



(10) **DE 10 2012 015 541 A1** 2014.02.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 015 541.7**

(22) Anmeldetag: **06.08.2012**

(43) Offenlegungstag: **06.02.2014**

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

A61B 17/00 (2006.01)

B25J 9/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

KUKA Laboratories GmbH, 86165, Augsburg, DE

(74) Vertreter:

**Wallinger Ricker Schlotter Tostmann Patent- und
Rechtsanwälte, 80331, München, DE**

(72) Erfinder:

**Lohmeier, Sebastian, 80639, München, DE; Neff,
Thomas, Dr., 80339, München, DE; Schober,
Wolfgang, 86554, Pöttmes, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

CH	697 260	B1
US	2009 / 0 024 142	A1
US	2009 / 0 326 324	A1
US	2011 / 0 277 775	A1

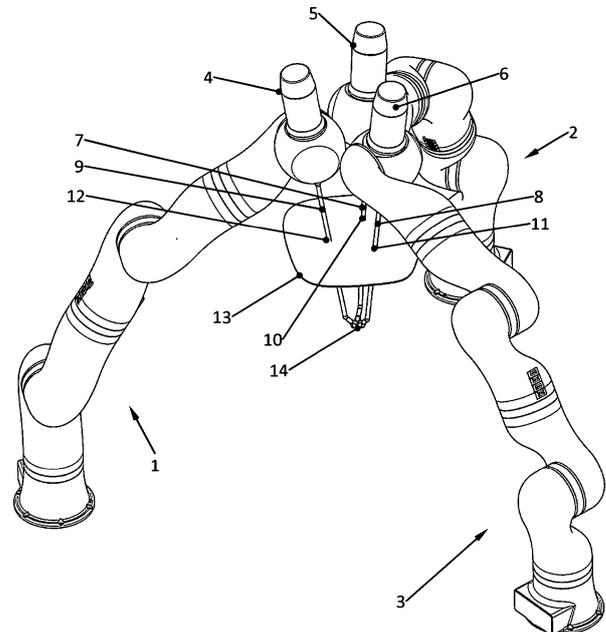
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

(54) Bezeichnung: **Chirurgierobotersystem**

(57) Zusammenfassung: Ein erfindungsgemäßes Chirurgierobotersystem umfasst eine Roboteranordnung mit wenigstens einem Roboter (1; 1', 2, 3); und eine Instrumentenanordnung mit wenigstens einem Instrument mit einem Instrumentenschaft (7; 7', 7'', 8; 8', 9), der zur teilweisen Einführung in einen Patienten vorgesehen ist, einer Instrumentenschnittstelle zur Befestigung des Instruments an der Roboteranordnung (1; 1', 2, 3), und einer, insbesondere modularen, Antriebseinheit (4; 4', 4'', 5, 6) zur Aktuierung von wenigstens einem Freiheitsgrad ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_e$) des Instrumentenschaftes, insbesondere eines Endeffektors, die ein Antriebsmittel mit wenigstens einem Antrieb und ein Elektronikteil mit wenigstens einem Steuer- und/oder Kommunikationsmittel aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Chirurgierobotersystem mit einer Roboter- und einer Instrumentenanordnung, eine Instrumentenanordnung für ein solches Chirurgierobotersystem, eine manuelle Betätigungseinheit für eine solche Instrumentenanordnung sowie Verfahren zum Bestücken einer solchen Roboteranordnung mit einem Instrument und eines Instruments mit einer Antriebseinheit.

[0002] Aus der deutschen Patentanmeldung 10 2012 008 535.4 der Anmelderin, betreffend ein Chirurgierobotersystem, deren Offenbarungsgehalt vollständig in die Offenbarung der vorliegenden Erfindung einbezogen wird, ist ein gattungsgemäßes Chirurgierobotersystem bekannt. **Fig. 1** zeigt zur Erläuterung exemplarisch ein erfindungsgemäßes Chirurgierobotersystem mit drei Robotern **1, 2, 3**, die jeweils ein Instrument **4, 5** bzw. **6** führen, das am proximalen, roboternahen Ende jeweils eine Antriebseinheit und am distalen, roboterfernen Ende einen Endeffektor mit einem oder mehreren Freiheitsgraden zur Positionierung in einem Operationsgebiet **14** aufweisen. Zwischen dem proximalen und distalen Ende erstreckt sich ein Instrumentenschaft **7, 8** bzw. **9**, der das Operationsgebiet **14** im Inneren eines Patienten durch eine kleine Öffnung **10, 11** bzw. **12** beispielsweise in einer Bauchdecke **13** erreichen. Nicht dargestellt ist eine haptische Eingabestation, von der aus das Chirurgieroboter-System teleoperiert wird.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Chirurgierobotersystem zu verbessern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Instrumentenanordnung für ein Chirurgierobotersystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Anspruch 10 stellt eine Chirurgierobotersystem mit einer solchen Instrumentenanordnung, Anspruch 7 eine manuelle Betätigungseinheit für eine solche Instrumentenanordnung, die Ansprüche 17, 18 ein Verfahren zum Bestücken eines Chirurgierobotersystems bzw. Instruments unter Schutz. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

[0005] Ein Chirurgierobotersystem nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Roboteranordnung mit einem oder mehreren, insbesondere zwei oder mehr gleich- und/oder zwei oder mehr verschiedenartigen Robotern. In einer Weiterbildung weisen ein oder mehrere Roboter der Roboteranordnung je wenigstens 6, insbesondere wenigstens 7 Freiheitsgrade auf, um ein robotergeführtes Instrument, insbesondere telemanipuliert, zu positionieren.

[0006] Das Chirurgierobotersystem umfasst weiter eine Instrumentenanordnung bzw. ein Instrumentensystem bzw. -satz nach einem Aspekt der vorliegenden

den Erfindung, die bzw. das bzw. der ein oder mehrere, insbesondere zwei oder mehr gleich- und/oder zwei oder mehr verschiedenartige, Instrumente umfasst, die zur Befestigung an einem Roboter der Roboteranordnung eingerichtet sind, insbesondere eine Instrumentenschnittstelle zur Befestigung an einem Roboter der Roboteranordnung aufweisen. Eine Instrumentenschnittstelle ist in einer Weiterbildung zur lösbaren, insbesondere form- und/oder kraft-, insbesondere reibschlüssigen, Befestigung an einer entsprechenden, insbesondere komplementären Roboterschnittstelle der Roboteranordnung eingerichtet.

[0007] Ein oder mehrere Instrumente der Instrumentenanordnung weisen jeweils einen Instrumentenschaft auf, der zur teilweisen Einführung in einen Patienten vorgesehen ist. Hierzu kann der Schaft abschnittsweise oder über seine gesamte Länge starr oder beweglich, insbesondere gelenkig oder flexibel, ausgebildet sein und/oder eine Länge aufweisen, die wenigstens das 15fache, vorzugsweise wenigstens das 20fache seines maximalen Durchmessers beträgt. Zur kompakteren Darstellung wird auch ein proximaler Flansch des Instrumentenschaftes, der insbesondere zur Befestigung des Instruments am Roboter eine Instrumentenschnittstelle und/oder zur Befestigung einer Antriebseinheit eine entsprechende Antriebsschnittstelle aufweisen kann, als Teil des Instrumentenschaftes bezeichnet.

[0008] In einer Weiterbildung weist der Instrumentenschaft an seinem distalen Ende einen Endeffektor mit einem oder mehreren Freiheitsgraden, insbesondere ein Skalpell, eine Klemme, Zange oder Schere, einen Sender und/oder Empfänger, insbesondere eine Lichtquelle, ein Lichtleitende und/oder eine Kamera auf. Zur Aktuierung eines oder mehrerer Freiheitsgrade des Instrumentenschaftes, insbesondere von Instrumentenschaftteilen relativ zueinander und/oder von einem Endeffektor, kann in einer Weiterbildung ein Antriebsstrang in dem Instrumentenschaft angeordnet sein. Unter einem Antriebsstrang wird vorliegend insbesondere verallgemeinernd eine Anordnung zur mechanischen, pneumatischen, hydraulischen und/oder elektrischen Übertragung von Kräften und/oder Bewegungen verstanden, die in einer Weiterbildung insbesondere ein oder mehrere Zug- und/oder Druckstäbe, Seile, Bänder, Rollen, Getriebe, Hydraulikleitungen und dergleichen aufweisen kann. Diesbezüglich wird auch auf die deutschen Patentanmeldung 10 2012 008 537.0 und die internationalen Patentanmeldungen PCT/EP2012/000358 und PCT/EP2012/000719 der Anmelderin verwiesen, deren Offenbarungsgehalt vollständig in die Offenbarung der vorliegenden Erfindung einbezogen werden.

[0009] Zur Aktuierung von einem oder mehreren Freiheitsgraden des Instrumentenschaftes, insbesondere eines Endeffektors, ist nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Antriebseinheit vor-

gesehen, die in einer Ausführung modular ausgebildet sein, insbesondere eine mechanische Antriebschnittstelle zur lösbaren Verbindung mit der Antriebsstranganordnung aufweisen kann. Unter einer modularen Ausbildung wird vorliegend insbesondere eine Ausbildung derart verstanden, dass die modular ausgebildete Einheit als Ganzes bzw. als eine Baueinheit handhabbar, insbesondere mehrfach mit anderen Teilen verbind- bzw. von diesen lösbar ist, und vorzugsweise ein eigenes Gehäuse aufweist.

[0010] In einer Weiterbildung umfasst eine Instrumentenanordnung zwei oder mehr modulare Antriebseinheiten, die wahlweise mit demselben Instrumentenschaft verbindbar sind, und/oder zwei oder mehr Instrumentenschnäpfe, die wahlweise mit derselben modularen Antriebseinheit verbindbar sind. Insbesondere können die mechanischen Antriebschnittstellen von einer oder mehreren modularen Antriebseinheiten und die Antriebsstranganordnungen von einem oder mehreren Instrumentenschnäpfen aufeinander abgestimmt und verbindbar, insbesondere komplementär bzw. kongruent ausgebildet sein, beispielsweise miteinander zusammenwirkende Kupplungsmittel aufweisen.

[0011] Eine Antriebseinheit weist in einer Weiterbildung ein Antriebsteil mit einem oder mehreren Antrieben, die insbesondere je wenigstens einen Motor, insbesondere Elektromotor, ein Getriebe, Stromsensor, Referenz- und Endschalter und/oder einen Positions- und/oder Kraftsensor zur Erfassung einer Position einer Abtriebswelle bzw. einer auf eine Abtriebswelle wirkende Kraft aufweisen können, sowie ein Elektronikteil mit einem oder mehreren Steuer- und/oder Kommunikationsmitteln auf. Ein Steuermittel kann insbesondere zur Steuerung des Antriebsteils, insbesondere von dessen Antrieb(en), eingerichtet sein, ein Kommunikationsmittel zur Kommunikation mit dem Antriebsteil, insbesondere dessen Antrieb(en) und/oder Sensor(en), und/oder zur Kommunikation mit einem Roboter der Roboteranordnung, insbesondere einer (Instrumenten)Steuerung. Entsprechend kann ein Elektronikteil insbesondere die gesamte Antriebs-, insbesondere Leistungselektronik eines oder mehrerer Antriebe des Antriebsteils oder einen Teil davon aufweisen bzw. bilden. Zusätzlich oder alternativ kann ein Elektronikteil ein oder mehrere Mittel zur Signalverarbeitung, insbesondere von Sensorsignalen des Antriebsteils, aufweisen bzw. bilden.

[0012] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist der Elektronikteil einer oder mehrerer Antriebseinheiten der Instrumentenanordnung modular ausgebildet und weist eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, lösbaren Verbindung mit einem Antriebsteil der jeweiligen Antriebseinheit, eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, vorzugsweise

lösbbaren, Verbindung mit dem Instrumentenschaft, und/oder eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, vorzugsweise lösbaren, Verbindung mit der Roboteranordnung auf.

[0013] Zusätzlich oder alternativ kann auch der Antriebsteil einer oder mehrerer Antriebseinheiten der Instrumentenanordnung modular ausgebildet sein und eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, lösbaren Verbindung mit einem Elektronikteil der jeweiligen Antriebseinheit, eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, vorzugsweise lösbaren, Verbindung mit dem Instrumentenschaft, insbesondere dessen Antriebsstrang, und/oder eine Schnittstelle zur, insbesondere elektrischen und/oder mechanischen, vorzugsweise lösbaren, Verbindung mit der Roboteranordnung aufweisen.

