterilfolie **201** der sterilen Abdeckung auf geeignete Art und Weise verbunden ist.

[0077] Die Sterileinheit **400** hat ferner gegenüberliegend angeordnete Rast- und Betätigungselemente **438, 440** durch die automatisch eine wieder lösbare Rastverbindung beim Verbinden der Sterileinheit **400** mit der Sterilschleuse **200** erfolgt.

[0078] **Fig. 4** zeigt einen Abschnitt des Manipulatorarms **16** an dessen proximalen Ende die Koppereinheit **100** über eine Teleskopanordnung **60** verbunden ist. Die Teleskopanordnung **60** hat zueinander verschiebbare Abschnitte **62, 64, 66** und ist in **Fig. 4** in einem ausgefahrenen Zustand dargestellt. Die Abschnitte **62, 64, 66** der Teleskopanordnung **60** können mit Hilfe einer Antriebseinheit **68** eingefahren und ausgefahren werden, sodass der Endeffektor **514** des chirurgischen Instruments **500** entlang der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** bewegt werden kann. Der Manipulatorarm **16** hat mehrere zueinander bewegbare Segmente, deren Position relativ zueinander geändert werden kann. Die Teleskopanordnung **60** ist ferner über ein Koppelgetriebe **59** mit den weiteren Segmenten des Manipulatorarms **16** schwenkbar verbunden, sodass die Lage und Ausrichtung der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** des chirurgischen Instruments **500** in seiner Position, d. h. sowohl in seiner Ausrichtung als auch in seiner Lage, durch eine Bedieneingabe an der Bedienkonsole **42** geändert werden kann. Zum Einrichten jedes Manipulatorarms **16** vor einer Operation ist die Koppereinheit **100** derart auszurichten, dass die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** des mit der Koppereinheit **100** verbundenen chirurgischen Instruments **500** durch eine geplante oder vorhandene Körperöffnung **802** des zu operierenden Patienten **18** hindurch und durch ein festgelegtes Zieloperationsgebiet **30** verläuft. In **Fig. 4** ist an der Körper Eintrittsstelle **802** ein Trokar **800** in den Körper des Patienten **18** eingeführt, durch den dann zum Durchführen des chirurgischen Eingriffs der vordere Teil des Schafts **512** des chirurgischen Instruments **500**

zusammen mit dem Endeffektor **514** bis zum Zieloperationsgebiet **30** geführt wird.

[0079] Vor einer Operation wird der Manipulatorarm **16** zusammen mit der mit der Koppereinheit **100** des Manipulatorarms **16** automatisch oder durch eine Bedienperson so ausgerichtet, dass dessen Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** durch die Öffnung des Trokars **800** verläuft. Dabei kann der Endeffektor **514** des chirurgischen Instruments **500** in die Öffnung des Trokars **800** eingeführt werden, sodass eine mittige Ausrichtung der Längsachse **510** auf die gewünschte oder vorhandene Körper Eintrittsstelle **802** erfolgt. Ferner ermittelt die Steuereinheit **46** des Manipulators und/oder die zentrale Steuereinheit **40** den Betrag des Abstandsvektors zwischen der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** zum Zieloperationsgebiet **30**, insbesondere den Betrag des orthogonalen Abstandsvektors von der Längsachse **510** zum Zieloperationsgebiet **30**. Dabei ist es möglich, sowohl den Betrag des Abstandsvektors zum Rand des Zieloperationsgebiets **30** und alternativ oder zusätzlich den Betrag des Abstandsvektors zum Mittelpunkt **31** des Zieloperationszielgebiets **30** zu bestimmen.

[0080] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel verläuft die Längsachse **510** durch den Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30**, sodass der Betrag des Abstandsvektors im vorliegenden Ausführungsbeispiel zwischen Längsachse **510** und dem zum Zieloperationsgebiet **30** Null beträgt, da die Längsachse **510** durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft. Auch zum Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30** beträgt der Abstand Null, da die Längsachse **510** durch den Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30** verläuft. Wenn der Betrag des orthogonalen Abstandsvektors einen ersten Wert unterschreitet, kann einer Bedienperson ein erstes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben werden. Sobald der Betrag des Abstandsvektors einen zweiten Wert erreicht oder unterschreitet, kann ein zweites optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben werden. Der zweite Wert kann insbesondere Null sein, sodass das zweite optische und/oder akustische Signal dann ausgegeben wird, wenn die Längsachse **510** durch das Zieloperationsgebiet **30** oder dessen Mittelpunkt **31** verläuft. Auch kann sich das ausgegebene optische und/oder akustische Signal abhängig vom ermittelten Betrag des Abstandsvektors kontinuierlich mit Änderungen des Abstands oder in mehreren Schritten ändern, sodass der Bedienperson akustisch und/oder optisch informiert wird, ob sich die Längsachse **510** vom Zieloperationsgebiet **30** entfernt oder sich diesem annähert. Zu beachten ist, dass während der Ausrichtung des Manipulatorarms **16** bzw. bei dem Einrichtungsvorgang der Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie nur die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** nicht der Instrumentenschaft **512** selbst durch das Zieloperationsgebiet **30** oder in einem seit-

lichen Abstand am Zieloperationsgebiet **30** vorbeigeführt wird.

[0081] Fig. 5 zeigt die Anordnung nach Fig. 4, wobei die Abschnitte **62** bis **66** der Teleskopanordnung **60** im Unterschied zu Fig. 4 in einem eingefahrenen Zustand dargestellt sind. Der Manipulatorarm **16** wird beim Einrichten vorzugsweise so positioniert, dass der Endeffektor **514** des Instrumentenschafts **512** des chirurgischen Instruments **500** in den in den Körper des Patienten **18** eingeführten Trokars **800** ragt, wenn die Teleskopanordnung **60** eingefahren ist. Dabei wird der Manipulatorarm **16** so positioniert, dass der Endeffektor **514** vorzugsweise mit einer Länge im Bereich von 1 cm bis 5 cm, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 1,5 cm und 3 cm, insbesondere 2 cm, in den Trokar **800** ragt.

[0082] Von der in Fig. 4 gezeigten Position aus kann die Teleskopanordnung **60** eingefahren werden, sodass der Endeffektor **514** des chirurgischen Instruments **500** durch den Trokar **800** bis in das Zieloperationsgebiet **30** geführt wird. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann der Endeffektor **514** auch durch das Zieloperationsgebiet **30** in Richtung der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** hindurch und über das Zieloperationsgebiet **30** hinaus bewegt werden.

[0083] Fig. 6 zeigt die schematische Darstellung der Sterileinheit **400** der Instrumenteneinheit **300** zusammen mit dem Instrumentenschaft **512** des chirurgischen Instruments **500** und des Zieloperationsgebiets **30** in dem Koordinatensystem X, Y, Z der Vorrichtung bzw. des Manipulators **12**. Die räumliche Ausdehnung des Zieloperationsgebiets **30** wurde mit Hilfe eines geeigneten bildgebenden Verfahrens für den konkreten Patienten **18** ermittelt und kann dabei als einfache geometrische Körper, wie durch eine Kugel, oder durch die konkrete räumliche Ausdehnung eines für einen speziellen chirurgischen Eingriff an dem Patienten **18** ermitteltes und/oder festgelegtes Zieloperationsgebiet **30** durch eine Vielzahl von Koordinaten festgelegt sein. Das Zieloperationsgebiet **30** kann für einen Patienten **18** insbesondere mit Hilfe eines bildgebenden Verfahrens ermittelt bzw. bei Auswertung der ermittelten Bilder automatisch oder von einer Bedienperson festgelegt werden. Als bildgebendes Verfahren kann ein Röntgenverfahren, ein Computertomographieverfahren, ein Magnetresonanzverfahren oder ein anderes geeignetes Verfahren eingesetzt werden. Die Außenabmessungen des Zieloperationsgebiets **30** sind in den in Fig. 11 gezeigten zweidimensionalen Koordinatensystem **26** durch die Koordinaten x_{z1} und x_{z3} in X-Richtung sowie durch die Koordinaten y_{z1} und y_{z3} auf der X-Achse festgelegt. Der Mittelpunkt **31** des ermittelten Zieloperationsgebiets **30** ist durch die Koordinate x_{z2} auf der X-Achse und y_{z2} auf der Y-Achse festgelegt. In gleicher Weise ist die räumliche Ausdehnung des Zieloperationsgebiets **30** auf der orthogonal zur Bild-

ebene verlaufenden Z-Achse bekannt bzw. festgelegt. Die Koordinaten des Schnittpunkts des Vektors V mit der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** sind in Fig. 6 mit x_m , y_m , z_m bezeichnet.

[0084] Wie bereits erläutert, ist der Manipulatorarm **16** zusammen mit der Koppeleinheit **100** vor einem chirurgischen Eingriff am Patienten **18** so zu positionieren, dass die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** durch eine gewünschte Körperöffnung **802** trifft und die Längsachse **614** durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft. Um insbesondere eine Bedienperson bei der korrekten Ausrichtung des Manipulatorarms **16** und der Koppeleinheit **100** zu unterstützen, ermittelt die Steuereinheit **46** den Betrag des zur Längsachse **510** kürzesten dreidimensionalen orthogonalen Abstandsvektors V zwischen der Längsachse **510** und dem Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30**. Erreicht oder unterschreitet der Betrag des Abstandsvektors V einen ersten Wert, wird ein erstes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben, erreicht oder unterschreitet er einen zweiten Wert, so wird ein zweites optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben, sodass der Bedienperson eine optische und/oder akustische Information über die korrekte Ausrichtung der Koppeleinheit **100** gegeben wird. Hierdurch ist eine einfache und komfortable Möglichkeit geschaffen, eine Bedienperson bei der Einrichtung des Manipulators **12** und bei der Positionierung der Manipulatorarme **16a** bis **16d** vor dem eigentlichen chirurgischen Eingriff zu unterstützen.