[0014] Durch diese Aufteilung der mechatronischen Antriebseinheit in einen Elektronikteil und einen Antriebsteil, von denen wenigstens einer modular ausgebildet ist, entsprechend nachfolgend auch als Elektronikmodul bzw. Antriebsmodul bezeichnet wird, und eine Schnittstelle zur lösbaren Verbindung mit dem anderen von dem Elektronik- und dem Antriebsteil aufweist, kann vorteilhaft Gewicht und Volumen der vom OP-Personal handzuhabenden Bauteile reduziert und so die Bedienerfreundlichkeit des Robotersystems verbessert werden. Beispielsweise kann ein Elektronikmodul unabhängig vom Instrument mit einem an dem Instrument fest oder lösbar befestigten Antriebsteil gehandhabt werden und beispielsweise vorab am Roboter befestigt werden oder bei Entfernung des Instruments (zunächst) am Roboter verbleiben.

[0015] Aus einer Trennung sämtlicher Elektronikbaugruppen von den Motoren und Sensoren des Antriebsmoduls kann eine hohe Anzahl elektrischer Kontakte zwischen beiden Modulen resultieren. Daher können in einer Ausführung auch ein oder mehrere Steuer- und/oder Kommunikationsmittel, insbesondere Elektronik-Baugruppen, im Antriebsmodul angeordnet sein. Insbesondere kann die Anzahl der Leitungen durch eine Integration der Leistungselektronik und/oder der Stromregelung in das Antriebsmodul gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung reduziert werden.

[0016] Eine Schnittstelle des Elektronikmoduls kann in einer Ausführung insbesondere die mechanische und/oder elektrische Instrumentenschnittstelle zur Befestigung des Instruments durch das Elektronikmodul an einem Roboter der Roboteranordnung bilden. Insbesondere kann das Elektronikmodul fest oder lösbar mit dem Roboter verbunden sein bzw. werden, so dass seine Schnittstelle zur Verbindung mit dem Antriebsteil und/oder mit dem Instrumentenschaft eine Instrumentenschnittstelle bildet. Ist das

Elektronikmodul lösbar über eine Schnittstelle mit dem Roboter verbunden, bildet diese eine (weitere) Instrumentenschnittstelle zur Befestigung des Instruments durch das Elektronikmodul an dem Roboter.

[0017] In einer Ausführung ist das Elektronikmodul sterilisierbar ausgebildet, beispielsweise, indem seine Steuer- und/oder Kommunikationsmittel bis auf die Schnittstelle(n) in einem Gehäuse hermetisch aufgenommen, insbesondere eingeformt sind. Zusätzlich oder alternativ kann es ganz oder teilweise von einer sterilen Hülle umgeben sein, die in einer Weiterbildung auch den Roboter, mit dem das Elektronikmodul verbunden ist, ganz oder teilweise umgeben kann.

[0018] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung sind eine oder mehrere modulare manuelle Betätigungseinheiten zum wahlweisen Ersetzen einer modularen Antriebseinheit eines Instruments der Instrumentenanordnung des Chirurgierobotersystems vorgesehen. Unter einem wahlweisen Ersetzen wird vorliegend insbesondere verstanden, dass wahlweise eine manuelle Betätigungseinheit anstelle einer motorischen Antriebseinheit an dem Instrument, insbesondere seinem Instrumentenschaft, befestigt wird bzw. wenigstens eine Antriebs- und wenigstens eine Betätigungseinheit so aufeinander abgestimmt sind, dass sie gegeneinander austauschbar sind.

[0019] Insbesondere kann eine manuelle Betätigungseinheit eine mechanische Antriebsschnittstelle zur Verbindung mit einer Antriebsstranganordnung des Instruments aufweisen, die einer mechanischen Antriebsschnittstelle der wahlweise zu ersetzenden Antriebseinheit zur Verbindung mit dieser Antriebsstranganordnung entspricht. Mit anderen Worten kann die Instrumentenanordnung nach diesem Aspekt wenigstens eine manuelle Betätigungseinheit und wenigstens eine modulare Antriebseinheit aufweisen, deren mechanische Antriebsschnittstellen einander entsprechen. Die mechanischen Antriebsschnittstellen der wahlweise an dem Instrument lösbar zu befestigenden Betätigungseinheit und Antriebseinheit können insbesondere jeweils Kupplungsmittel zur Verbindung mit der Antriebsstranganordnung aufweisen, die einander in ihrer Funktion, geometrischen Konfiguration und/oder Anordnung relativ zueinander bzw. zu einem Befestigungsmittel zur lösbaren Befestigung der Betätigungs- bzw. Antriebseinheit an dem Instrument entsprechen.

[0020] Die mechanischen Antriebsschnittstellen der Betätigungs- bzw. Antriebseinheit können einander auch in der Anzahl der durch sie aktuierten Freiheitsgrade, beispielsweise in der Anzahl der Kupplungsmittel, insbesondere Achsen, entsprechen. Gleichmaßen ist es möglich, dass durch die Betätigungseinheit und die Antriebseinheit unterschiedliche Freiheitsgrade des Instruments, ins-

besondere eine unterschiedliche Anzahl Freiheitsgrade, aktuiert ist, beispielsweise, indem an der Stelle einer oder mehrerer Achsen der Antriebsstranganordnung bei der mechanischen Antriebsschnittstelle der Betätigungs- oder der Antriebseinheit kein Kupplungsmittel vorgesehen ist, diese Achse(n) der Antriebsstranganordnung bei angeschlossener Betätigungs- bzw. Antriebseinheit sozusagen blind geschaltet, in einer Ausführung in einer, insbesondere vorgegebenen, Stellung gesperrt, sind. In einer Weiterbildung kann die Aktuierbarkeit einer oder mehrerer Freiheitsgrade der Antriebsstranganordnung durch die manuelle Betätigungseinheit wahlweise gesperrt werden, vorzugsweise, indem ein entsprechender Betätigungsfreiheitsgrad der Betätigungseinheit oder eine entsprechende Achse ihrer mechanischen Antriebsschnittstelle, insbesondere mechanisch, hydraulisch oder elektromagnetisch, wahlweise blockiert wird. In einer Ausführung weist die Betätigungseinheit hierzu eine Blockiervorrichtung mit mechanischen Elementen auf, mit denen einzelne Teile der mechanischen Antriebsschnittstelle, insbesondere Kupplungsmittel, in einer vorgegebenen Position fixierbar sind.

[0021] Ein Vorteil robotergeführter Instrumente ist die Möglichkeit, Freiheitsgrade in das distale Ende zu integrieren, um eine gegenüber manuellen laparoskopischen Instrumenten gesteigerte Beweglichkeit im Eingriffsgebiet zu erreichen. Zugleich wird dem Operateur durch die robotische Führung und Aktuierung des Instruments eine einfache Bedienung der Instrumente ermöglicht. Wenn ein Instrument, das ursprünglich zur manuellen Bedienung ausgebildet ist, an einen Roboter angebunden und mit Hilfe von dessen Freiheitsgrade und/oder einer instrumenteneigenen Antriebseinheit aktuiert wird, kann bei einer Funktionsstörung auf manuelle Operationstechnik konvertiert und mit den gleichen Instrumenten weiteroperiert werden.

[0022] Gemäß dem vorstehend genannten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann vorteilhaft ein Instrument mit einer robotisch optimierten Antriebsschnittstelle verwendet werden, indem die mechanische Antriebsschnittstelle der manuellen Betätigungseinheit zur Verbindung mit einer Antriebsstranganordnung des Instruments der mechanischen Antriebsschnittstelle der motorischen Antriebseinheit strukturell nachgebildet wird bzw. entspricht. Auf diese Weise wird eine menschliche Bedienerschnittstelle für ein robotergeführtes Instrument mit distaler Kinematik bereitgestellt. Dies kann insbesondere den Vorteil eines einfacheren Aufbaus der Antriebseinheit, einer besseren Skalierbarkeit hinsichtlich der distalen Kinematik sowie eines einheitlichen Steuerkonzepts ergeben.

[0023] In einer Weiterbildung kann die mechanische Antriebsschnittstelle der manuellen Betätigungsein-

heit auch elektrische Kontakte aufweisen, über die insbesondere Informationen zwischen Betätigungseinheit und Instrument ausgetauscht werden können und/oder Energie zwischen Betätigungseinheit und Instrument übertragen werden kann, beispielsweise von bzw. zu einem Sensor an einem Endeffektor des Instrumentenschafes.

[0024] Gemäß einer Ausführung weist eine manuelle Betätigungseinheit eine Basis auf, die ein Befestigungsmittel zur lösbaren Befestigung an einem oder verschiedenen Instrumenten der Instrumentenanordnung aufweist, und an der ein Handhebel mit einem oder mehreren Freiheitsgraden gelagert ist, dessen Aktuierung, insbesondere skaliert, auf die mechanische Antriebsschnittstelle der Betätigungseinheit übertragen wird, um so den Antriebsstrang bzw. die Freiheitsgrade des mit der Betätigungseinheit lösbar verbundenen Instruments bzw. Instrumentenschafes zu aktivieren. Unter einer skalierten Übertragung wird insbesondere eine Übertragung verstanden, bei der ein linearer oder rotatorischer Betätigungsweg über- oder untersetzt und/oder kinematisch transformiert wird, insbesondere auf eine andere Achse und/oder von einer translatorischen in eine rotatorische oder von einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung. Das Befestigungsmittel der Basis kann dazu eingerichtet sein, mit einem, insbesondere komplexeren, Befestigungsmittel des Instrumentenschafes zusammenzuwirken, beispielsweise in Form einer Steck-, Rast- und/oder Schraubverbindung.

[0025] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Instrumentenschnittstelle zur Befestigung eines oder mehrerer Instrumente der Instrumentenanordnung an der Roboteranordnung eine Befestigungssperre auf, die durch eine Antriebseinheit dieses Instruments lösbar ist, insbesondere durch eine an dem Instrumentenschaft befestigte Antriebseinheit, vorzugsweise nur durch eine korrekt an dem Instrumentenschaft befestigte und/oder funktionstüchtige Antriebseinheit.

[0026] Auf diese Weise kann verhindert werden, dass der Roboter ein nicht funktionstüchtiges Instrument führt.

[0027] Die Befestigungssperre kann in einer Ausführung mechanisch und/oder elektromagnetisch wirken, beispielsweise einen verstellbaren Vorsprung oder Riegel aufweisen, der im ausgefahrenen Zustand eine Befestigung an der Roboteranordnung formschlüssig verhindert. Die Befestigungssperre kann in einer Ausführung durch die Antriebseinheit mechanisch und/oder sensorisch aktiviert werden, beispielsweise, indem ein Vorsprung der Antriebseinheit einen Hebel der Befestigungssperre betätigt oder die Antriebseinheit von der Befestigungssperre sensorisch erkannt wird, insbesondere über einen mechanischen Schalter, induktiv, kapazitiv, optisch und/

oder mittels RFID. Hierzu kann wenigstens eine Antriebseinheit einen RFID-Transponder aufweisen, die Befestigungssperre einen RFID-Reader.

[0028] Zusätzlich oder alternativ zu einer Befestigungssperre kann die Roboteranordnung ein Anwesenheitserkennungsmittel zum Erkennen einer Anwesenheit einer Antriebseinheit an einem robotergeführten Instrument aufweisen. Hierzu kann insbesondere, vorzugsweise an einem Roboter, insbesondere an einer Schnittstelle des Roboters zur Anbindung der Instrumentenschnittstelle des Instruments, ein, insbesondere mechanischer, induktiver, kapazitiver, optischer und/oder RFID-Sensor bzw. Reader vorgesehen sein.

[0029] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Instrumentenmagazin zum Speichern von einem oder mehreren Instrumenten der Instrumentenanordnung vorgesehen, so dass, insbesondere während eines OP-Betriebs, wahlweise nicht benötigte bzw. nicht robotergeführte Instrumente der Instrumentenanordnung gespeichert bzw. gelagert werden können, insbesondere mit einer modularen Antriebseinheit versehene Instrumente. Zusätzlich oder alternativ kann das Instrumentenmagazin dazu eingerichtet sein, ein oder mehrere Instrumentenschäfte und/oder modulare Antriebseinheiten der Instrumentenanordnung separat bzw. getrennt voneinander zu speichern. In einer Ausführung kann das Instrumentenmagazin als translatorisches und/oder rotatorisches Wechselmagazin ausgebildet sein, das wahlweise durch translatorische und/oder rotatorische Bewegung verschiedene Instrumente an demselben Ort zur Aufnahme durch einen Roboter der Roboteranordnung positionieren kann.

[0030] Durch ein Instrumentenmagazin kann die Roboteranordnung, insbesondere während einer OP, einfach mit unterschiedlichen Instrumenten bestückt werden. Vorzugsweise ist hierzu eine Kontaktfläche des Instrumentenmagazins zur Lagerung der Instrumentenanordnung steril bzw. sterilisierbar ausgebildet oder mit einer sterilen Hülle abgedeckt. Hierbei führt der Roboter der Roboteranordnung das Ablegen bzw. das Entnehmen eines Instrumentes in das bzw. aus dem Instrumentenmagazin vorzugsweise selbsttätig durch, so dass vorteilhafterweise keine zusätzliche Hilfseinrichtung bzw. keinen zusätzlichen Roboter zum Wechseln des Instrumentes notwendig ist.

[0031] In einer Weiterbildung weist das Instrumentenmagazin ein Energiezufuhrmittel zur kontaktierenden oder kontaktfreien Energieversorgung von einem oder mehreren in dem Magazin gespeicherten Instrumenten bzw. Antriebseinheiten auf. Eine kontaktfreie Energieversorgung kann beispielsweise mittels einer transformatorischen Magnetanordnung ohne geschlossenen Eisenkern erfolgen, bei der Energiezufuhrmittel und Antriebseinheit(en) Pri-

mär- und Sekundärspule(n) aufweisen. Die Energieübertragung kann vorzugsweise im Mittelfrequenzbereich erfolgen. Durch eine kontaktierende oder kontaktfreie Energieversorgung von im Instrumentenmagazin gespeicherten Antriebseinheiten können in einer Ausführung wiederaufladbare Energiespeicher der Antriebseinheiten aufgeladen werden. Entsprechend weisen in einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ein oder mehrere Antriebseinheiten der Instrumentenanordnung wiederaufladbare Energiespeicher auf.

[0032] Zusätzlich oder alternativ zu der Energieversorgung können wenigstens zwei von dem Instrumentenmagazin, der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung, insbesondere Instrumentenmagazin und Instrumentenanordnung, ein Kommunikationsmittel zur uni- oder bidirektionalen drahtgebundenen oder drahtlosen, insbesondere induktiven oder funkbasierten, Kommunikation zwischen den wenigstens zwei von dem Instrumentenmagazin, der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung, insbesondere zwischen Instrumentenmagazin und Instrumentenanordnung, aufweisen. Insbesondere kann wenigstens eines von dem Instrumentenmagazin, der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung einen Sender und wenigstens ein anderes von dem Instrumentenmagazin, der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung einen Empfänger aufweisen. Hierdurch kann beispielsweise ein Status von im Instrumentenmagazin gespeicherten Instrumenten abgefragt und/oder solche Instrumente initialisiert, (re)kalibriert und/oder zurückgesetzt werden. Insbesondere können also Instrumentenmagazin und Instrumentenanordnung, Instrumentenmagazin und Roboteranordnung, insbesondere einer Steuerung der Roboteranordnung, und/oder Instrumentenmagazin und Roboteranordnung, insbesondere einer Steuerung der Roboteranordnung, dasselbe oder unterschiedliche Kommunikationsmittel aufweisen, insbesondere ein oder mehrere vorstehend beschriebene Kommunikationsmittel.

[0033] Zur Energieversorgung von an einem robotergeführten Instrument angeordneten Antriebseinheiten sind diese in einer Ausführung über eine sterile Kabelverbindung mit einer stationären Energiequelle verbunden. Zusätzlich oder alternativ kann eine kontaktfreie Energieversorgung vorgesehen sein, wie sie vorstehend bereits mit Bezug auf die Energieversorgung von in einem Instrumentenmagazin gespeicherten Antriebseinheiten und exemplarisch auch in EP 2 396 796 A1 und EP 2 340 611 A1 beschrieben sind, deren Offenbarungsgehalt vollständig in die Offenbarung der vorliegenden Erfindung einbezogen wird. Wie vorstehend beschrieben, kann zusätzlich oder alternativ zu einer Energieversorgung auch eine uni- oder bidirektionale Signalübertragung zwischen einer Antriebseinheit eines robotergeführten Instruments und einer Instrumentensteuerung vorgesehen

sein, die verallgemeinernd als Teil der Roboteranordnung verstanden wird. Zusätzlich oder alternativ kann, wie vorstehend beschrieben, eine Energie- und/oder Signalübermittlung auch über eine Schnittstelle der Roboteranordnung und eine damit verbundene Schnittstelle des Elektronik- und/oder des Antriebsteils vorgesehen sein. Daher kann nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung allgemein das Chirurgierobotersystem eine sterile Kabelverbindung, eine Schnittstellenverbindung oder ein kabelloses Energie- und/oder Signalübertragungsmittel zur Energie- und/oder Signalübertragung zwischen der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung oder einem Instrumentenmagazin aufweisen.

[0034] Gleichermaßen ist es möglich, eine Antriebseinheit eines robotergeführten Instruments über dessen Instrumentenschnittstelle durch den Roboter mit Energie zu versorgen.

[0035] Insbesondere in letzteren Fall kann bei einem Wechsel eines Instruments bzw. einer Antriebseinheit von einem Instrumentenmagazin auf bzw. an einen Roboter und umgekehrt, d. h. bei Anbindung bzw. Ablage des Instruments bzw. der Antriebseinheit deren Energieversorgung unterbrochen werden. Insbesondere für diesen Fall weisen nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine oder mehrere Antriebseinheiten jeweils einen elektrischen Energiespeicher zur, wenigstens temporären, autarken Energieversorgung der Antriebseinheit auf. Der Energiespeicher ist vorzugsweise so ausgebildet, dass er wenigstens während einer Wechselzeit wenigstens ein Steuer- und/oder Kommunikationsmittel eines Elektronikteils einer Antriebseinheit mit Energie versorgen kann bzw. dass er für wenigstens 10 Sekunden und/oder für höchstens 5 Minuten ein Steuer- und/oder Kommunikationsmittel mit Energie versorgen kann.

[0036] In einer Weiterbildung ist es auch möglich, den Energiespeicher so zu dimensionieren bzw. auszubilden, dass er die Antriebseinheit, insbesondere während einer OP bzw. für wenigstens 30 Minuten und/oder für höchstens 5 Stunden autark mit Energie versorgen kann. Auf diese Weise kann vorteilhaft eine kabelgebundene Energieversorgung der Instrumente mit entsprechenden räumlichen Beschränkungen und/oder Interferenzen entfallen.

[0037] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist das Chirurgierobotersystem einen ersten Kommunikationskanal und einen oder mehrere weitere Kommunikationskanäle zwischen der Roboteranordnung, insbesondere einer Instrumentensteuerung, und einem oder mehreren Instrumenten der Instrumentenanordnung auf. Hierdurch kann insbesondere die Betriebssicherheit erhöht werden.

[0038] In einer Weiterbildung arbeiten ein oder mehrere dieser weiteren Kommunikationskanäle auf einem anderen physikalischen Träger bzw. Vermittler als der erste Kommunikationskanal, um nicht nur redundant, sondern diversitär zu diesem zu sein. Beispielsweise kann einer von dem ersten und einem weiteren Kommunikationskanal strom- oder spannungsbasiert ausgebildet sein, der andere von dem ersten und dem weiteren Kommunikationskanal elektromagnetisch, optisch, induktiv oder kapazitiv. Vorzugsweise ist wenigstens ein weiterer Kommunikationskanal nach dem Ruhestromprinzip bzw. derart ausgebildet, dass ein Wegfall eines Signals auf diesem Kommunikationskanal als Fehler identifiziert wird. Wenigstens ein weiterer Kommunikationskanal kann insbesondere nur zur Übertragung von Statusinformationen eingerichtet sein. Vorzugsweise wird die Roboteranordnung und/oder die Instrumentenanordnung, insbesondere die robotergeführte Instrumentenanordnung, sicher stillgesetzt, falls auf wenigstens einem weiteren Kommunikationskanal ein Fehlersignal übertragen wird, worunter verallgemeinernd, wie vorstehend beschrieben, auch der komplementäre Wegfall eines Freigabesignals verstanden wird. In einer Ausführung kann mittels des ersten und/oder eines weiteren Kommunikationskanals die Anwesenheit eines mit der Antriebseinheit bestückten Instruments übertragen bzw. erkannt werden.

[0039] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Chirurgierobotersystem ein ein- oder mehrteiliges, insbesondere optisches und/oder akustisches, Anzeigemittel auf zum Anzeigen eines Status eines Instruments der Instrumentenanordnung, insbesondere eines Wechselstatus und/oder Betriebsstatus. Unter einem Wechselstatus wird vorliegend insbesondere ein Status eines Instruments verstanden, das gewechselt, d. h. an einem Roboter der Roboteranordnung befestigt oder von diesem getrennt werden soll. Unter einem Betriebsstatus wird vorliegend insbesondere ein Status eines Instruments verstanden, der dessen Betriebsbereitschaft, insbesondere deren (Rest)Dauer, und/oder dessen bisherigen Betrieb, insbesondere dessen bisherige Betriebszeit oder dessen bisherige Einsatzanzahl, beschreibt.

[0040] Auf diese Weise kann dem OP-Personal ein eindeutiger und rascher Überblick zur Verfügung gestellt werden, welche Instrumente demnächst gewechselt werden bzw. zur Verfügung stehen.

[0041] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum, insbesondere wahlweisen, Bestücken einer Roboteranordnung eines erfindungsgemäßen Chirurgierobotersystems mit einem oder mehreren Instrumenten der Instrumentenanordnung und/oder zum, insbesondere wahlweisen, Bestücken eines oder mehrerer solcher Instrumente mit einer Antriebseinheit.

[0042] Nach einer Ausführung umfasst das Verfahren eine Registrierung eines Instruments durch eine modulare Antriebseinheit bei Kopplung bzw. Verbindung dieser Antriebseinheit mit dem Instrument, insbesondere Instrumentenschaft. Die Registrierung kann insbesondere automatisch erfolgen. In einer Weiterbildung wird dabei, insbesondere nach dem Herstellen einer mechanischen Verbindung von Instrument und Antriebseinheit, eine Kopplung mit einem Instrument von der Antriebseinheit erkannt und ein Registrierungsvorgang zur konkreten Bestimmung des angeschlossenen Instruments aktiviert. Das Instrument kann sich selbst aktiv identifizieren bzw. aktiv Signale bzw. Daten an die Antriebseinheit übermitteln, oder passiv identifiziert werden.

[0043] Die in der Antriebseinheit registrierten Instrumentendaten, beispielsweise eine Identifikationsnummer und/oder Spezifikation des Instrumentenschaftes, etwa seine Freiheitsgrade und/oder kinematischen Parameter, insbesondere individuelle Kalibrierdaten, werden in einer Ausführung an die Roboteranordnung bzw. ihrer Instrumentensteuerung übermittelt, vorzugsweise bei Registrierung oder nach Anbindung an einen Roboter.

[0044] In einer Ausführung werden Daten registrierter Instrumente in der Roboteranordnung, insbesondere ihrer Instrumentensteuerung, insbesondere in einer Datenbank, abgespeichert und vorzugsweise periodisch oder ereignisgesteuert aktualisiert.

[0045] In einer Ausführung sind ein oder mehrere Instrumente, insbesondere Instrumentenschäfte, der Instrumentenanordnung in einem Instrumentenmagazin ohne Antriebseinheit gespeichert, die Applikation der Antriebseinheit an ein Instrument erfolgt während des Wechselvorgangs. Dafür verfügt das Instrumentenmagazin in einer Weiterbildung über einen Antriebseinheits-Manipulator zur Handhabung der Antriebseinheit während des Instrumentenwechsels. Der Antriebseinheits-Manipulator verfügt vorzugsweise über keine eigenen Bewegungsfreiheitsgrade – mit Ausnahme eines Spannmechanismus für die Antriebseinheit, sämtliche Positionierbewegungen werden von dem bzw. den instrumentenführenden Robotern der Roboteranordnung ausgeführt. Dadurch kann die Anzahl der Antriebseinheiten und/oder die Gesamtzahl der im Robotersystem enthaltenen aktuierten Freiheitsgrade reduziert werden. Zusätzlich kann dieses Konzept den Aufwand zur Energieversorgung der Antriebseinheiten reduzieren, da keine Energieversorgung der im Magazin abgelegten antriebseinheitslosen Instrumente erforderlich ist, es muss in einer Ausführung lediglich die Energieversorgung der Antriebseinheit für den Zeitraum gewährleistet sein, in dem sie nicht am Manipulatorarm adaptiert ist und von dort mit Energie versorgt wird. Die Energieversorgung der Antriebseinheit während die-

ses Zeitraums kann insbesondere über den Antriebseinheits-Manipulator erfolgen.

[0046] Um unterschiedliche Antriebseinheiten handhaben zu können, kann der Antriebseinheits-Manipulator optional mit mehreren Greifern, die auch unterschiedlich ausgeprägt sein können, ausgestattet sein. In einer Weiterbildung weist der Antriebseinheits-Manipulator eine oder mehrere translatorische und/oder rotatorische Bewegungsmöglichkeiten auf, um jeweils die benötigte Antriebseinheit bereitzustellen.

[0047] Zwei oder mehr der vorstehend erläuterten Aspekte und deren Ausführungen und Weiterbildungen können vorteilhafterweise miteinander kombiniert sein.