[0085] Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung zur Ausrichtung der mit der Koppeleinheit **100** verbundenen Sterileinheit **400** zum Zieloperationsgebiet **30** nach einer ersten Vorgehensweise. Bei dieser Vorgehensweise wird der Manipulatorarm **16** zusammen mit der Koppeleinheit **100** in einem ersten Schritt derart ausgerichtet, dass die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** durch die Instrumenteneinführöffnung des Trokars **800** verläuft. Bei dieser Ausrichtung ist der Betrag des Abstandsvektors V größer als ein voreingestellter Wert, sodass die Steuereinheit **46** eine Steuerinformation erzeugt, die angibt, dass die Längsachse **510** nicht durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft. Der Betrag des Abstandsvektors V ist jedoch so groß, dass er einen ersten voreingestellten Wert überschreitet, sodass weder ein optisches noch ein akustisches Signal ausgibt. Wird die Koppeleinheit **100** zusammen mit der Sterileinheit **400** bzw. zusammen mit der gesamten Instrumenteneinheit **300** von der Position P1 in Richtung des Pfeils A1 zur Position P2 verschwenkt, ist der Betrag des Abstandsvektors V' zwischen dem Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30** und der Längsachse **510'** des Instrumentenschafts **512'** geringer als ein erster voreingestellter Wert, sodass ein erstes akustisches Signal ausgibt und/oder Licht eines anderen Spektrums und/oder eines Teilspektrums des zuvor

ausgestrahlten Lichts emittiert wird, sodass eine Bedienperson an der Farbänderung die Annäherung der Längsachse **510'** an das Zieloperationsgebiet **30** einfach erfassen kann. Dann wird die Koppel­einheit **100** zusammen mit Sterileinheit **400'** von der Position P2 weiter in Richtung des Pfeils A2 verschwenkt, bis der Instrumentenschaft **512''** die Position P3 erreicht wird. Der Betrag des Abstandsvektors V' weiter verringert, bis er insbesondere den Wert Null erreicht hat, sodass ein zweiter voreingestellter Wert des Betrags des Abstandsvektors V' erreicht oder unterschritten wird. Ist das der Fall, wird ein zweites optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben, durch das die Bedienperson über die korrekte Ausrichtung der Längsachse **510''** in Bezug auf das Zieloperationsgebiet **30** informiert wird. Das zweite optische Signal kann gegenüber dem ersten optischen Signal unterschiedliches Wellenlängenspektrum oder eine unterschiedliche Wellenlänge aufweisen, sodass die Bedienperson durch die Farbänderung über die korrekte Ausrichtung des Manipulatorarms **16** informiert wird. Alternativ oder zusätzlich kann das zweite optische Signal eine gegenüber dem ersten optischen Signal verschiedene Blinkfrequenz haben.

[0086] Beim Vorsehen von zwei Grenzwerten, mit denen der Betrag des Abstandsvektors V jeweils verglichen wird, sind somit drei Zustände erfassbar, so dass einer Bedienperson bereits bei der Annäherung an das Zieloperationsgebiet **30** ein entsprechendes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben werden kann und einer korrekten Ausrichtung der Sterileinheit **400** auf das Zieloperationsgebiet **30** ein weiteres optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben werden kann. Beim Vorsehen von nur einem Grenzwert können zwei Zustände einfach unterschieden werden, insbesondere das ein Abstand zwischen dem Zieloperationsgebiet **30** und der Längsachse **510** existiert, d.h. dass die Längsachse **510** nicht durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft, und dem Zustand, dass die Längsachse **510** durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft.

[0087] Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung zur Ausrichtung der mit dem Manipulatorarm **16** verbundenen Sterileinheit **400** zum Zieloperationsgebiet **30** nach einer zweiten Vorgehensweise, bei der im Unterschied zur ersten Vorgehensweise die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** in einem ersten Schritt derart ausgerichtet wird, dass sie durch das Zieloperationsgebiet **30** verläuft und der Bedienperson ein entsprechendes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben wird. Die Ausrichtung der Längsachse **510** zum Zieloperationsgebiet **30** kann dabei so erfolgen, wie beim Schritt **2** der ersten Vorgehensweise in Verbindung mit Fig. 7 erläutert worden ist. Somit kann die Bedienperson auch hier optisch und/oder akustisch über den Abstand und/oder die Annäherung der Längsachse **510** zum Zieloperationsgebiet **30** informiert werden. Verläuft die Längs-

achse **510** durch das Zieloperationsgebiet **30**, wie dies für den Instrumentenschaft **512** in Fig. 8 gezeigt ist, wird dieser dann in Richtung des Pfeils A3 verschwenkt, bis die Längsachse **510'** des Instrumentenschafts **512'** auf die Instrumentenöffnung des Trokars **800** trifft.

[0088] Anders als in Verbindung mit Fig. 7 und Fig. 8 beschrieben, kann die Ausgabeeinheit **41**, **47** und/oder die Anzeigeeinheit **44** auch nur ein optisches und/oder akustisches Signal ausgeben oder beispielsweise über eine Pulsfolge des akustischen Signals und/oder des optischen Signals einer Bedienperson über die Pulsweite und/oder die Pulsdauer eine Information zu geben, wie groß der Betrag des orthogonalen Abstandsvektors V zum Zieloperationsgebiet **30** und/oder zum Mittelpunkt **31** des Zieloperationsgebiets **30** ist.

[0089] Fig. 9 zeigt einen Ausschnitt des Körpers des Patienten **18** mit vier Körperöffnungen T1 bis T4, in die jeweils ein Trokar **800a** bis **800d** eingeführt ist. Durch den an der Eintrittsstelle T1 eingeführten Trokar **800b** wird ein mit der Koppel­einheit **100b** des Manipulatorarms **16b** verbundenes Stabendoskop der Instrumenteneinheit **300b** in den Körper des Patienten **18** eingeführt. Durch den an der Position T2 in den Körper des Patienten **18** eingeführten Trokar **800a** wird ein chirurgisches Instrument **500a** der mit der Koppel­einheit **100a** des Manipulatorarms **16a** verbundenen Instrumenteneinheit **300a** in den Körper des Patienten **18** eingeführt. Durch einen an der Position T3 eingeführten Trokar **800c** wird ein chirurgisches Instrument **500c** der mit der Koppel­einheit **100c** des Manipulatorarms **16c** verbundenen Instrumenteneinheit **300c** in den Körper des Patienten **18** eingeführt. Durch den an der Position T4 in den Körper des Patienten **18** eingeführten Trokar **800d** wird ein chirurgisches Instrument **500d** der mit der Koppel­einheit **100d** des Manipulatorarms **16d** verbundenen Instrumenteneinheit **300d** in den Körper des Patienten **18** eingeführt.

[0090] Fig. 10 zeigt eine Anordnung mit dem proximalen Ende des Manipulatorarms **16** mit der Koppel­einheit **100** und der mit der Koppel­einheit **100** verbundenen Instrumenteneinheit **300** mit eingefahrener Teleskopanordnung **60** des Manipulatorarms **16** gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die Anordnung der zweiten Ausführungsform gemäß den Fig. 10 bis Fig. 12 unterscheidet sich von der in den Fig. 4 und Fig. 5 gezeigten und erläuterten ersten Ausführungsform lediglich dadurch, dass eine Trokar-Halterung **17** fest mit dem Manipulatorarm **16** verbunden ist. Die Trokar-Halterung **17** hat ein Verbindungselement **19** zum Verbinden der Trokar-Halterung **17** mit dem Trokar **800**. Die Positionierung und Ausrichtung des Manipulatorarms **16** mit Hilfe der Instrumenteneinheit **300** erfolgt in gleicher Weise wie in Verbindung mit der ersten Ausführungsform beschrieben. Elemente

mit gleicher Funktion oder gleichem Aufbau haben dieselben Bezugszeichen. In **Fig. 11** ist die Anordnung nach **Fig. 10** gezeigt, wobei die Trokar-Halterung **17** des Manipulatorarms **16** mit einem in den Patienten **18** eingeführten Trokar **800** verbunden ist und die Teleskopanordnung **60** einen ausgefahrenen Zustand hat. Der Instrumentenschaft **512** mit dem Endeffektor **514** ist ca. 2 cm tief in die Instrumentenöffnung des Trokars **800** eingeführt.

[0091] **Fig. 12** zeigt die Anordnung nach **Fig. 11**, die Teleskopanordnung **60** in einem eingefahrenen Zustand dargestellt. Die Teleskopanordnung **60** ist von der in **Fig. 11** gezeigten ausgefahrenen Position in ihre in **Fig. 12** gezeigte eingefahrene Position bewegt worden, ohne dass die Ausrichtung des Manipulatorarms **16** und der Trokar-Halterung **17** geändert worden ist. Beim Einfahren und beim Ausfahren der Teleskopanordnung **60** erfolgt eine Ausgleichsbewegung durch ein Verschwenken der Kuppelheit **100** gegenüber der Teleskopanordnung **60** und ein Verschwenken der Teleskopanordnung **60** zum Manipulatorarm **16** über das Koppelgetriebe **59**, so dass das chirurgische Instrument **500** beim Ein- und beim Ausfahren der Teleskopanordnung **60** exakt entlang der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** bewegt werden kann. Die Teleskopanordnung **60** kann so weit eingefahren werden, bis der Endeffektor **514** des chirurgischen Instruments **500** das Zieloperationsgebiet **30** erreicht oder in Richtung der Längsachse **510** des chirurgischen Instruments **500** über das Zieloperationsgebiet **30** hinausragt.

[0092] **Fig. 13** zeigt eine Anordnung mit einem Abschnitt eines Manipulatorarms **16** mit einer Kuppelheit **100** und einem Endoskop **900** gemäß einer dritten Ausführungsform. Die Teleskopanordnung **60** des Manipulatorarms **16** ist in einem ausgefahrenen Zustand gezeigt. Eine Instrumenteneinheit **300** mit einem Chirurgischen Instrument **500** ist mit der Kuppelheit **100** gekoppelt. Auch bei der dritten Ausführungsform ist eine Trokar-Halterung **17** vorgesehen, die einen in den Körper des Patienten **18** eingeführten Trokar **800** mit dem Manipulatorarm **16** verbindet. Auf die Trokar-Halterung **17** kann jedoch bei anderen Ausführungsformen auch verzichtet werden. Das Endoskop **900** ist ein Stabendoskop. Zumindest ein Teil der Abbildungsoptik des Stabendoskops **900** befindet sich in einem Stab **912**, dessen proximales Ende über einen Trokar **810** über eine zweite Körperöffnung **812** in den Körper des Patienten **18** eingeführt ist. Mit Hilfe des Stabendoskops **900** werden Bilder zumindest eines Teils des Zieloperationsgebiets **30** aufgenommen. Das Stabendoskop **900** hat ein Kopfteil **910**, über das das Stabendoskop **900** mit der Bedienkonsole **42** und/oder der Anzeigeeinheit **44** des Systems **10** zur robotergestützten Chirurgie verbunden ist. Dadurch kann einer Bedienungsperson, insbesondere einem Chirurgen, das mit Hilfe des Endoskops

900 aufgenommene Bild an der Bedienkonsole **42** bzw. der Anzeigeeinheit **44** angezeigt werden.

[0093] Über das Kopfteil **910** kann das Stabendoskop **900** auch mit einer weiteren Kuppelheit **100** insbesondere eines weiteren Manipulatorarms **16** gekoppelt sein. Durch Strichlinien ist der Strahlengang **914** der Abbildungsoptik schematisch dargestellt. Die optische Achse der Abbildungsoptik des Endoskops **900**, d. h. die optische Achse des Stabendoskops **900**, liegt in der Mitte des Strahlengangs **914**. Der Brennpunkt der Abbildungsoptik des Stabendoskops **900** ist mit **916** bezeichnet.