[0048] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

[0049] Fig. 1: ein Chirurgieroboter-System nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0050] Fig. 2A, Fig. 2B: ein robotergeführtes Instrument einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0051] Fig. 3: ein robotergeführtes Instrument einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0052] Fig. 4: eine manuelle Betätigungseinheit einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0053] Fig. 5A, Fig. 5B: das Chirurgieroboter-System der Fig. 2A in anderer Blickrichtung (Fig. 5A) bzw. bei nicht befestigter Antriebseinheit (Fig. 5B);

[0054] Fig. 6: ein Chirurgierobotersystem nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit einem Instrumentenmagazin;

[0055] Fig. 7(a) bis Fig. 8(d): ein erfindungsgemäßes Verfahren zum automatischen Bestücken einer Roboteranordnung mit einem Instrument der Instrumentenanordnung und eines Instruments dieser Instrumentenanordnung mit einer Antriebseinheit nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0056] Fig. 1 zeigt, wie einleitend beschrieben, ein Chirurgieroboter-System nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit mehreren Robotern **1**, **2**, und **3**, an deren distalem Ende jeweils ein chirurgisches Instrument **4**, **5** bzw. **6** einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung lösbar befestigt ist.

[0057] Fig. 2A, Fig. 2B zeigt verschiedene Ausführungen eines robotergeführten Instruments mit unterschiedlichen Antriebseinheiten, die mit dem chirurgischen Instrument bzw. Instrumentenschaft lösbar verbunden sind, um eine einfache Aufbereitung und eine möglichst kostengünstige Ausführung des Instruments zu gewährleisten. Bei der Ausführung gemäß Fig. 2A ist die modulare Antriebseinheit **4'** intraoperativ vom Instrument wiederholt abtrennbar bzw. kann wiederholt an ein Instrument gefügt werden. Dazu wird die nicht sterile Antriebseinheit **4'** präoperativ mit einer sterilen Hülle. Alternativ kann die Antriebseinheit auch als sterilisierbares Modul ausgeführt werden, wodurch die sterile Umhüllung entfallen kann. Im Gegensatz wird bei der Ausführung der Fig. 2B eine nicht sterile Antriebseinheit **4''** präoperativ in ein proximales Instrumentengehäuse des Instrumentenschaftes **7'** eingesetzt und dieses steril verschlossen. Bei diesem Konzept verbleibt die Antriebseinheit **4''** vorteilhaft während der gesamten Dauer eines operativen Eingriffs in dem proximalen Instrumentengehäuse und wird erst nach dessen Ende und vor der Aufbereitung wieder entnommen.

[0058] Optional kann eine Schnittstelle zwischen Antriebseinheit und Instrumentenschaft eine durch eine Antriebseinheit dieses Instruments lösbare Befestigungssperre aufweisen, mit der verhindert wird, dass versehentlich ein Instrument ohne Antriebseinheit am Roboter adaptiert wird. Beispielsweise kann das proximale Instrumentengehäuse eine mechanische Sperre aufweisen, die bei eingesetzter Antriebseinheit deaktiviert bzw. gelöst wird. Das Instrumentengehäuse lässt sich nur mit deaktivierter Sperre an einem Manipulatorarm adaptieren. Alternativ oder zusätzlich zu der zuvor beschriebenen mechanischen Sperre bei nicht eingesetzter Antriebseinheit kann das Vorhandensein und/oder die korrekte Position der Antriebseinheit am Instrument mit einer in der Schnittstelle zwischen dem Roboter und der Antriebseinheit integrierten Anwesenheitssensoren überprüft werden.

[0059] Fig. 3 zeigt ein robotergeführtes Instrument einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit einer Aufteilung der mechatronischen Antriebseinheit in ein Elektronikmodul **20** und ein Antriebsmodul **21**. Durch diese Trennung ist es möglich, die Antriebselektronik unabhängig von den Instrumentenantrieben handzuhaben, insbesondere am Roboter anzubringen. Dadurch reduzieren sich Gewicht und Volumen der vom OP-Personal zu handhabenden Module, die Bedienerfreundlichkeit des Systems wird verbessert.

[0060] Das Elektronikmodul **20** enthält in einer Ausführung die gesamte Antriebselektronik, zumindest jedoch einen Teil davon. So können in dem Elektronikmodul insbesondere Komponenten einer Signalverarbeitung für Sensorsignale, für die Regelung und

Ansteuerung von Antriebsmotoren nötige Einheiten und/oder eine Kommunikationsschnittstelle zum Anschluss an den Roboter enthalten sein. Das Antriebsmodul **21** enthält beispielsweise für jeden Freiheitsgrad des Instruments einen Antriebsmotor, gegebenenfalls ein Untersetzungsgetriebe, ein Sensorsystem zu Geschwindigkeits- und/oder Positionserfassung, und/oder weitere Sensoren, zum Beispiel Kraftsensoren, Momentensensoren, Stromsensoren, Referenz- und Endschalter oder dergleichen.

[0061] Das Elektronikmodul **20** ist vorzugsweise mit einem Instrumentenadapter **22** am distalen Ende des Roboters **1'** angebracht. Der Instrumentenadapter **22** stellt die mechanische Verbindung zwischen Roboter und der Antriebseinheit her und gewährleistet eine wiederholgenaue Positionierung und Fixierung der Antriebseinheit relativ zum distalen Ende des Roboters. Optional stellt der Instrumentenadapter **22** auch die erforderlichen elektrischen Verbindungen zwischen der Antriebseinheit und dem Roboter her. Das Elektronikmodul **20** kann entweder als sterilisierbares Modul ausgeführt sein oder von einer sterilen Hülle umgeben sein, die vorteilhaft zugleich den Manipulatorarm einschließt. Exemplarisch sind in **Fig. 3** durchgezogen bzw. strichliert zwei mögliche Verläufe einer solchen sterilen Hülle **24** dargestellt, die ein nicht steriles Elektronikmodul **20** und einen nicht sterilen Instrumentenadapter **22** zusammen mit dem Roboter **1'** (**Fig. 3**: strichliert) oder bei sterilem Elektronikmodul **20** und sterilem Instrumentenadapter **22** nur den Roboter **1'** (**Fig. 3**: durchgezogen) umhüllen.

[0062] Optional eignet sich das beschriebene Elektronikmodul **20** auch für ein Instrument mit integriertem, vom Anwender nicht entnehmbarem Antriebsteil. In diesem Fall können durch die Auslagerung der gesamten oder wesentlichen Teile der Antriebselektronik die Baugröße und Kosten des Instruments reduziert werden.

[0063] Schematisch ist in **Fig. 3** auch ein proximaler Flansch **7.1** sowie ein Antriebsstrang **7.2** des Instrumentenschaftes **7'** sowie eine elektrische Schnittstelle **20.1** zwischen Elektronik- und Antriebsteil **20, 21** angedeutet.

[0064] **Fig. 4** zeigt eine manuelle Betätigungseinheit einer Instrumentenanordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung, die anstelle einer modularen Antriebseinheit (in **Fig. 4** nicht dargestellt, vgl. etwa **Fig. 2A**, **Fig. 5A**), wie sie beispielsweise vorstehend in **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigt ist, am proximalen Flansch **7.1'** des Instrumentenschaftes **7''** befestigbar ist.

[0065] Die Betätigungseinheit dieses Ausführungsbeispiels ist zur manuellen Aktuierung von zwei Bewegungsfreiheitsgraden φ_1 und φ_2 und eines Arbeitsfreiheitsgrades φ_e eines Endeffektors am distalen En-

de des Instrumentenschafts **7''** eingerichtet. Als Benutzerschnittstelle dient ein Handhebel **31**, der in einer Basis bzw. einem Handhebelgehäuse **30** mit den Freiheitsgraden φ'_1 und φ'_2 gelagert ist. Diese Freiheitsgrade entsprechen in der gezeigten Ausführung den distalen Bewegungsfreiheitsgraden φ_1 und φ_2 des Instruments. Außerdem ist an dem Handhebel **31** ein weiterer Freiheitsgrad φ'_e zur Aktuierung des Arbeitsfreiheitsgrades φ_e des distalen Endeffektors vorgesehen. Das Handhebelgehäuse **30** weist eine (in **Fig. 4** nicht erkennbare) mechanische Schnittstelle zur wiederholt lösbaren Ankopplung an den Instrumentenschaft auf, die der mechanischen Schnittstelle der zu ersetzenden (nicht dargestellten) mechatronischen Antriebseinheit entspricht.

[0066] Des Weiteren enthält das Handhebelgehäuse **30** einen oder mehrere Mechanismen und/oder Getriebe, die die Stellbewegungen des Handhebels **31** in die in der Schnittstelle vorgesehenen Bewegungen umsetzt, optional skaliert und mit den mechanischen Kupplungselementen der Schnittstelle verbindet. Optional kann die Schnittstelle der abnehmbaren Betätigungseinheit auch elektrische Kontakte aufweisen, über die beispielsweise Informationen zwischen Handhebel und Instrument ausgetauscht und/oder Energie zwischen Handhebel und Instrument übertragen werden.

[0067] Optional ist in der Betätigungseinheit eine Möglichkeit zur Beschränkung auf ausgewählte distale Freiheitsgrade, die vom Menschen bedient werden können, vorgesehen. Dazu kann die Schnittstelle der Betätigungseinheit eine Blockiervorrichtung zur mechanischen Fixierung eines oder mehrerer distaler Freiheitsgrade in einer vorgegebenen Gelenkstellung enthalten. Vorzugsweise enthält die Blockiervorrichtung mechanische Elemente, mit denen einzelne Teile der instrumentenseitigen Kupplungselemente in einer vorgegebenen Position fixiert werden können.

[0068] **Fig. 5A** zeigt das robotergeführte, mit der modularen Antriebseinheit **4'** bestückte Roboterchirurgiesystem der **Fig. 2A** aus anderer Blickrichtung. Ebenso wie in **Fig. 2** und **Fig. 6** bis **Fig. 8** ist eine sterile Umhüllung des Roboters zur besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Diese umschließt den Roboter ganz oder teilweise, insbesondere Teile des sterilen Instrumentenadapters. Bei dieser Ausführung greift die elektrische Schnittstelle **20.2** der Antriebseinheit direkt auf eine elektrische Schnittstelle **22.2** des sterilen Instrumentenadapters **22** (vgl. **Fig. 3**), so dass die Anzahl an zu sterilisierenden Kontakten minimieren und somit die Kontaktzuverlässigkeit gesteigert werden kann. Eine Detailansicht der elektrischen Schnittstelle **22.2** zwischen sterilem Instrumentenadapter und Antriebseinheit ist in **Fig. 5B** dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Fügerrichtung **F** der elektrischen Schnittstelle mit der Fügerrichtung der Antriebseinheit in den sterilen Instrumentenadapter vor-

teilhaft übereinstimmt. Um kleinere Lage- und Maßabweichungen zwischen den Kontaktpaaren auszugleichen, kann die elektrische Schnittstelle vorteilhaft Vorrichtungen zum Toleranzausgleich beinhalten.

[0069] Fig. 6 zeigt ein Chirurgierobotersystem nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung mit einem Instrumentenmagazin zum wahlweisen Speichern von Instrumenten der Instrumentenanordnung, wie sie beispielsweise vorstehend mit Bezug auf Fig. 1 bis Fig. 5 erläutert wurden.

[0070] In dem Instrumentenmagazin 40 können vorbereitete Instrumente, insbesondere mit eingesetzter Antriebseinheit, bis zur Verwendung steril aufbewahrt und zugleich mit Energie versorgt werden. Neben der Energieversorgung besteht optional eine Kommunikationsverbindung zwischen den nicht an den Robotern adaptierten Antriebseinheiten und einer (Instrumenten)Steuerung der Roboteranordnung (nicht dargestellt). Das Instrumentenmagazin kann als sterilisierbare Einheit ausgeführt und/oder mit einer sterilen Hülle umschlossen werden, die vorteilhaft als Einwegartikel realisiert sein kann. Das Instrumentenmagazin kann insbesondere zwei oder mehr Aufnahmeschalen für einzelne oder mehrere Instrumentenschäfte 7", 8' und/oder Antriebseinheiten aufweisen. Durch die Aufnahmeschalen werden die einzelnen Antriebseinheiten an den dafür vorgesehenen Stellen positioniert und die elektrischen Kontakte bzw. andere, insbesondere drahtlose, Energie- und/oder Datenübertragungseinheiten zueinander korrekt ausgerichtet. Gleichmaßen kann das Instrumentenmagazin auch zur freien Ablage von Instrumentenschäften und/oder Antriebseinheiten, insbesondere plattenförmig, ausgebildet sein, d. h. nicht oder nur optional über dedizierte Aufnahmeschalen verfügen. Diese Ausführung ist besonders geeignet für Antriebseinheiten mit drahtloser Energie- und Datenübertragung, bei denen die Energie- und/oder Datenübertragungseinheiten des Instrumentenmagazins rasterförmig angeordnet sein können, so dass beliebige Ablageorte für die Antriebseinheiten möglich sind. Vorteilhaft bei dieser Lösung ist insbesondere die leichtere Reinigung und sterile Abdeckung.

[0071] Um ein Instrument bzw. eine Antriebseinheit an einem Roboter zu befestigen, wird sie von dem sterilen Instrumentenmagazin abgenommen. Um auch für die Zeitdauer nach dem Abnehmen von dem Instrumentenmagazin bis zum Adaptieren an einem Roboter die Energieversorgung zumindest der Signalverarbeitungselektronik dieser Antriebseinheit aufrecht zu erhalten, um ein abermaliges Booten und Initialisieren nach der Adaption an einen Manipulatorarm zu vermeiden, weist die Antriebseinheit einen Energiespeicher auf, so dass eine autarke Energieversorgung zumindest der Signalverarbeitungselektronik möglich ist. Dieser Energiespeicher befindet sich in einer Ausführung in der modularen Antriebs-

einheit und/oder kann bei angeschlossener externer Energieversorgung, insbesondere am Roboter oder im Instrumentenmagazin, regeneriert bzw. aufgeladen werden. Dadurch ist eine einfache Bedienung und Wartung durch das OP-Personal möglich. Gleichmaßen kann die Antriebseinheit auch während der gesamten Dauer eines Eingriffs durch den Energiespeicher versorgt werden. Eine weitere Alternative stellt eine sterile Kabelverbindung zwischen der Roboteranordnung und den adaptierten und/oder nicht adaptierten bzw. an der Roboteranordnung befestigten Instrumenten bzw. Antriebseinheiten zur Energieversorgung und/oder zum Datenaustausch dar. In einer weiteren Ausführung kann eine drahtlose Energieübertragung an Antriebseinheiten vorgesehen sein, die gegenüber insbesondere kabelgebundenen Systemen eine deutlich erhöhte Beweglichkeit der Antriebseinheiten und der Instrumente ermöglichen kann. Vorteilhaft gegenüber einer Versorgung durch einen Energiespeicher sind die geringere Baugröße und das niedrigere Gewicht der Antriebseinheiten. Es können sämtliche elektrische Kontakte entfallen, wodurch sterilen Hüllen deutlich einfacher und kostengünstiger ausgeführt werden können. Durch den Wegfall steriler elektrischer Kontakte vereinfacht sich zudem die Aufbereitung der Instrumenten bzw. Antriebseinheiten.

[0072] Insbesondere zur Erhöhung der Betriebssicherheit von energetisch und/oder kommunikativ drahtlos angebotenen Antriebseinheiten kann in einer Ausführung zur Statusübermittlung ein zusätzlicher Kommunikationskanal unabhängig vom eigentlichen Kommunikationskanal vorgesehen sein. Dieser zusätzliche Kommunikationskanal arbeitet vorzugsweise nach einem vom eigentlichen Kommunikationskanal unterschiedlichen physikalischen Prinzip, beispielsweise optisch. Er dient vorzugsweise nicht der Übertragung größerer Datenmengen, sondern lediglich dem Austausch von Statusnachrichten zwischen einem Roboter und einer daran befestigten Antriebseinheit. Der zusätzliche Kommunikationskanal verläuft vorzugsweise parallel zu der eigentlichen Datenverbindung. Er kann nach dem Ruhestromprinzip arbeiten, so dass eine Notabschaltung mindestens des betroffenen Roboters und der betroffenen Antriebseinheit eingeleitet werden kann, sobald die Verbindung unterbrochen oder der Status vom Roboter oder Instrument bzw. Antriebseinheit geändert wird.

[0073] Anhand der Figurenfolgen Fig. 7(a) bis Fig. 8(d) werden nachfolgend Verfahrensschritte eines Verfahrens zum, insbesondere wahlweisen, Bestücken einer Roboteranordnung eines Chirurgierobotersystems mit einem Instrument und eines Instruments mit einer Antriebseinheit nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung näher erläutert.

[0074] Eine Registrierung eines an eine Antriebseinheit angekoppelten Instrumentenschafts kann automatisch erfolgen. Dabei laufen nach dem Herstellen einer mechanischen Verbindung von Instrumentenschaft und Antriebseinheit vorzugsweise einer oder mehrere der folgenden Schritte ab:

- 1) Eine Kopplung mit einem Instrumentenschaft wird erkannt und ein Registrierungsvorgang zur konkreten Bestimmung des angeschlossenen Instruments aktiviert;
- 2) Das Instrument bzw. der Instrumentenschaft kann sich selbst identifizieren, insbesondere durch eine aktive Kommunikation zwischen der Antriebseinheit und einem im Instrumentenschaft integrierten Controller, vorzugsweise Mikrocontroller. Alternativ kann ein angekoppeltes Instrument identifiziert werden, insbesondere mittels eines nichtflüchtigen Speicherbaustein, beispielsweise eines EEPROMs, im Instrument, wobei die Informationen von der Antriebseinheit abgefragt werden können.

[0075] Ein Instrument bzw. Instrumentenschaft enthält vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Daten: Identifizierungscode, Instrumentenname, Seriennummer, Anzahl der verbleibenden bzw. noch zur Verfügung stehenden Einsätze, Kalibrierparameter zum Ausgleich von Fertigungs- und Montagetoleranzen und/oder kinematische und/oder dynamische Parameter, die einen Instrumententyp charakterisieren, beispielsweise Gewicht, Schwerpunkt, Trägheitstensor, Ursprung und Orientierung des Endeffektor-Koordinatensystems, kinematikspezifische Transformationsmatrizen, Gelenkwinkelgrenzen bzw. kartesischer Arbeitsraum.

3) Nach einer erfolgreichen Registrierung ist das mit einer Antriebseinheit bestückte Instrument der Roboteranordnung bekannt, so dass einer oder mehrere der folgenden Schritte durchgeführt werden können:

3.1) Weitergabe der Instrumenten-Daten an die Instrumentensteuerung der Roboteranordnung und/oder eine Steuerungsebene der Antriebseinheit, insbesondere an einen Elektronikteil. Dies kann vorzugsweise bereits bei Verbindung von Instrumentenschaft und Antriebseinheit, insbesondere in einem Instrumentenmagazin, oder auch erst bei Verbindung mit dem Roboter erfolgen.

[0076] Ist beispielsweise eine Stromregelung der Antriebseinheit dezentral in dieser implementiert, eine Positionsregelung zentral in der Instrumentensteuerung der Roboteranordnung, kann die Antriebseinheit als Gateway fungieren und alle Instrumentendaten an die Instrumentensteuerung weiterleitet, beispielsweise über einen Feldbus.

3.2) Statusänderung der Antriebseinheit nach Bestätigung durch die Instrumentensteuerung, insbesondere Signalisierung des Status an einen Bediener.

[0077] Alle registrierten Instrumente können in einer Datenbank hinterlegt werden, die während eines Eingriffs laufend aktualisiert werden kann. Diese informationelle Anbindung aller – nicht nur der an der Roboteranordnung adaptierten bzw. befestigten – Instrumente bzw. Antriebseinheiten an die Instrumentensteuerung der Roboteranordnung bietet sowohl für die Ansteuerung der Roboteranordnung als auch für den Anwender einige Vorteile: Der Operateur hat jederzeit einen Überblick der momentan betriebsbereiten Instrumente und deren Status, der Betriebszustand, zum Beispiel „Betriebsbereit“, (verschiedene) Fehlerzustände, abgelaufene Leben und dergleichen, jedes Instruments bzw. jeden Antriebseinheit kann dem OP-Personal signalisiert werden. Dies kann beispielsweise akustisch oder optisch durch eine oder mehrere ein- oder mehrfarbige Signalleuchten, insbesondere LEDs, insbesondere an der Antriebseinheit, erfolgen. Analog können dem Operateur an einer Eingabekonsole die Betriebszustände aller oder einzelner Instrumente bzw. Antriebseinheiten durch entsprechende Einblendungen signalisiert werden.

[0078] Bei einem Instrumentenwechsel kann der Operateur an der Eingabekonsole ein registriertes Instrument zum Einwechseln sowie den Roboter, an den das ausgewählte Instrument adaptiert werden soll, auswählen. Diese Informationen können genutzt werden, um einen manuellen Instrumentenwechsel zu unterstützen und für das OP-Personal einfacher zu gestalten oder einen automatischen Instrumentenwechsel zu initiieren.

[0079] In einer Ausführung verfügen ein oder mehrere Roboter der Roboteranordnung und/oder ein oder mehrere Instrumente und/oder Antriebseinheit der Instrumentenanordnung über eine Signalleuchte, beispielsweise eine, insbesondere mehrfarbige, Signalleuchte. Zur Vorbereitung eines Instrumentenwechsels wird die Signalleuchte des betroffenen Roboters in einer bestimmten Farbe und/oder einer bestimmten Blinksequenz aktiviert. Dadurch wird dem OP-Personal eindeutig signalisiert, welche(r) Roboter von dem anstehenden Instrumentenwechsel betroffen ist bzw. sind. Ebenso wird die Signalleuchte des einzuwechselnden Instruments in einer bestimmten Farbe und/oder einer bestimmten Blinksequenz aktiviert, um dem OP-Personal eindeutig anzuzeigen, welches Instrument einzuwechseln ist. Ebenso kann dem OP-Personal ein erfolgreicher Wechselvorgang durch ein spezielles Farb- oder Blinkmuster der Signalleuchten an Manipulatorarm und Instrument angezeigt werden. Alternativ oder zusätzlich zu einer optischen Signalisierung ist auch ein akustisches Signal möglich.

[0080] Fig. 7(a) bis Fig. 8(d) zeigt ein erfindungsgemäßes Verfahren zum automatischen Instrumentenwechsel bzw. Bestücken einer Roboteranordnung

mit einem Instrument der Instrumentenanordnung sowie eines Instruments mit einer Antriebseinheit. Hierzu weist das Chirurgieroboter-System ein Instrumenten-Wechselmagazin auf, in dem alle benötigten Instrumente einsatzbereit abgelegt sind und bereitgehalten werden. Alle Instrumente sind in dem Wechselmagazin ohne Antriebseinheit abgelegt, da die Applikation der Antriebseinheit an ein Instrument während des Wechselvorgangs erfolgt. Dafür verfügt das Wechselmagazin über einen Antriebseinheits-Manipulator **50** (vgl. **Fig. 6**) zur Handhabung der Antriebseinheiten während des Instrumentenwechsels. Der Antriebseinheits-Manipulator verfügt in einer Ausführung über keine eigenen Bewegungsfreiheitsgrade mit Ausnahme eines Spannmechanismus für die Antriebseinheit, sämtliche Positionierbewegungen werden von dem Roboter ausgeführt. Beispielsweise kann eine Antriebseinheit mit Hilfe dieses Antriebseinheits-Manipulators von einem Instrumentenschaft getrennt und mit einem anderen verbunden werden. Dadurch kann die Anzahl der Antriebseinheiten reduziert werden, da nicht jedes im Wechselmagazin vorhandene Instrument mit einer eigenen Antriebseinheit ausgestattet sein muss. Außerdem erfordert dieses Konzept einen geringeren Aufwand zur Energieversorgung der Antriebseinheiten, da keine Energieversorgung der im Wechselmagazin abgelegten Instrumente erforderlich ist. Es muss lediglich die Energieversorgung der Antriebseinheiten für den Zeitraum gewährleistet sein, in dem sie nicht an einem Roboter adaptiert ist und von dort mit Energie versorgt werden. Die Energieversorgung der Antriebseinheit während dieses Zeitraums kann in einer Ausführung über den Antriebseinheits-Manipulator erfolgen.

[0081] In **Fig. 6**, **Fig. 7** ist ein rotatorisches Instrumenten-Wechselmagazin dargestellt. Gleichermaßen kann ein lineares Instrumenten-Wechselmagazin verwendet werden. Um unterschiedliche Antriebseinheiten handhaben zu können, kann der Antriebseinheits-Manipulator optional mit mehreren Greifern, die auch unterschiedlich ausgeprägt sein können, ausgestattet sein. In diesem Fall verfügt der Antriebseinheits-Manipulator vorzugsweise über eine oder mehrere translatorische und/oder eine oder mehrere rotatorische Bewegungsmöglichkeiten, um jeweils die benötigte Antriebseinheit handzuhaben.