[0094] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Abstandsvektor **V** zwischen der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** orthogonale des chirurgischen Instruments **500** zum Brennpunkt **916** der Abbildungsoptik des Stabendoskops **900** ermittelt. Der Brennpunkt **916** dient somit als Zielpunkt. Der ermittelte orthogonale Abstandsvektor **V** gibt den aktuellen Abstand zwischen der Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** zum Brennpunkt **916** an. Die Auswertung der Position und die Ausrichtung des Manipulatorarms **16** mit dem chirurgischen Instrument **500** erfolgt dabei in gleicher Weise, wie dies in Verbindung mit den ersten beiden Ausführungsformen im Zusammenhang mit den **Fig. 4** bis **Fig. 12** bereits erläutert worden ist.

[0095] In **Fig. 13** ist das proximale Ende des Instrumentenschafts **512** mit dem Endeffektor **514** in die Instrumentenöffnung des Trokars **800** eingeführt worden. Vorzugsweise ragt der Endeffektor ca. 2 cm tief in die Instrumentenöffnung des Trokars **800** hinein. Bei anderen Ausführungsformen kann die Spitze des Endeffektors **514** auch bis zum proximalen Ende des Trokars **800** in dessen Instrumentenöffnung oder weniger als 2 cm in die Instrumentenöffnung des Trokars **800** eingeführt werden. Die Teleskopanordnung **60** befindet sich dabei in einem ausgefahrenen Zustand. Anschließend wird die Position der mit der Kuppelheit **100** gekoppelten Instrumenteneinheit **300** zusammen mit zumindest einem Teil der Segmente des Manipulatorarms **16** so verändert, dass die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** sich dem als Zielpunkt dienenden Brennpunkt **916** bis zu einem voreingestellten ersten und/oder zweiten Abstandswert angenähert hat, oder wie in **Fig. 14** gezeigt, die Längsachse **510** des Instrumentenschafts **512** durch den Brennpunkt **916** verläuft. Hierzu ist in **Fig. 14** die Teleskopanordnung **60** des Manipulatorarms gegenüber der in **Fig. 13** gezeigten Position mit Hilfe des Koppelgetriebes **59** verschwenkt worden.

[0096] In **Fig. 15** ist die Anordnung nach den **Fig. 13** und **Fig. 14** mit eingefahrener Teleskopanordnung **60** gezeigt. Durch das Einfahren der Teleskopanordnung ist der Endeffektor **514** bis in den Sichtbereich des Stabendoskops **900** und in den Zieloperationsbe-

reich **30** bewegt worden, und kann dort unter Sichtkontrolle betätigt und positioniert werden. Durch die beschriebene Vorgehensweise ist es somit möglich, die Position, d. h. die Ausrichtung und die Lage, eines einzusetzenden chirurgischen Instruments **500** bereits so voreinzustellen, dass es zum Zieloperationsgebiet **30** geführt wird und dort sicher in den Blickbereich (field of view) des Stabendoskops **900** gebracht wird. Der Zielpunkt oder das Zielgebiet können durch Koordinaten z_z, y_z, z_z des Koordinatensystems X, Y, Z der Vorrichtung oder durch Koordinaten x'_z, y'_z, z'_z des Patientenkoordinatensystems X', Y', Z' festgelegt sein und erforderlichenfalls in Koordinaten des jeweils anderen Koordinatensystems umgerechnet werden.

[0097] Auch bei der ersten und bei der zweiten Ausführungsform nach den **Fig. 4** bis **Fig. 12** kann anstatt des Zieloperationsgebiets **30** ein Zielpunkt, wie z.B. der Mittelpunkt **31** des festgelegten Zieloperationsgebiets **30** oder durch einen von der Lage des anderen chirurgischen Instruments **900** abhängiger Zielpunkt festgelegt sein. Auch kann anstatt des Endoskops **900** bei der dritten Ausführungsform ein anderes bildgebendes System zum Erfassen von Bildern zumindest eines Ausschnitts eines Zieloperationsgebiets **30** eingesetzt werden. Das Zielgebiet ist dann von der Lage des anderen bildgebenden Systems abhängig. Der Zielpunkt ist insbesondere ein Punkt im Schärfentiefebereich der Abbildungsoptik des Endoskops bzw. des bildgebenden Systems, wie beispielsweise der Brennpunkt der Abbildungsoptik oder ein Punkt zwischen dem Brennpunkt und dem proximalen Ende des Endoskops **900**. Das Zielgebiet kann alternativ oder zusätzlich durch einen Abstand um einen Punkt festgelegt sein.

Bezugszeichenliste

10	System	42
12	Manipulator	44
14	Stativ	46
16, 16a bis 16d	Manipulatorarm	47
17	Trokar-Halterung	59
18	Patient	60
19	Verbindungselement	62, 64, 66
20	Stativkopf	68
24	Stativfuß	100, 100a bis 100d
28	Stativarm	102
30	Zieloperationsgebiet	104
31	Mittelpunkt des Zieloperationsgebiet	106, 108
32	Operationstischsäule	109
34	Operationstisch	110
36	Steuereinheit des Operationstisches	112
38	Patientenlagerfläche	114
40	zentrale Steuereinheit der Vorrichtung	116
41	Ausgabereinheit	120
		121
		122, 124
		123, 125
		126
		128
		134
		200
		201
		202
		204, 206
		208, 210
		300, 300a bis 300d
		400, 400a bis 400d, 400', 400''
		438, 440
		494
		500, 500a bis 500d
		510, 510', 510''
		512
		514
		800
		802
		810
		812
		900
		910
		912
		914
		916

Bedienkonsole
Anzeigeeinheit
Steuereinheit des Manipulators
Ausgabereinheit
Koppelgetriebe
Teleskopanordnung
Abschnitte der Teleskopanordnung
Antriebseinheit
Koppeleinheit
erste Übertragungsmittel
elektrisches Übertragungselement
elektrischer Kontakt
optisches Übertragungselement
erstes translatorisches Antriebselement
zweites translatorisches Antriebselement
erstes rotatorisches Antriebselement
zweites rotatorisches Antriebselement
Koppelsensor
RFID-Lese- und Schreibereinheit
Führungsnut
vorderes Ende der Führungsnut
Rastnase
Rastelement
Entriegelungstaste
Sterilschleuse
Sterilfolie
Anschlussrand
Führungsstift
Schleusenklappe
Instrumenteneinheit
Sterileinheit

Rast- und Betätigungselement
RFID-Transponder
chirurgisches Instrument
Längsachse
Instrumentenschaft
Endeffektor
Trokar
Körperöffnung
Trokar
Körperöffnung
Stabendoskop
Kopfteil
Stab
Strahlengang
Brennpunkt

A1 bis A3	Bewegungsrichtung
P1 bis P3	Position
T1 bis T4	geplante Körperöffnung
V, V'	Abstandsvektor
x_z, y_z, z_z	Koordinaten des Zielgebiets im Koordinatensystem der Vorrichtung
X, Y, Z	Koordinatensystem der Vorrichtung
X', Y', Z'	Patientenkoordinatensystem
x'_z, y'_z, z'_z	Koordinaten des Zielgebiets im Patientenkoordinatensystem

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102014117407 [0003]
- DE 102014117408 [0003]
- US 7666191 B1 [0004]
- DE 10242953 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie, mit einer Instrumenteneinheit (300), die ein chirurgisches Instrument (500) mit einem Instrumentenschaft (512) hat, dessen proximales Ende durch eine Körperöffnung (802) eines Patienten (18) zu einem durch Koordinaten (x_z, y_z, z_z) eines Koordinatensystems (X, Y, Z) der Vorrichtung festgelegten Zielgebiet (30, 31, 916) führbar ist,

mit mindestens einer Koppereinheit (100) eines Manipulatorarms (16), mit der wahlweise die Instrumenteneinheit (300) verbindbar ist, mit einer Steuereinheit (40, 46),

– die bei einer Verbindung der Instrumenteneinheit (300) mit der Koppereinheit (100) den zur Längsachse (510) des Instrumentenschafts (512) des chirurgischen Instrumentes (500) orthogonalen Abstandsvektor (V) zwischen der Längsachse (510) und dem durch die Koordinaten (x_z, y_z, z_z) festgelegten Zielgebiet (30, 31, 916) ermittelt,

– die eine erste Steuerinformation erzeugt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors (V) einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet, und

mit einer Ausgabereinheit (41, 47), die abhängig von der ersten Steuerinformation ein Signal ausgibt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (40, 46) zumindest eine zweite Steuerinformation erzeugt, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors (V) einen zweiten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet, und dass die Ausgabereinheit (41, 47) ein Signal ausgibt.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgabereinheit (41, 47) der Vorrichtung auf Grund der ersten Steuerinformation ein erstes akustisches und/oder ein erstes optisches Signal ausgibt, und/oder dass die Ausgabereinheit (41, 47) auf Grund der zweiten Steuerinformation nur ein zweites akustisches und/oder nur ein zweites optisches Signal ausgibt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste akustische Signal ein an- und abschwellender Ton oder eine Tonfolge mit einer ersten Wiederholfrequenz ist und dass das zweite akustische Signal ein Dauerton ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste optische Signal ein blinkendes Lichtsignal mit einer ersten Blinkfrequenz ist und dass das zweite optische Signal ein Lichtsignal mit einer zweiten Blinkfrequenz ist, die auch null sein kann.

6. Verfahren zum Positionieren eines Manipulatorarms in einem Koordinatensystem (X, Y, Z) einer Vorrichtung zur robotergestützten Chirurgie, bei dem die Koordinaten (x_z, y_z, z_z) eines Zielgebietes (30, 31, 916) in einem Patienten (18) ermittelt werden,

bei dem zum Positionieren eines Manipulatorarms (16) eine Instrumenteneinheit (300) mit einer Koppereinheit (100) des Manipulatorarms (16) verbunden wird,

wobei die Instrumenteneinheit (300) ein chirurgisches Instrument (500) umfasst, das einen Instrumentenschaft (512) mit einer Längsachse (510) hat, bei dem bei einer Verbindung der Instrumenteneinheit (300) mit der Koppereinheit (100) mit Hilfe einer Steuereinheit (40, 46) der zur Längsachse (510) orthogonale Abstandsvektor (V) zwischen der Längsachse (510) und dem durch die Koordinaten (x_z, y_z, z_z) festgelegte Zielgebiet (30, 31, 916) ermittelt wird, und