[0082] **Fig. 7(a)** bis **(d)** zeigt Schritte beim Ablegen eines Instruments in dem Instrumenten-Wechselmagazin, wie sie insbesondere während eines automatischen Werkzeugwechsels erfolgen können. Zunächst wird der Roboter aus dem OP-Gebiet zum Werkzeugmagazin in die Ausgangsposition zur Instrumentenablage verfahren (**Fig. 7(a)**). Dann wird die Antriebseinheit an den Antriebseinheits-Manipulator adaptiert bzw. befestigt, in **Fig. 7(b)** beispielhaft dargestellt als Zweibackengreifer. Sofern erforderlich, wird eine Fixierung zwischen Antriebseinheit

und Instrument gelöst. Optional erfolgt eine Aufrechterhaltung der Energieversorgung der Antriebseinheit, insbesondere kontaktbehaftet oder kontaktlos, etwa durch den Antriebseinheits-Manipulator. Dann wird der Instrumentenschaft im Wechselmagazin abgelegt (**Fig. 7(c)**), wobei die Verbindung zwischen dem und der vom Antriebseinheits-Manipulator fixierten Antriebseinheit gelöst wird. Schließlich fährt der Roboter von dem Wechselmagazin fort, wobei dadurch oder zuvor die Verbindung zwischen Instrumentenschaft und Roboter gelöst wird (**Fig. 7(d)**).

[0083] **Fig. 8(a)** bis **(d)** zeigt Schritte zum Aufnehmen eines Instruments aus dem Wechselmagazin durch einen Roboter: Zunächst wird das einzuwechselnde Instrument durch Verfahren des Instrumenten-Wechselmagazins bereitgestellt, wobei die Antriebseinheit vom Antriebseinheits-Manipulator in der korrekten Position angeordnet wird (**Fig. 8(a)**). Dann wird der Instrumentenschaft am Roboter fixiert (**Fig. 8(b)**), der diesen zu der vom Antriebseinheits-Manipulator fixierten Antriebseinheit transportiert, wo diese an dem Instrumentenschaft adaptiert bzw. befestigt wird (**Fig. 8(c)**). Die Fixierung der Antriebseinheit im Antriebseinheits-Manipulator wird gelöst. Anschließend ist die eingewechselte Instrument-Antriebseinheit einsatzbereit (**Fig. 8(d)**) und kann robotergeführt verfahren werden.

[0084] Man erkennt, dass in diesen Verfahrensschritten synergetisch einerseits die Roboteranordnung wahlweise mit einem Instrument bestückt wird (vgl. insbesondere **Fig. 7(c)**–**Fig. 7(d)** Ablage eines robotergeführten Instruments; **Fig. 8(b)** Aufnahme eines gespeicherten Instruments durch einen Roboter), und andererseits ein robotergeführtes, in einem Instrumentenmagazin gespeichertes Instrument wahlweise mit einer Antriebseinheit bestückt wird (vgl. insbesondere **Fig. 7(b)**–**Fig. 7(c)** Trennen der Antriebseinheit; **Fig. 8(b)** → **Fig. 8(c)** Befestigen der Antriebseinheit am Instrumentenschaft).

Bezugszeichenliste

1; 1', 2, 3	Roboter(anordnung)
4; 4'; 4'' 5, 6	modulare Antriebseinheit
7; 7'; 7'', 8; 8', 9	Instrumentenschaft
7.1; 7.1'	Flansch
7.2	Antriebsstrang
10, 11, 12	Öffnung
13	Bauchdecke
14	Operationsgebiet
20	Elektronikmodul (Antriebseinheit)
20.1; 20.2, 22.2	Schnittstelle
21	Antriebsmodul (Antriebseinheit)
22	Instrumentenadapter
24	sterile Hülle

30	Basis (Betätigungseinheit)
31	Handhebel (Betätigungseinheit)
40	Instrumentenmagazin
50	Antriebseinheits-Manipulator

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 102012008535 [0002]
- DE 102012008537 [0008]
- EP 2012/000358 [0008]
- EP 2012/000719 [0008]
- EP 2396796 A1 [0033]
- EP 2340611 A1 [0033]

Patentansprüche

1. Instrumentenanordnung für ein Chirurgierobotersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 16, mit wenigstens einem Instrument mit einem Instrumentenschaft (7; 7', 7'', 8; 8', 9), der zur teilweisen Einführung in einen Patienten vorgesehen ist, einer Instrumentenschnittstelle zur Befestigung des Instruments an der Roboteranordnung (1; 1', 2, 3), und einer, insbesondere modularen, Antriebseinheit (4; 4', 4'', 5, 6) zur Aktuierung von wenigstens einem Freiheitsgrad ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_e$) des Instrumentenschaftes, insbesondere eines Endeffektors, die ein Antriebsteil mit wenigstens einem Antrieb und ein Elektronikteil mit wenigstens einem Steuer- und/oder Kommunikationsmittel aufweist.

2. Instrumentenanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Elektronikteil und/oder ein Antriebsteil wenigstens einer Antriebseinheit modular ausgebildet ist und eine Schnittstelle (20.1, 20.2) zur Verbindung miteinander, dem Instrumentenschaft und/oder der Roboteranordnung aufweist.

3. Instrumentenanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Elektronikteil sterilisierbar ausgebildet oder wenigstens teilweise von einer sterilen Hülle (24) umgeben ist.

4. Instrumentenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine modulare manuelle Betätigungseinheit nach einem der Ansprüche 7 bis 9 zum wahlweisen Ersetzen einer modularen Antriebseinheit (4') eines Instruments der Instrumentenanordnung des Chirurgierobotersystems.

5. Instrumentenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Instrumentenschnittstelle zur Befestigung des Instruments an der Roboteranordnung eine durch eine Antriebseinheit dieses Instruments lösbare Befestigungssperre aufweist.

6. Instrumentenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Antriebseinheit einen elektrischen Energiespeicher zur, wenigstens temporären, autarken Energieversorgung der Antriebseinheit aufweist.

7. Manuelle Betätigungseinheit (30) für eine Instrumentenanordnung nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine mechanische Antriebsschnittstelle zur Verbindung mit einer Antriebsstranganordnung (7.2) des Instruments, die einer mechanischen Antriebsschnittstelle der wahlweise zu ersetzenden Antriebs-

einheit (4') zur Verbindung mit dieser Antriebsstranganordnung entspricht.

8. Manuelle Betätigungseinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet durch eine Basis (30), die ein Befestigungsmittel zur lösbaren Befestigung an dem Instrument aufweist, und an der ein Handhebel (31) mit wenigstens einem Freiheitsgrad ($\varphi'_1, \varphi'_2, \varphi'_e$) gelagert ist, dessen Aktuierung, insbesondere skaliert, auf die mechanische Antriebsschnittstelle der Betätigungseinheit übertragen wird.

9. Manuelle Betätigungseinheit nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Betätigungseinheit und die Antriebseinheit, insbesondere wahlweise, unterschiedliche Freiheitsgrade des Instruments, insbesondere eine unterschiedliche Anzahl Freiheitsgrade, aktuierbar sind.

10. Chirurgierobotersystem mit: einer Roboteranordnung mit wenigstens einem Roboter (1; 1', 2, 3); und einer Instrumentenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

11. Chirurgierobotersystem nach dem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet durch einen ersten Kommunikationskanal und wenigstens einen weiteren Kommunikationskanal zwischen der Roboteranordnung und wenigstens einem Instrument der Instrumentenanordnung.

12. Chirurgierobotersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 11, gekennzeichnet durch eine sterile Kabelverbindung, eine Schnittstellenverbindung oder ein kabelloses Energie- und/oder Signalübertragungsmittel zur Energie- und/oder Signalübertragung zwischen der Roboteranordnung und der Instrumentenanordnung.

13. Chirurgierobotersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch ein Instrumentenmagazin (40) zum wahlweisen Speichern von wenigstens einem von wenigstens zwei Instrumenten der Instrumentenanordnung.

14. Chirurgierobotersystem nach dem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet durch einen Antriebseinheits-Manipulator (50) zum wahlweisen Bestücken verschiedener Instrumente der Instrumentenanordnung mit einer modularen Antriebseinheit.

15. Chirurgierobotersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Instrumentenmagazin, die Instrumentenanordnung und/oder die Roboteranordnung ein Kommunikationsmittel zur Kommunikation zwischen wenigstens zwei von dem Instrumentenmagazin, der Instrumentenanordnung und der Roboteranordnung, insbesondere zwischen Instrumentenmagazin und Instrumentenanordnung, aufweisen.

16. Chirurgierobotersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 15, gekennzeichnet durch ein Anzeigemittel zum Anzeigen eines Status eines Instruments der Instrumentenanordnung, insbesondere eines Wechselstatus und/oder Betriebsstatus.

17. Verfahren zum, insbesondere wahlweisen, Bestücken einer Roboteranordnung eines Chirurgierobotersystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit wenigstens einem Instrument der Instrumentenanordnung des Chirurgierobotersystems.

18. Verfahren zum, insbesondere wahlweisen, Bestücken wenigstens eines, insbesondere robotergeführten und/oder in einem Instrumentenmagazin gespeicherten, Instruments eines Chirurgierobotersystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Antriebseinheit.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

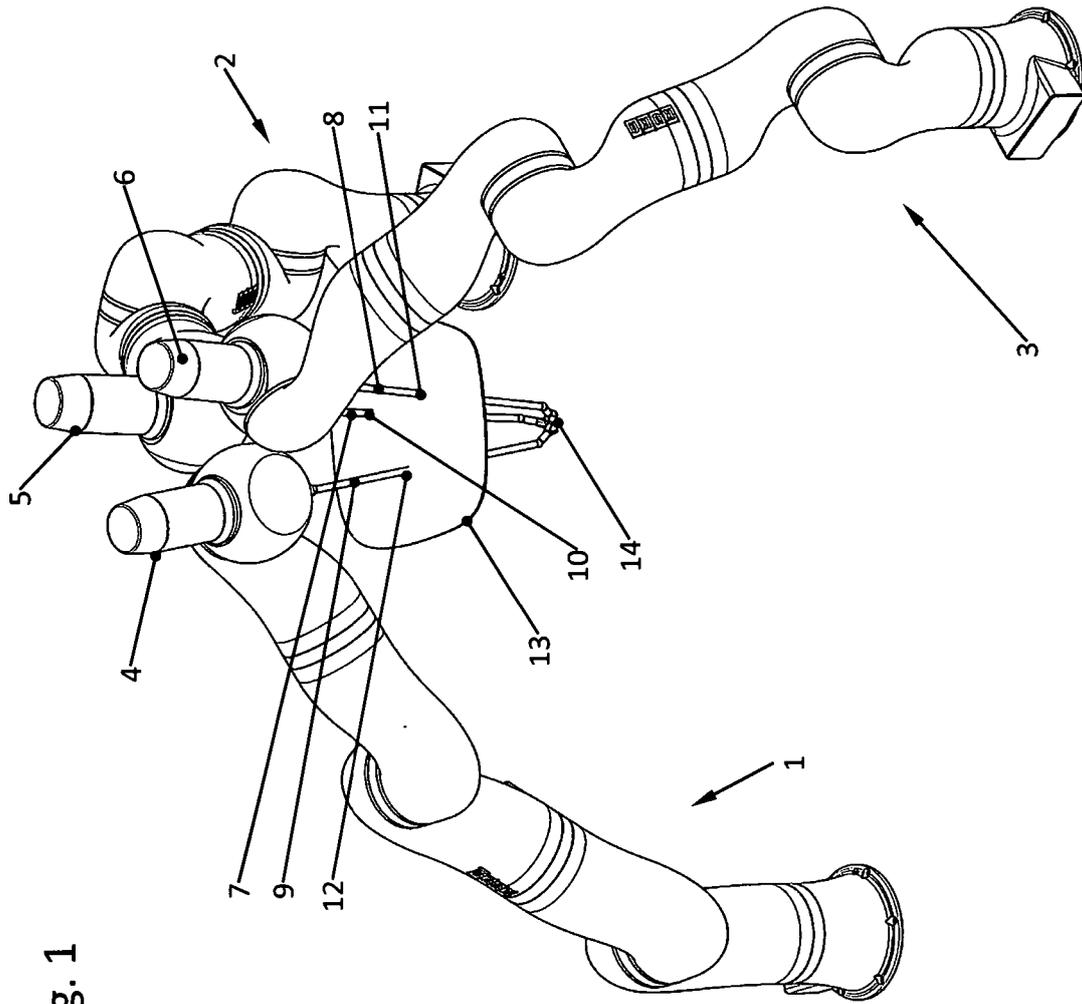
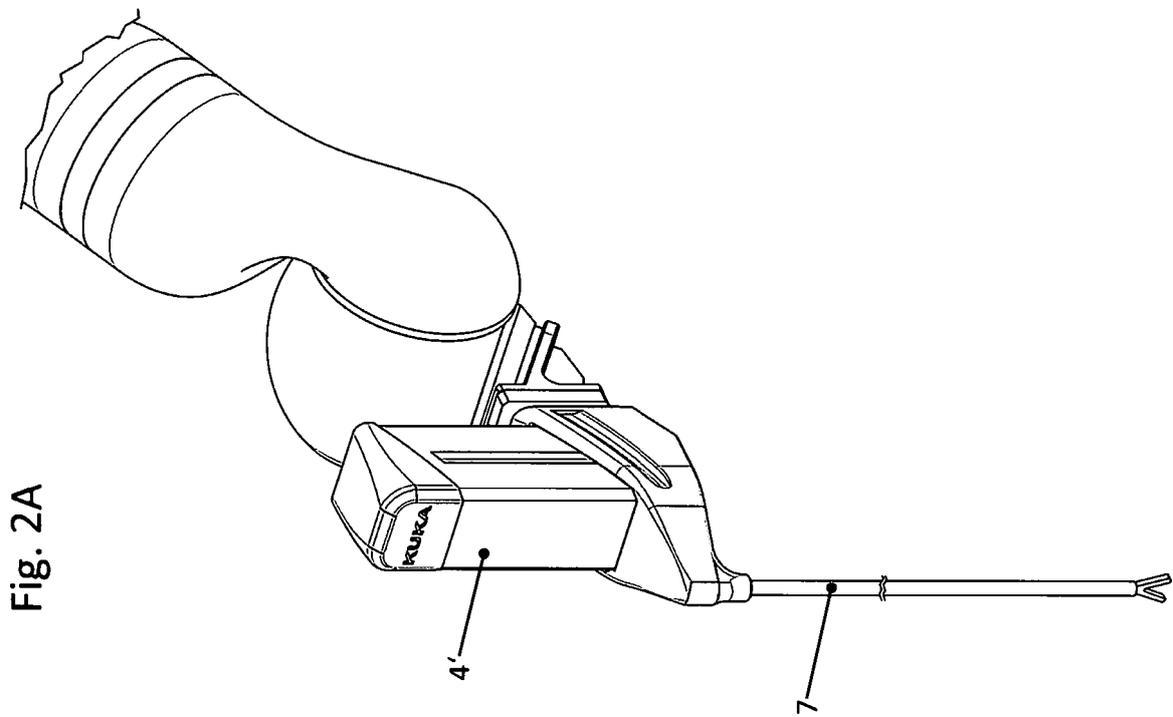
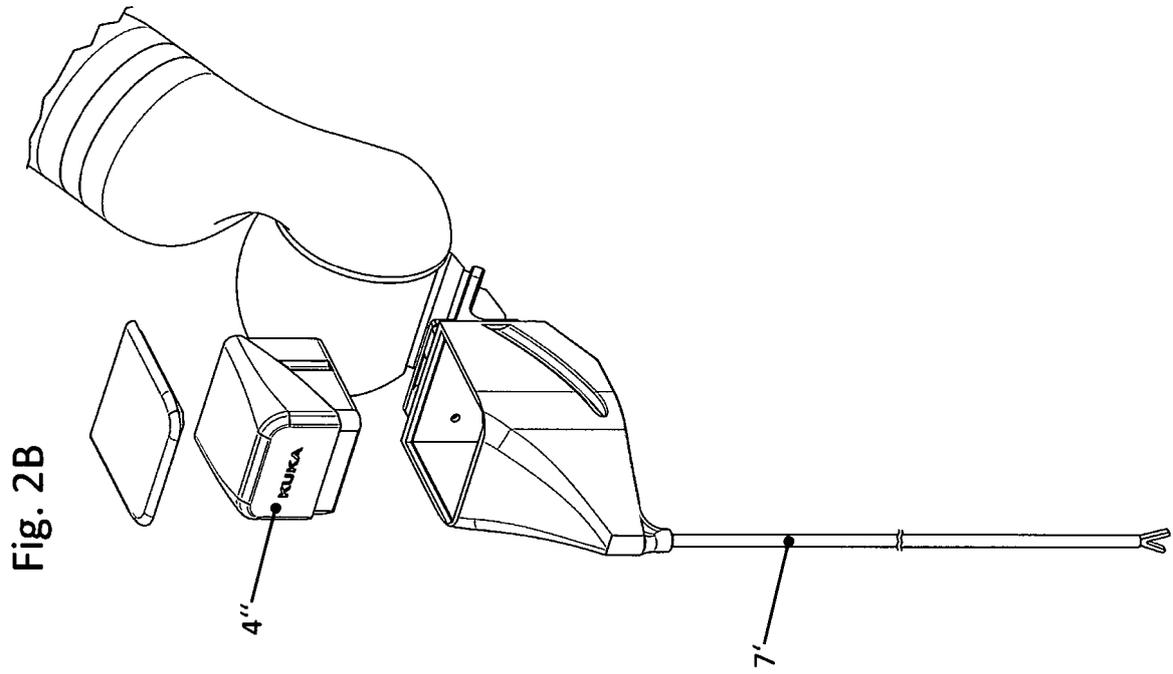