bei dem mit Hilfe einer Ausgabereinheit (41, 47) ein erstes optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben wird, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors (V) einen ersten voreingestellten Wert hat und/oder unterschreitet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zweites optisches und/oder akustisches Signal ausgegeben wird, wenn der Betrag des ermittelten Abstandsvektors (V) einen zweiten voreingestellten Wert erreicht und/oder unterschreitet.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Manipulatorarm (16) so ausgerichtet wird, dass die Längsachse (514) des Instrumentenschafts (512) durch eine geplante oder tatsächliche operative Körperöffnung (802) eines Patienten (18) verläuft und das erste und/oder zweite optische und/oder akustische Signal ausgegeben wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Manipulatorarm (16) in einem ersten Schritt so ausgerichtet wird, dass die Längsachse (510) des Instrumentenschafts (512) durch eine geplante oder vorhandene operative Körperöffnung (802) des Patienten (18) verläuft, und dass der Manipulatorarm (16) in einem zweiten Schritt so bewegt wird, bis der mit Hilfe der Steuereinheit (40, 46) ermittelte Betrag des Abstandsvektors (V) zwischen der durch die geplante oder vorhandene operative Körperöffnung (802) des Patienten (18) verlaufende Längsachse (510) und dem durch die Koordinaten (x_z, y_z, z_z) festgelegten Zielgebiet (30, 31, 916) den ersten und/oder zweiten Wert erreicht oder unterschreitet, wobei der Manipulatorarm (16) automatisch durch die Vorrichtung selbst und/oder manuell bewegt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Manipulatorarm (16) in einem ersten Schritt so ausgerichtet wird, dass der mit Hilfe der Steuereinheit (40, 46) ermittelte Betrag des Abstandsvektors (V) zwischen der Längsachse (510) und dem durch die Koordinaten (x_z , y_z , z_z) festgelegten Zielgebiet (30, 31, 916) den ersten und/oder zweiten Wert erreicht oder unterschreitet, und dass der Manipulatorarm (16) in einem zweiten Schritt so ausgerichtet wird, dass die Längsachse (510) des Instrumentenschafts (512) durch die vorhandene oder geplante operative Körperöffnung (802) des Patienten (18) verläuft, wobei der Manipulatorarm (16) automatisch durch die Vorrichtung selbst und/oder manuell bewegt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das proximale Ende (514) des Instrumentenschafts (512) in die Körperöffnung (802) des Patienten (18) oder in einen in dem Patienten (18) eingeführten Trokar (800) eingeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das proximale Ende des Instrumentenschafts (512) zum Ausrichten des Manipulatorarms (16) im ersten Schritt nach Anspruch 9 oder im zweiten Schritt nach Anspruch 10 in die Körperöffnung (802) oder den Trokar (800) eingeführt wird.

13. Vorrichtung oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zielgebiet durch ein Zieloperationsgebiet (30), durch einen Mittelpunkt (31) eines Zieloperationsgebietes (30) oder durch die Lage eines anderen chirurgischen Instruments (300, 900) festgelegt ist.

14. Vorrichtung oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zielgebiet durch die Lage eines zumindest teilweise in den Körper des Patienten (18) eingeführten Endoskops (900) oder eines anderen bildgebenden Systems zum Erfassen von Bildern zumindest eines Ausschnitts eines Zieloperationsgebietes (30) festgelegt ist, vorzugsweise durch die optische Achse und/oder den Brennpunkt (916) der Abbildungsoptik des Endoskops (900) bzw. des bildgebenden Systems.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

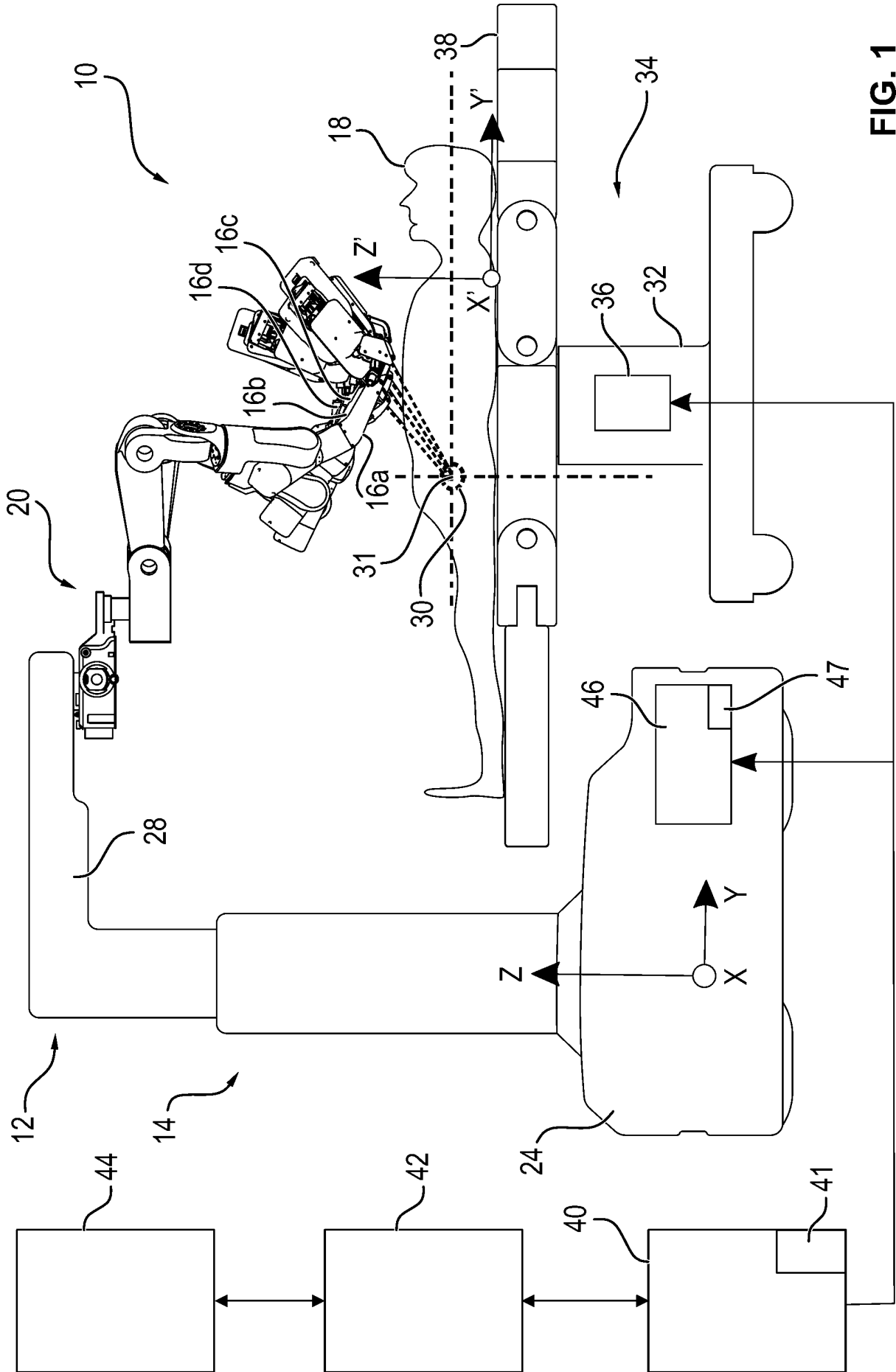


FIG. 1

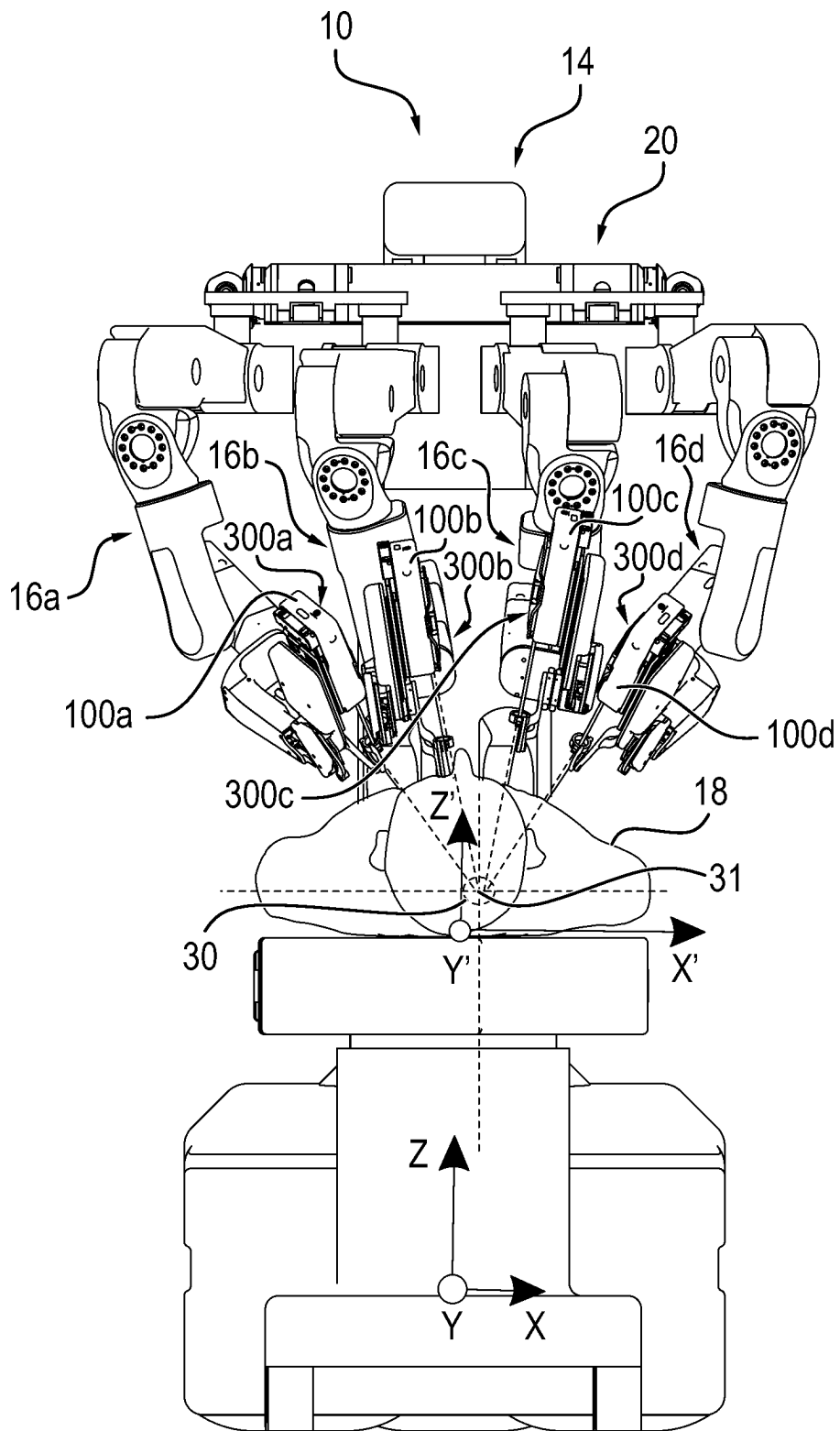


FIG. 2

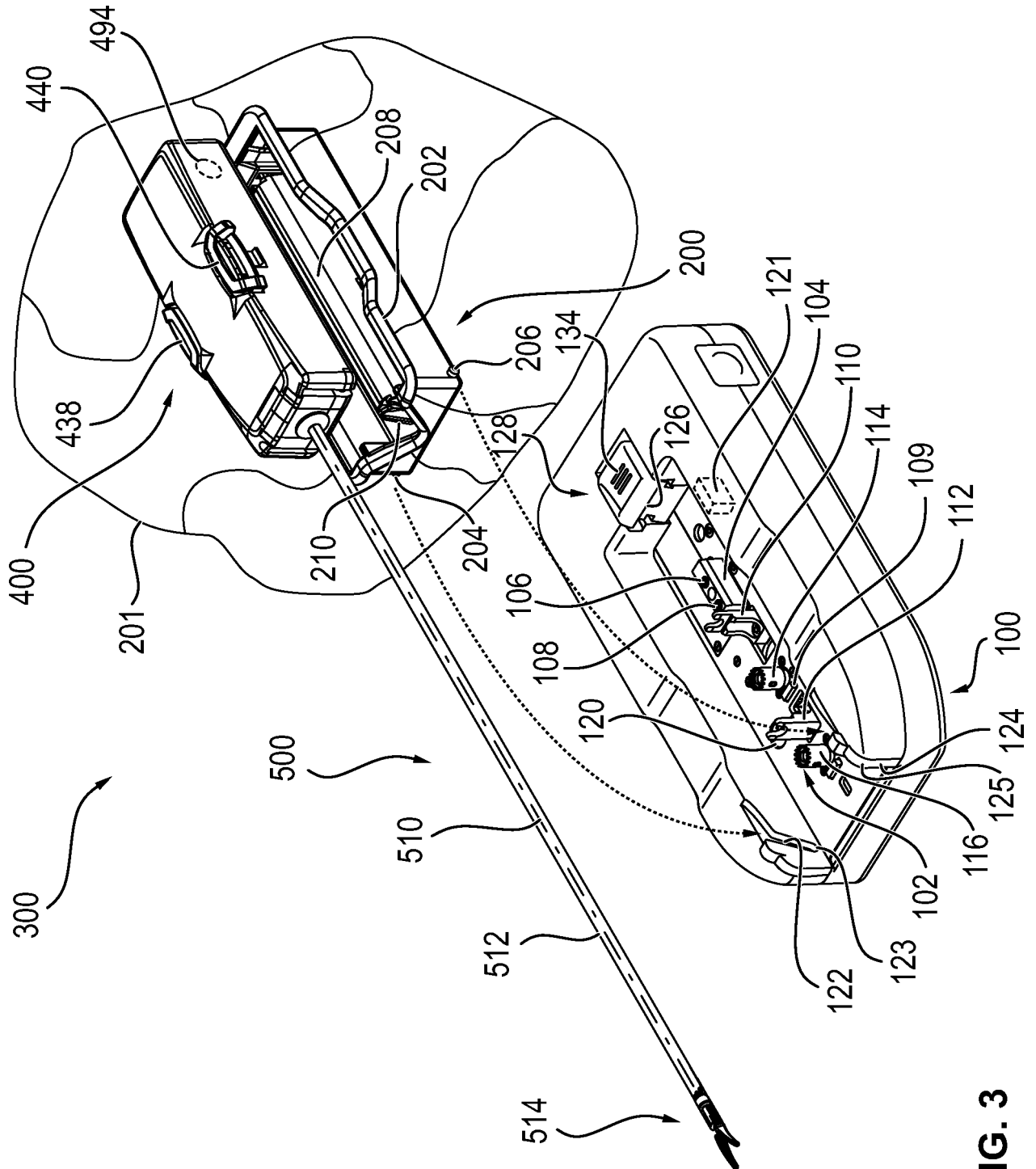


FIG. 3

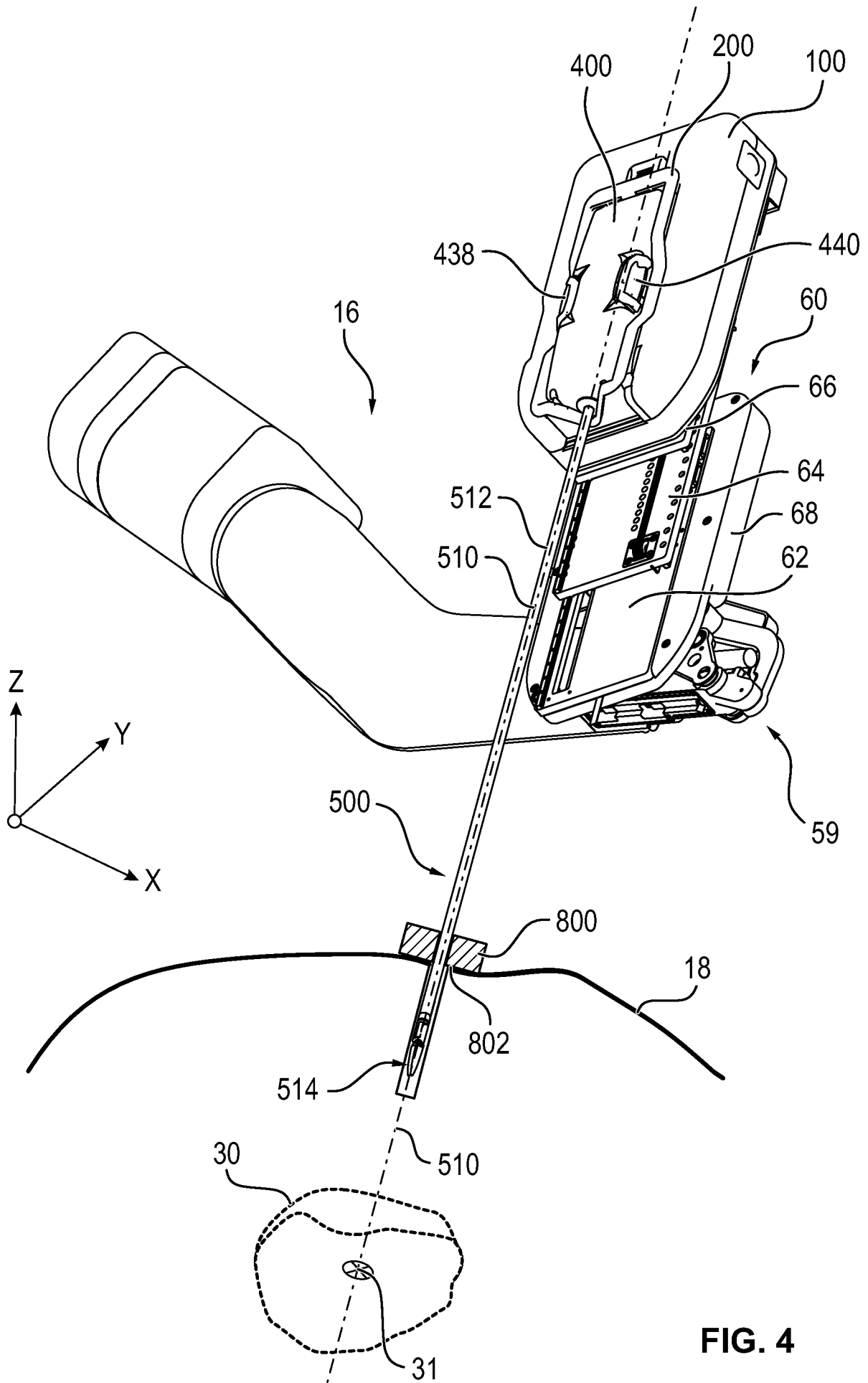


FIG. 4

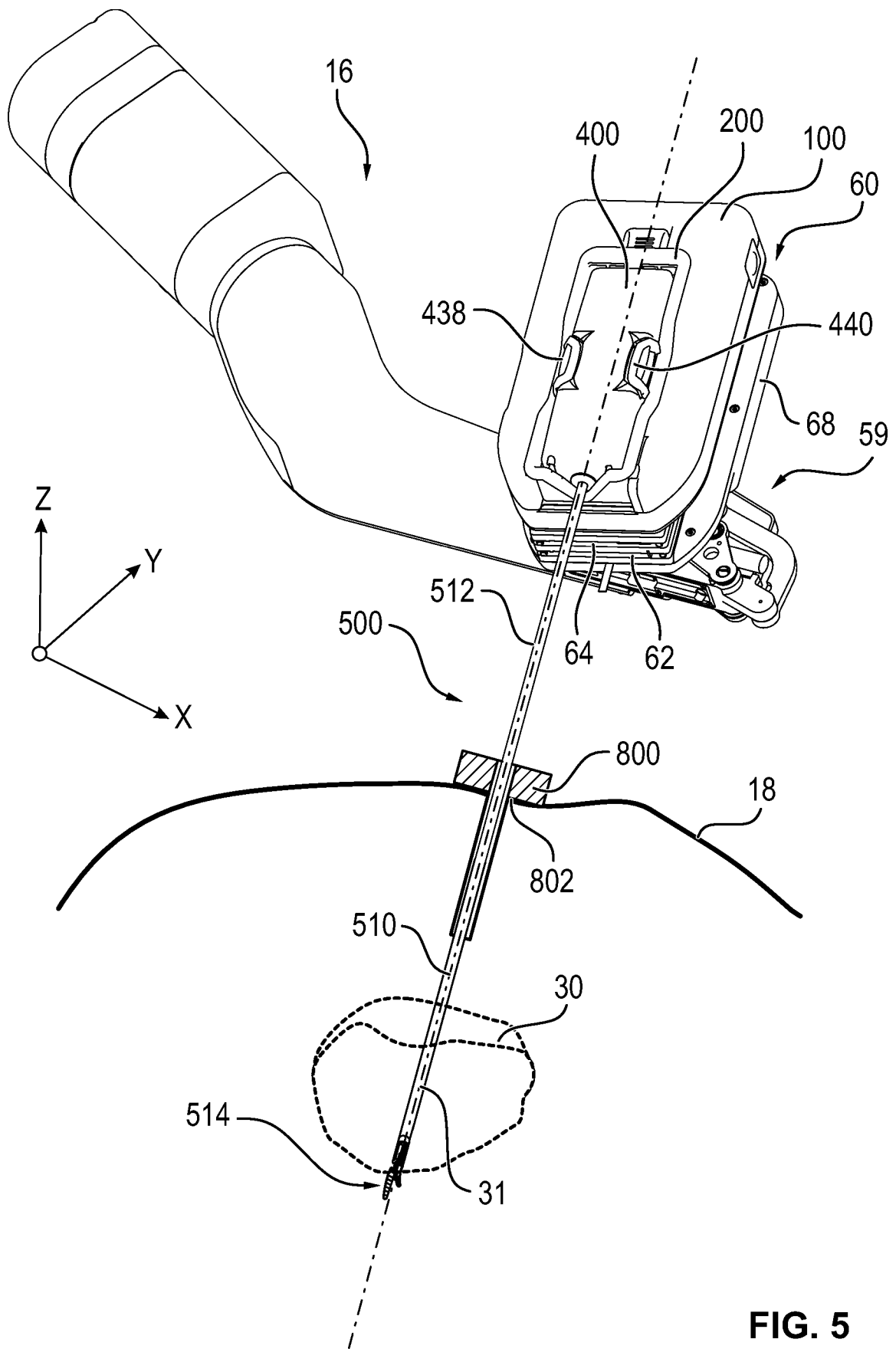


FIG. 5

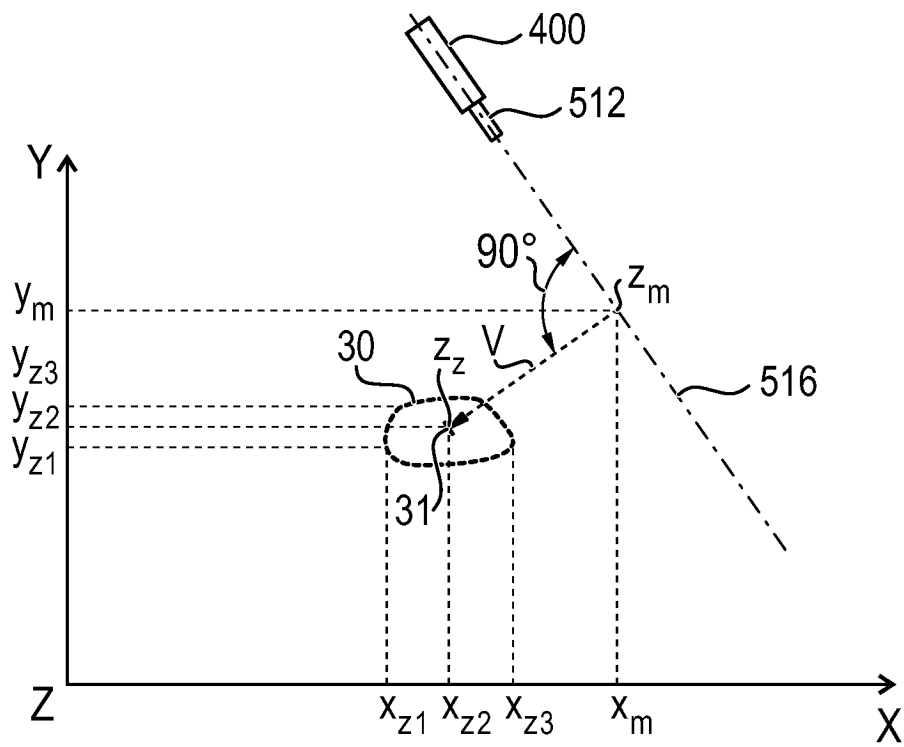


FIG. 6

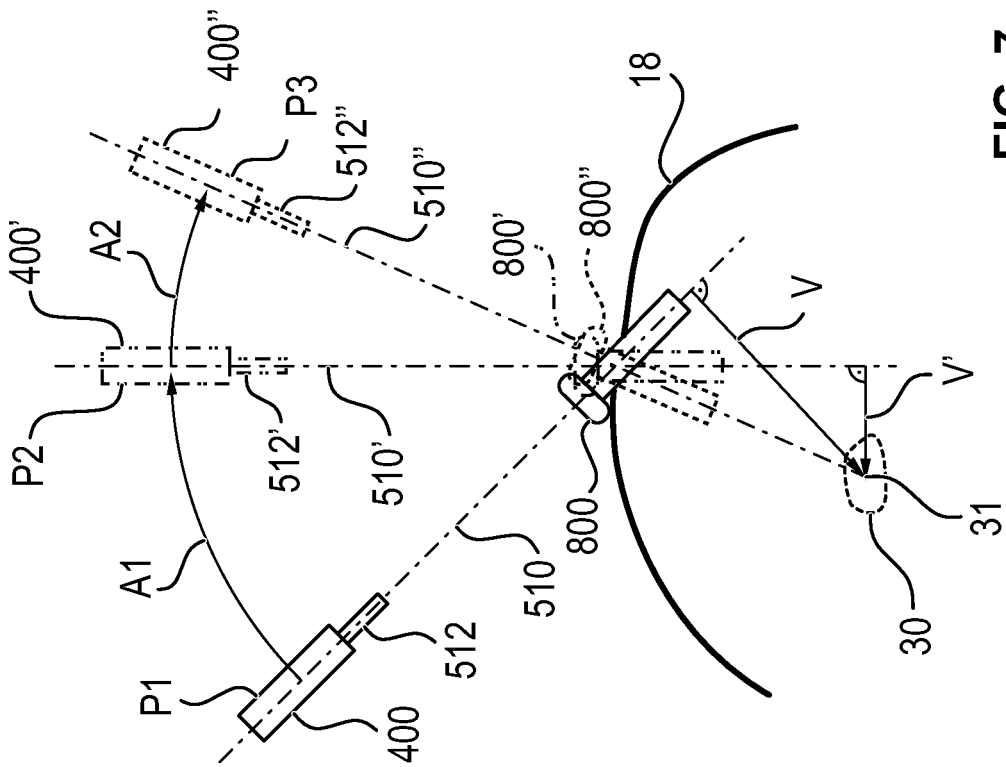


FIG. 7

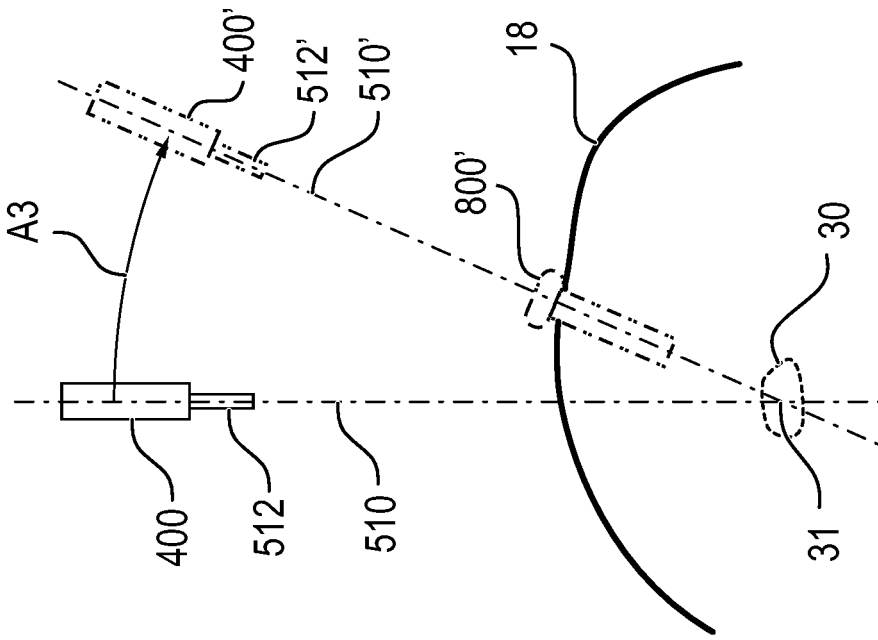


FIG. 8

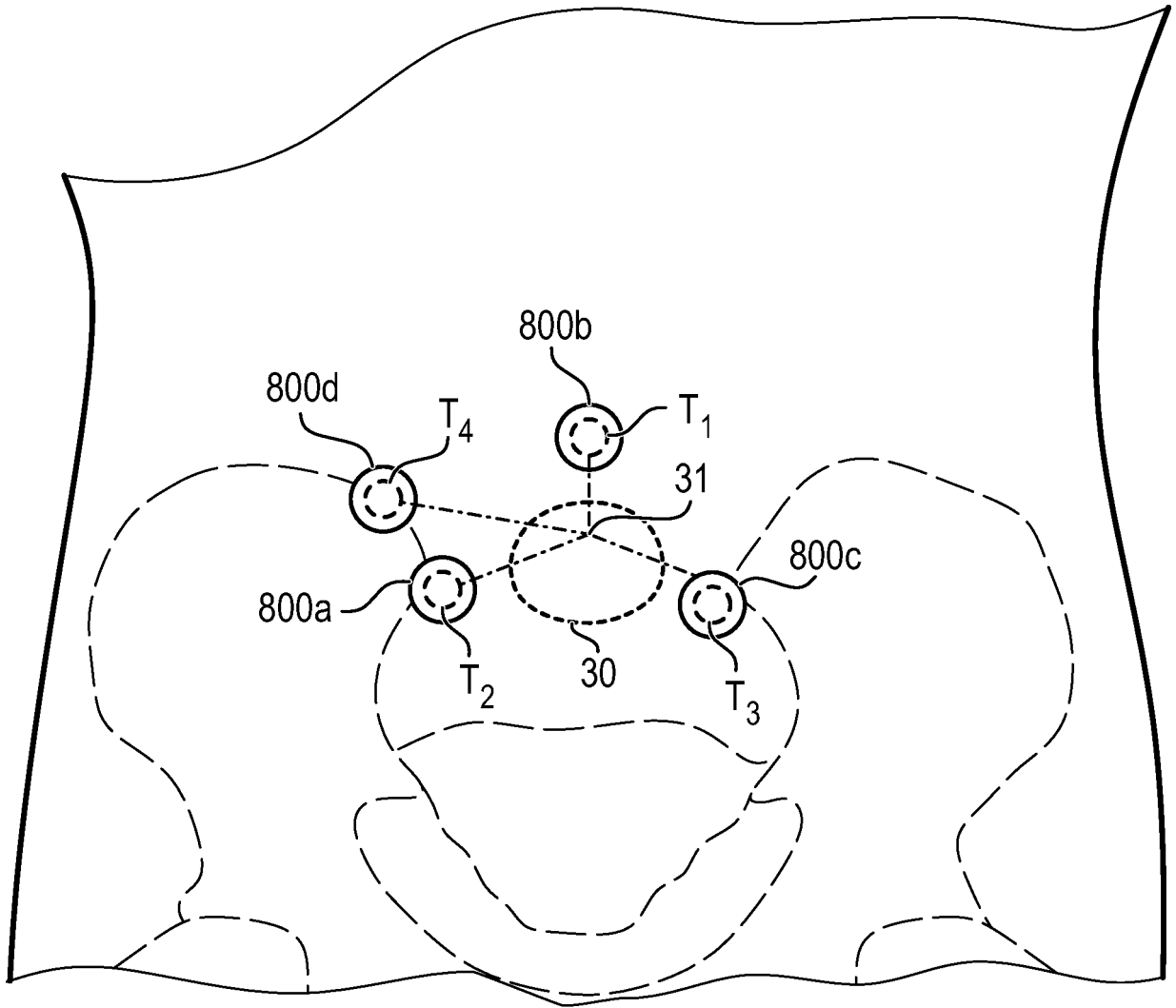


FIG. 9

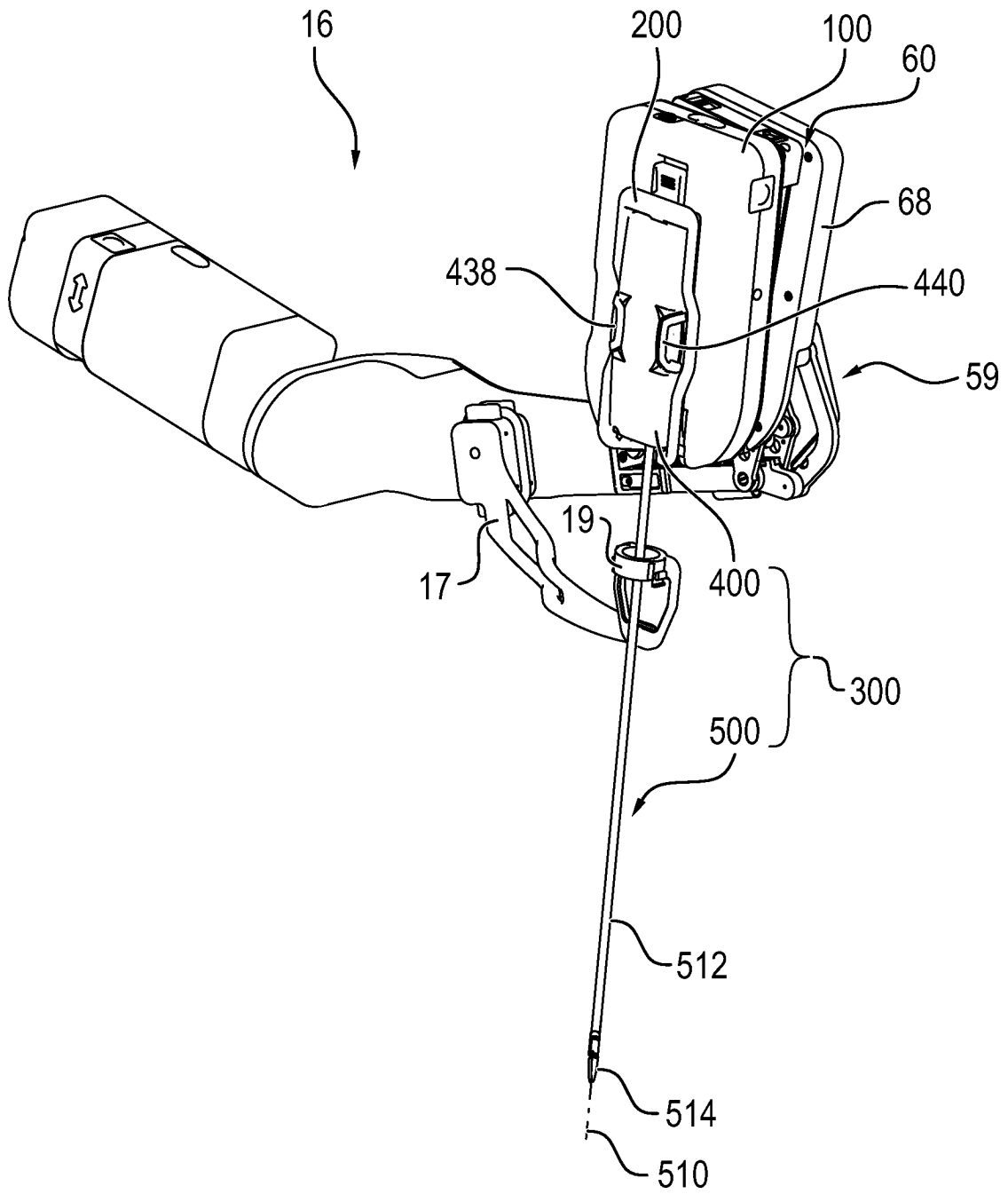


FIG. 10

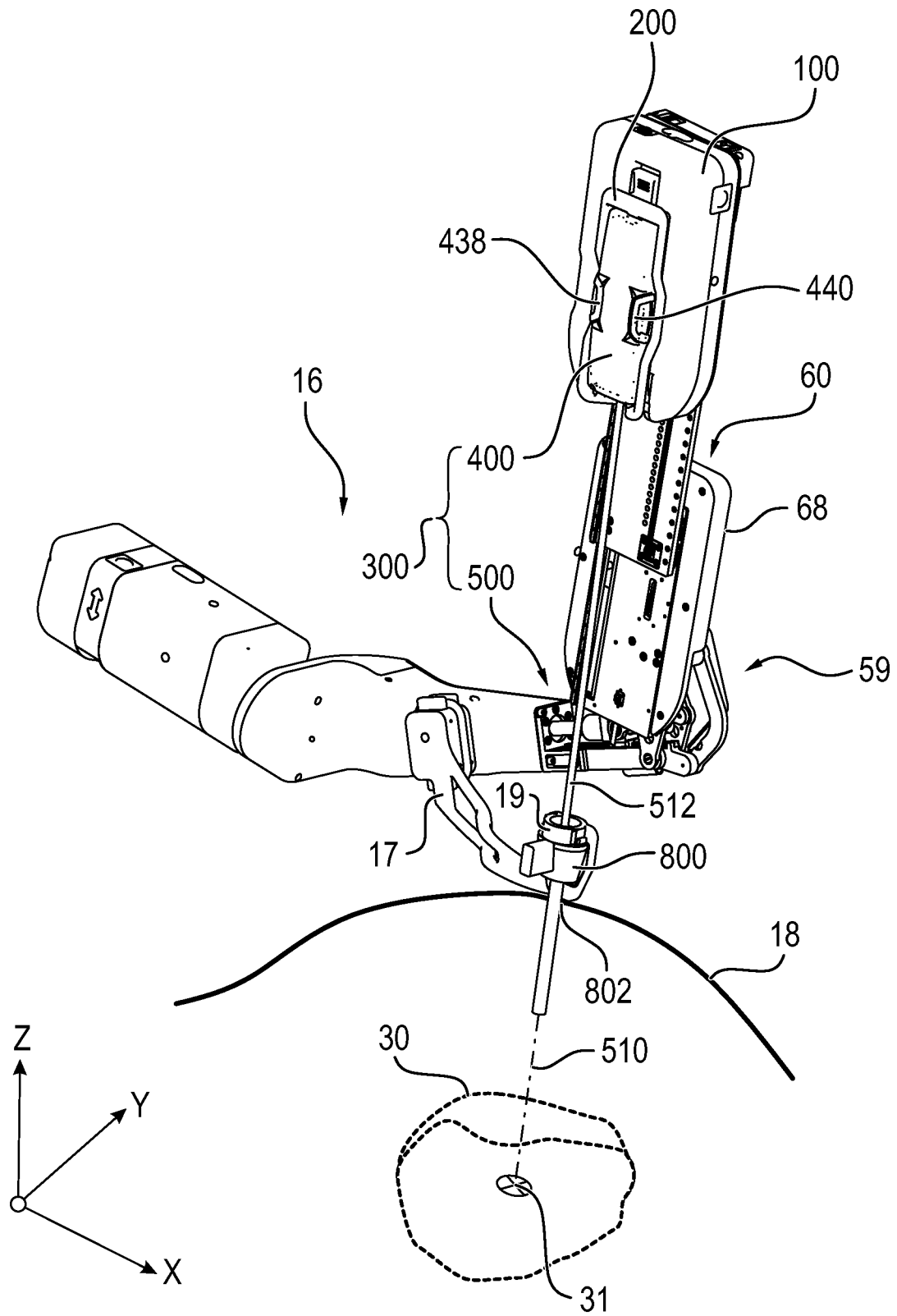


FIG. 11

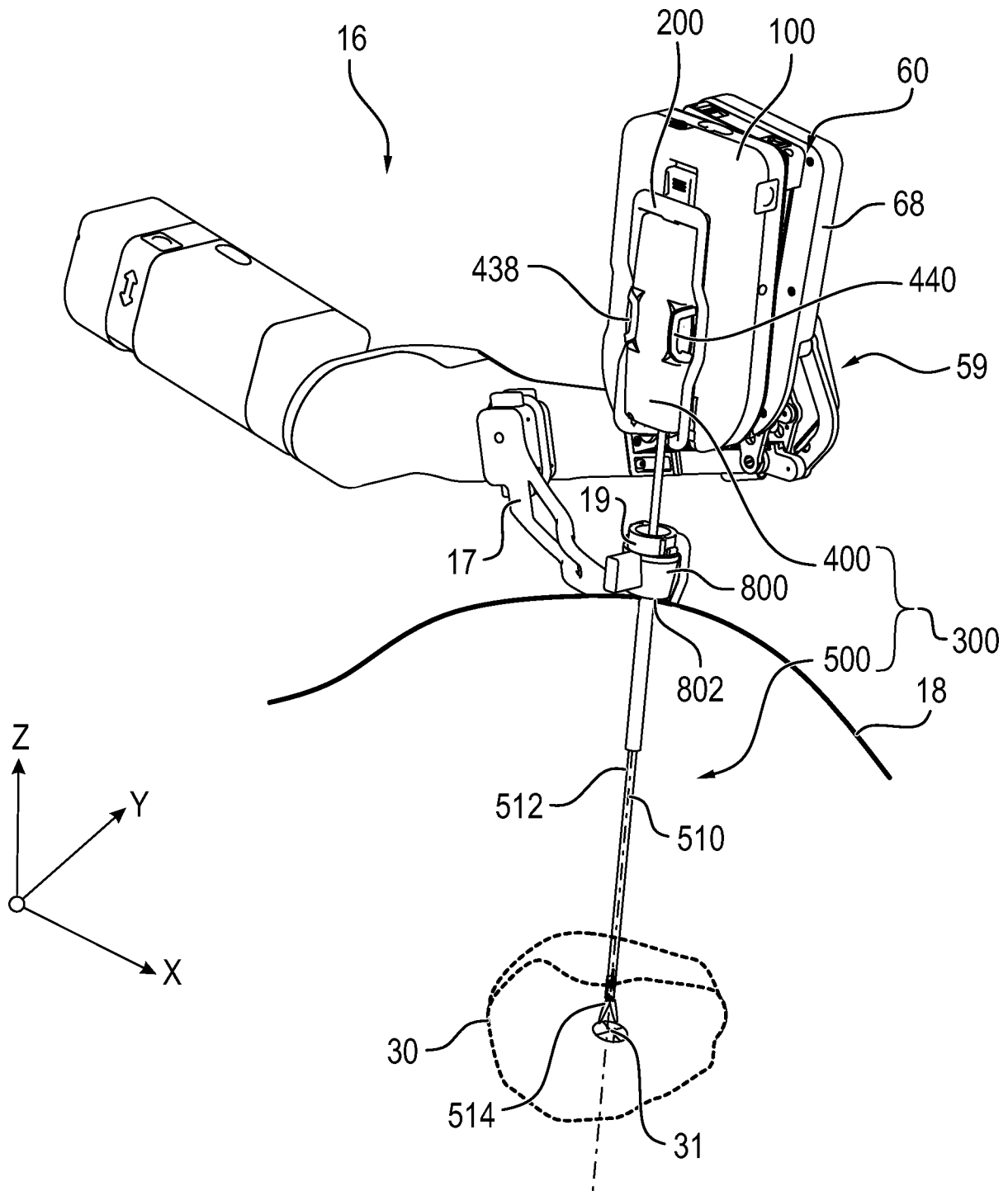


FIG. 12

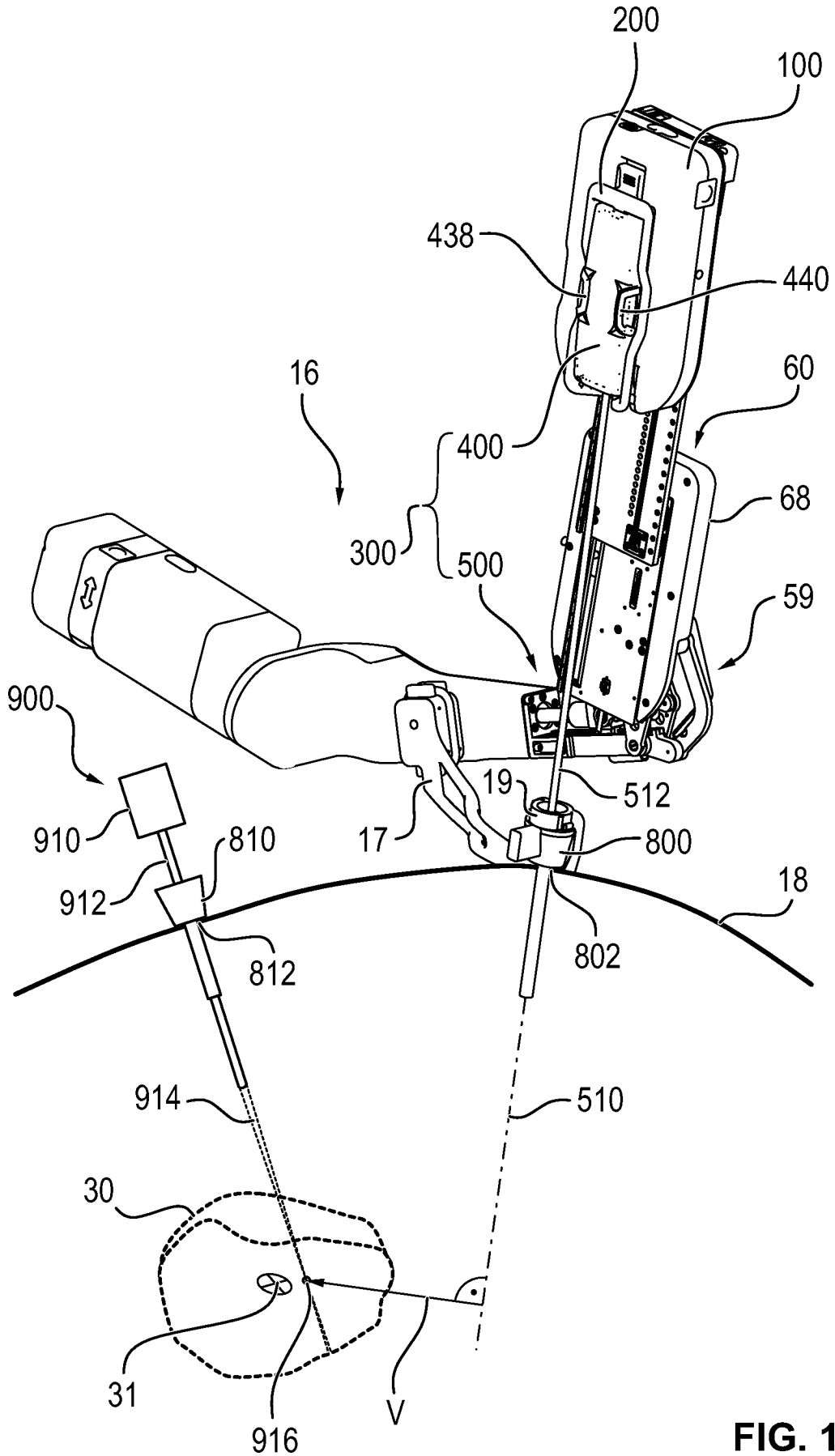


FIG. 13

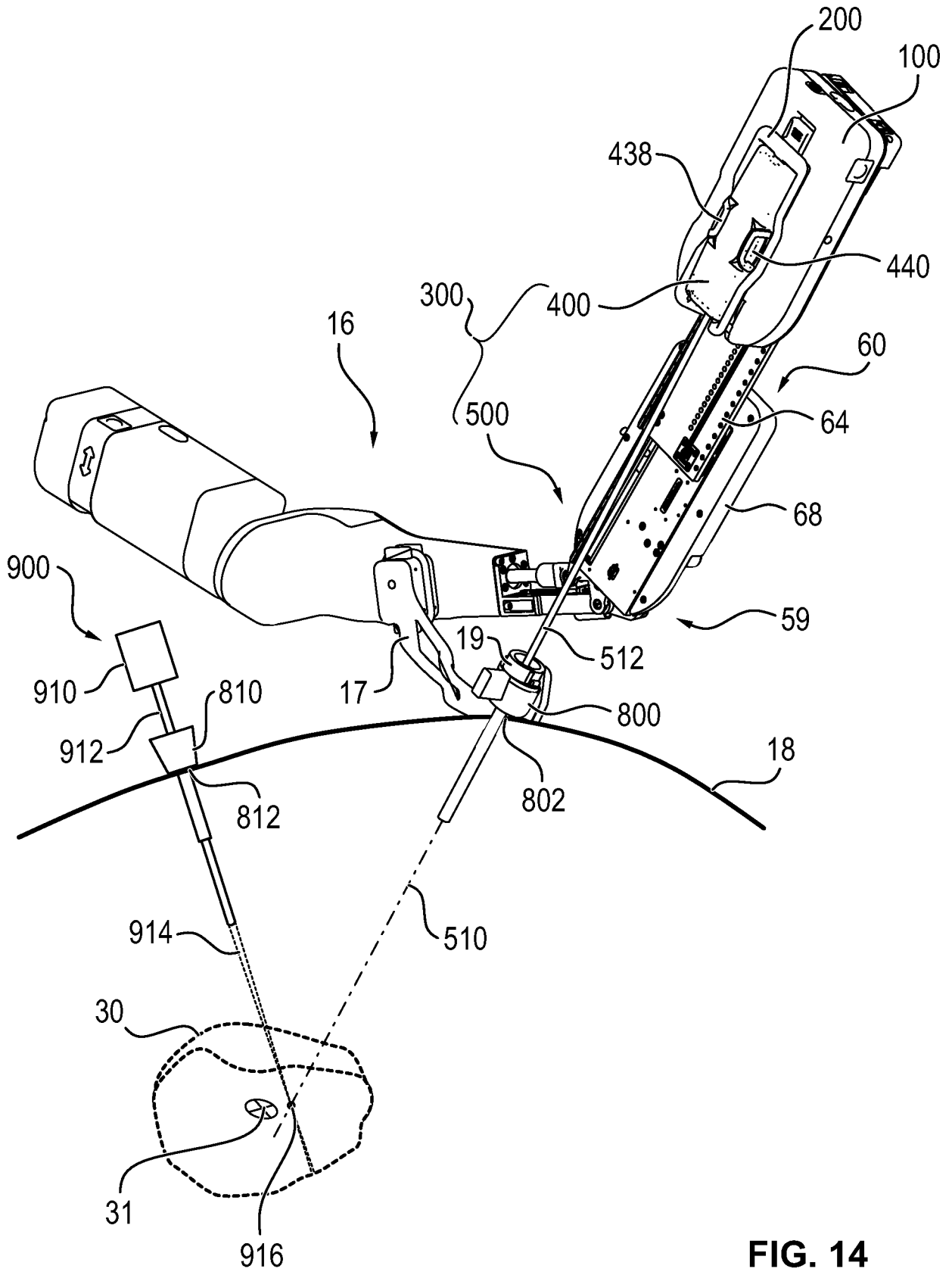


FIG. 14

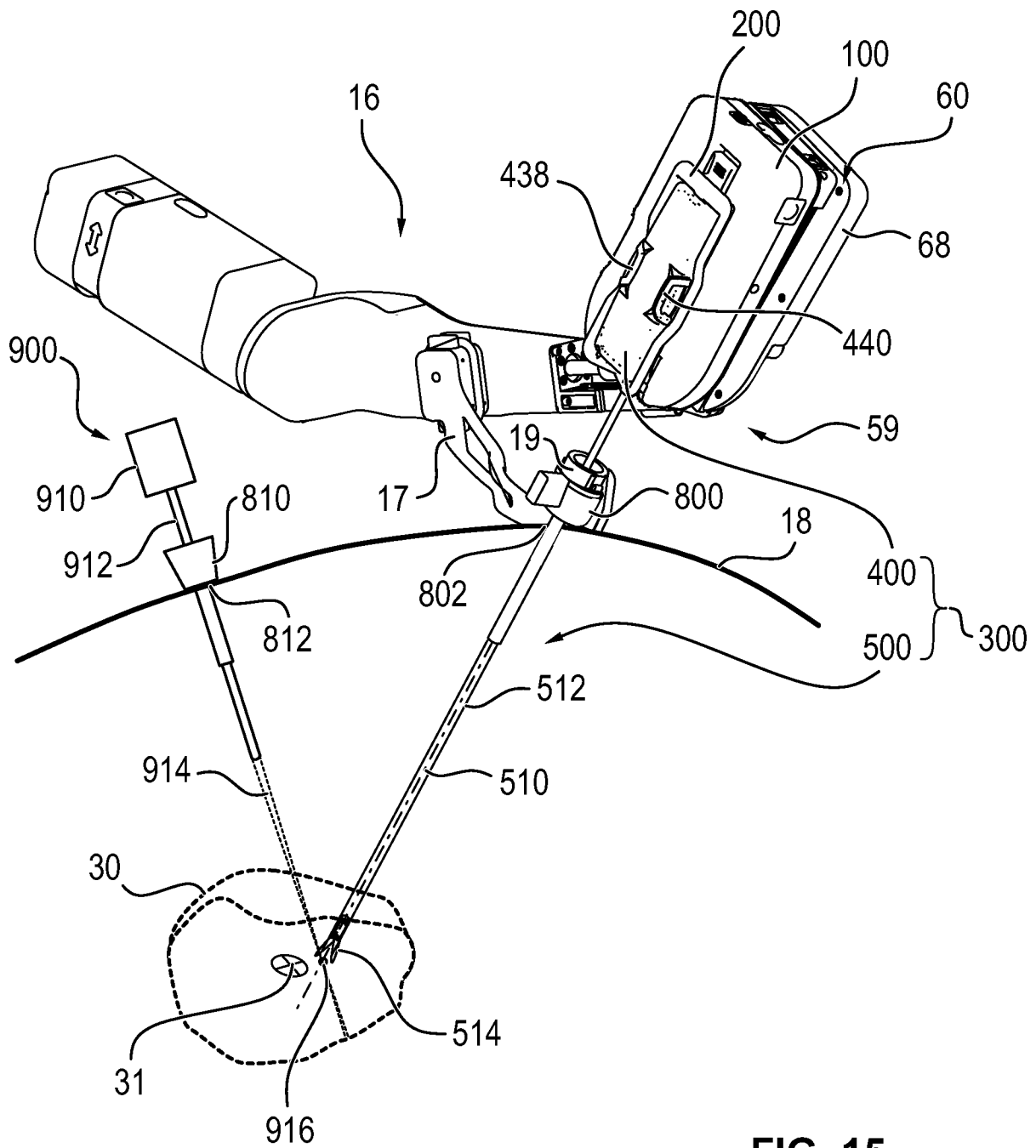


FIG. 15