Fig. 1



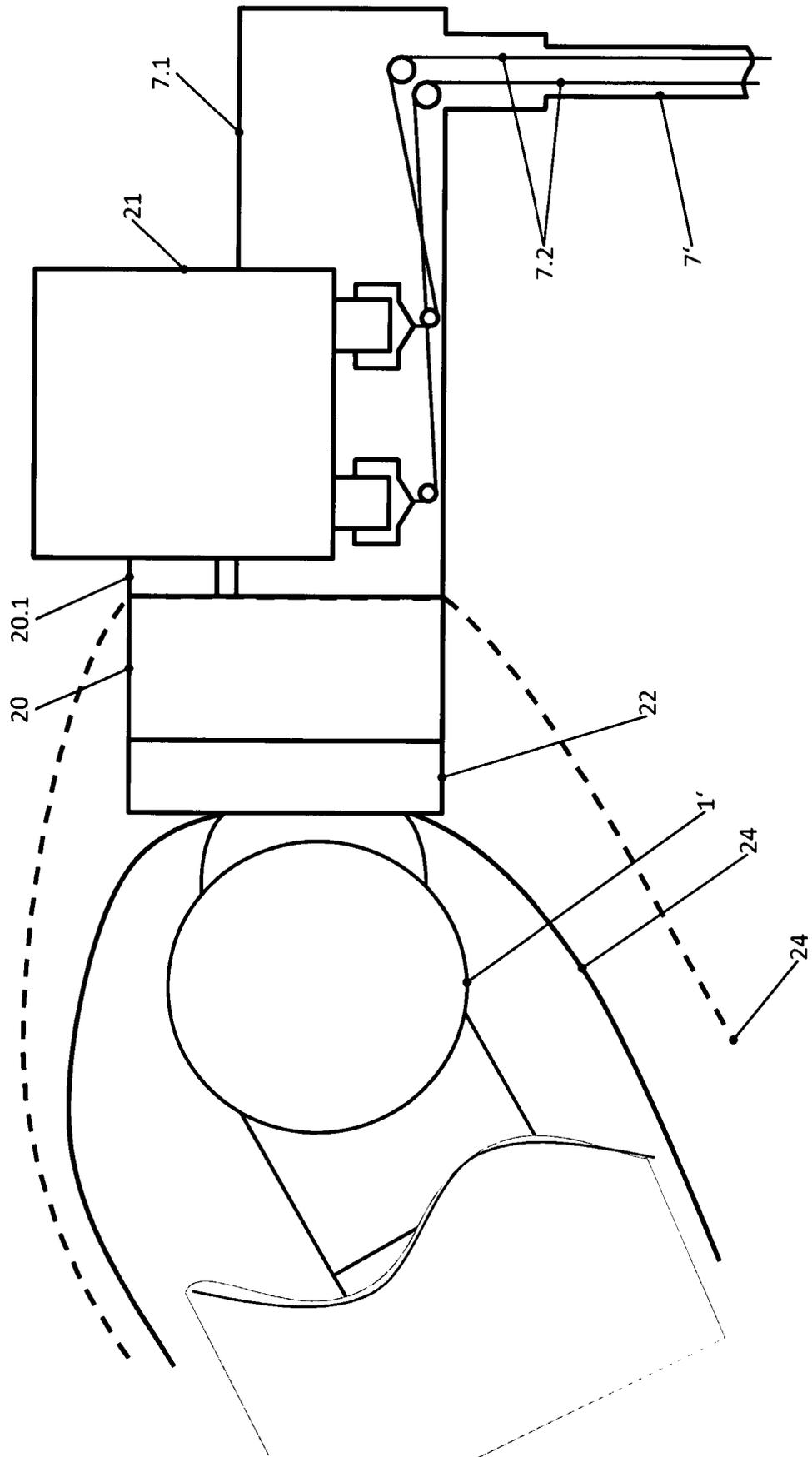


Fig. 3

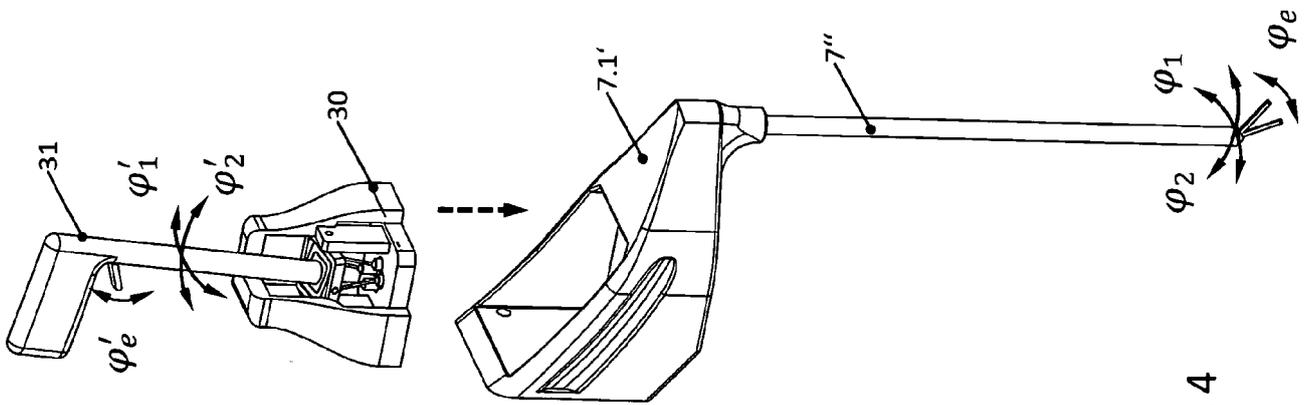


Fig. 4

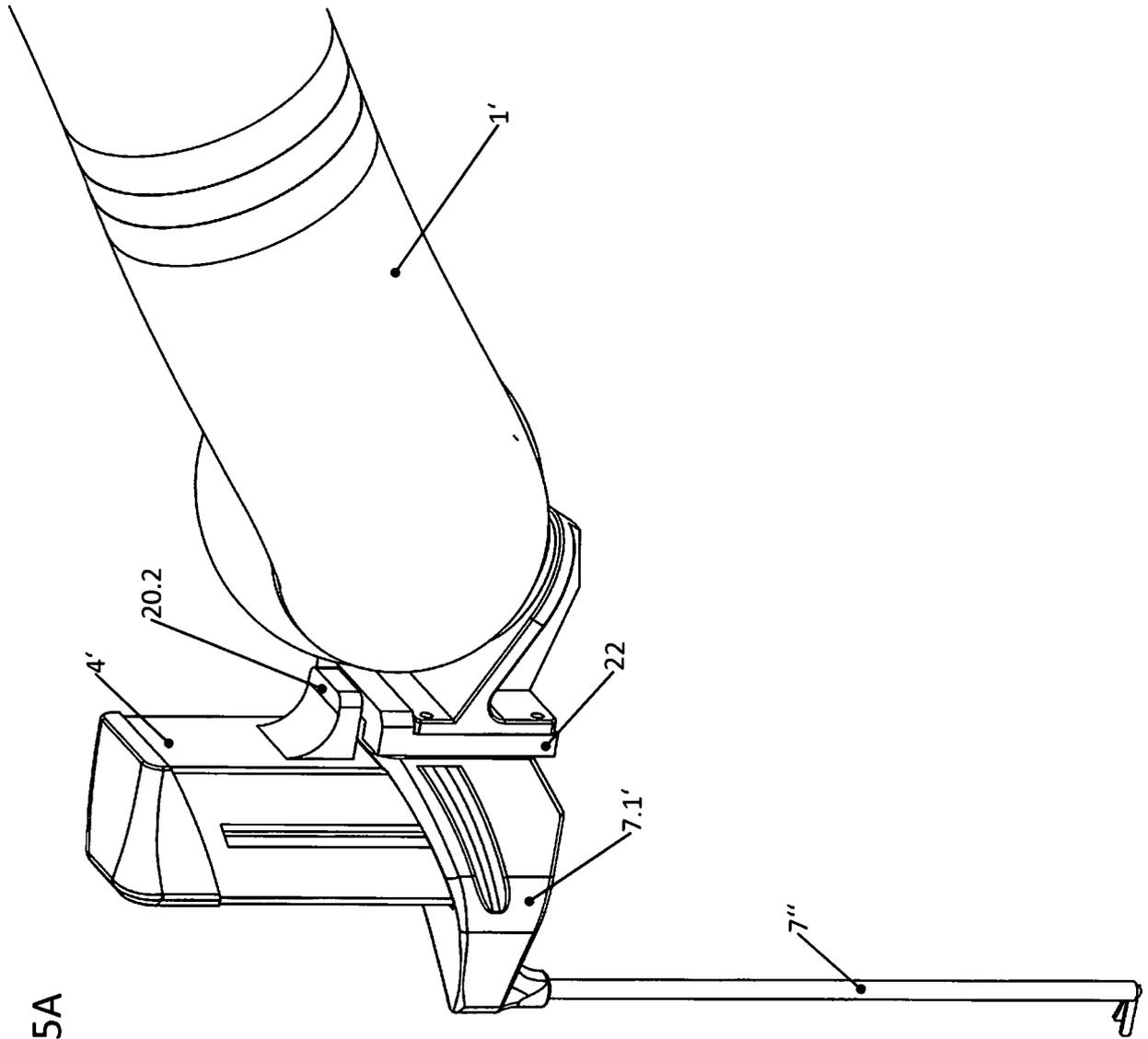


Fig. 5A

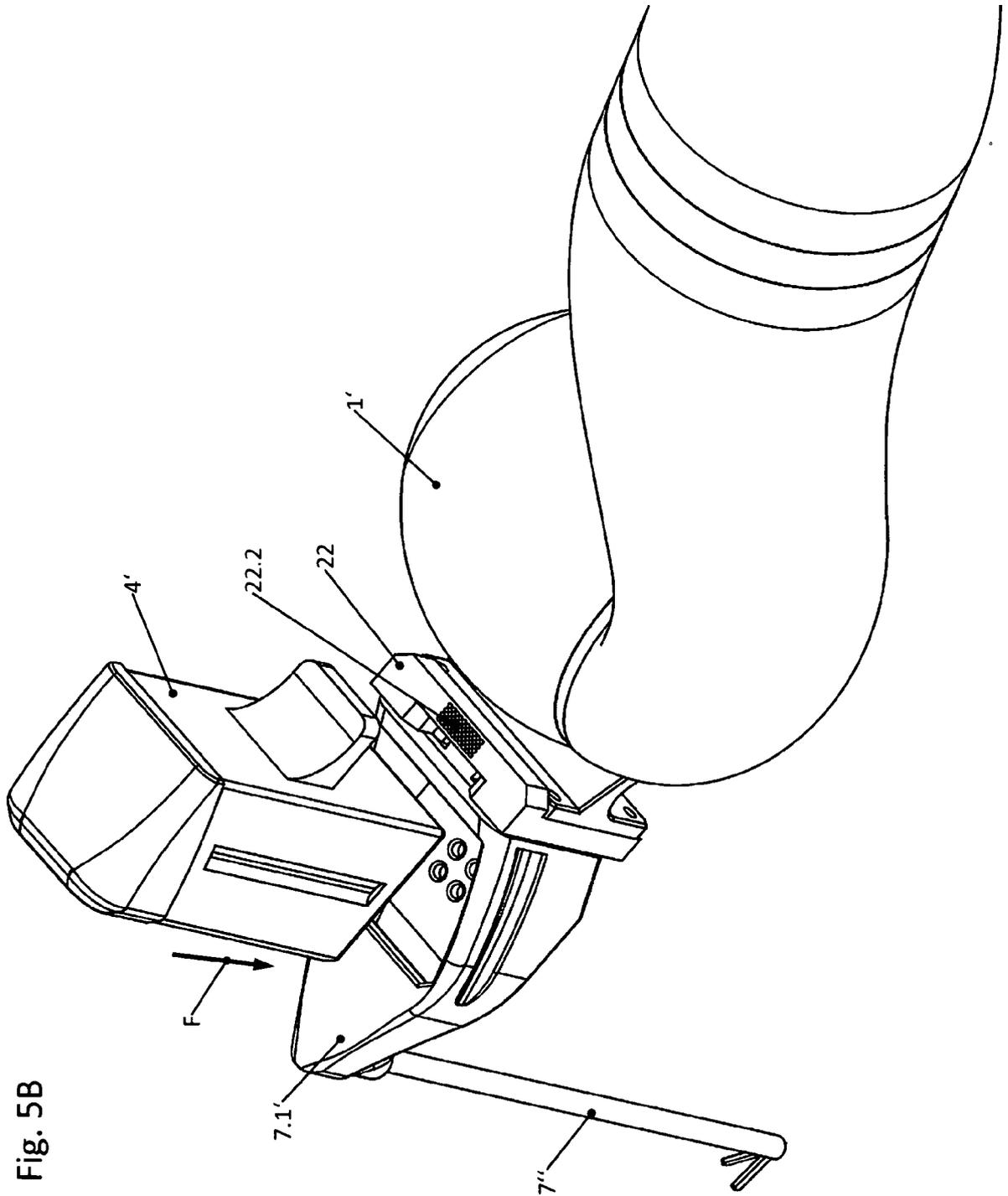


Fig. 5B

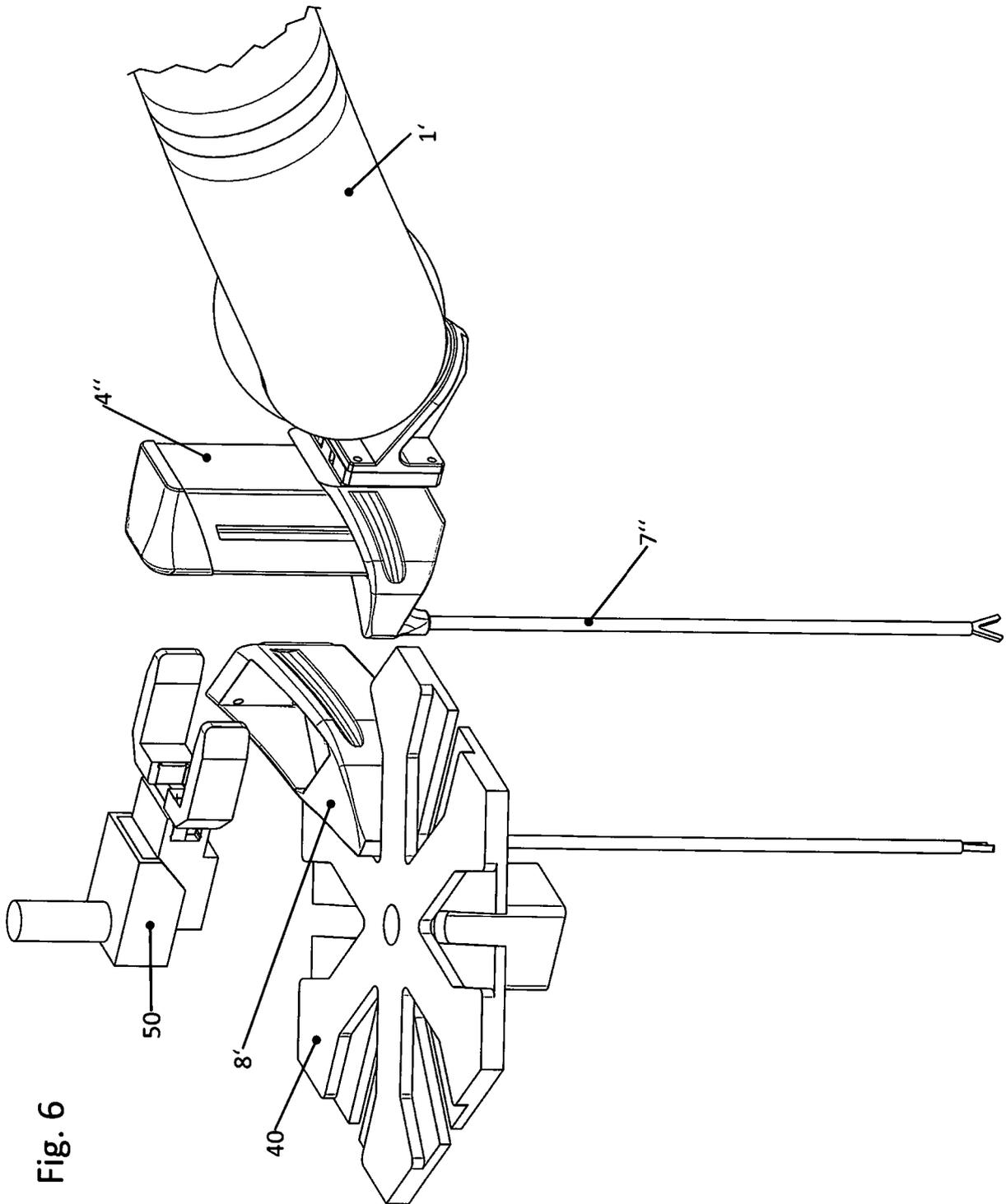


Fig. 6

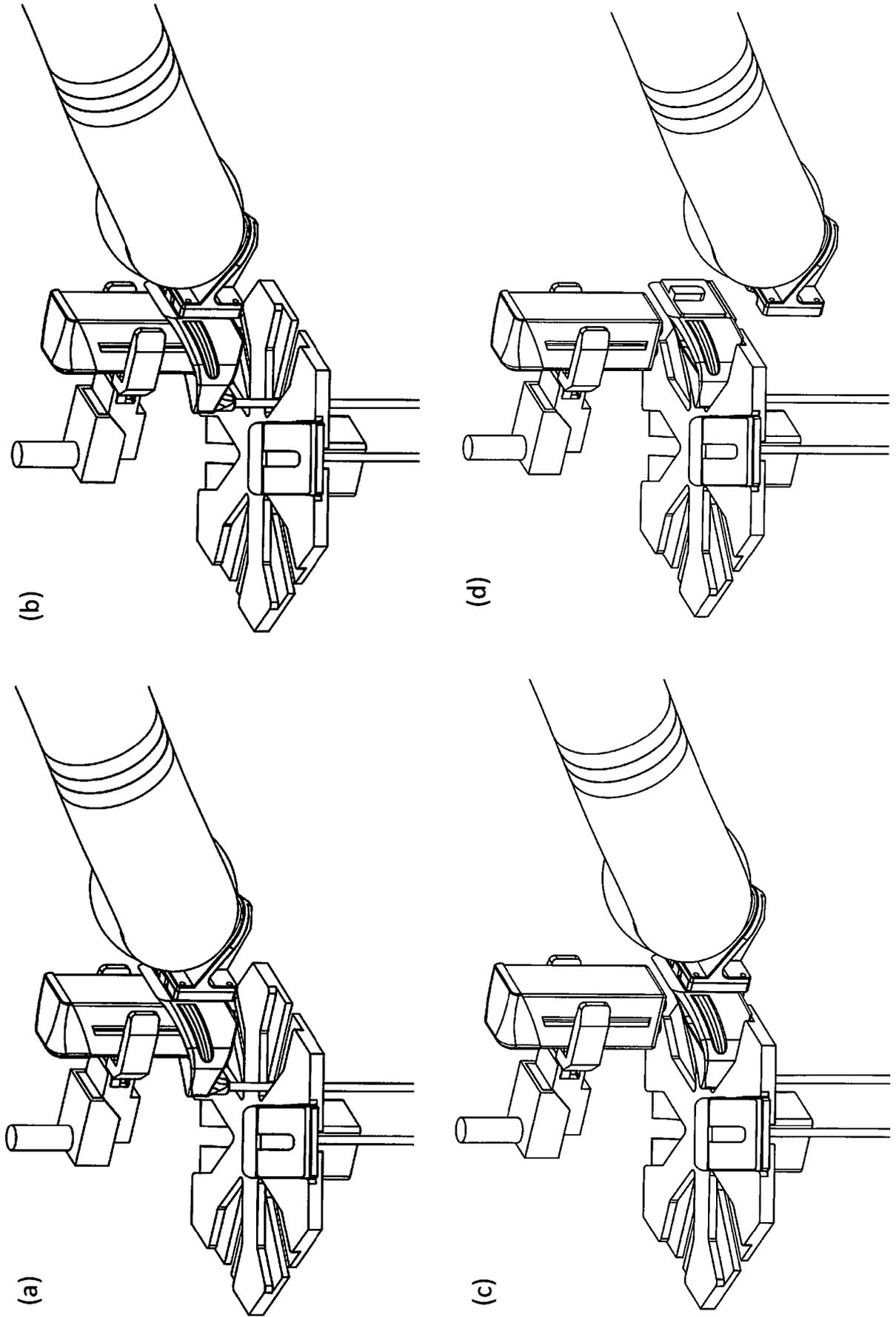


Fig. 7

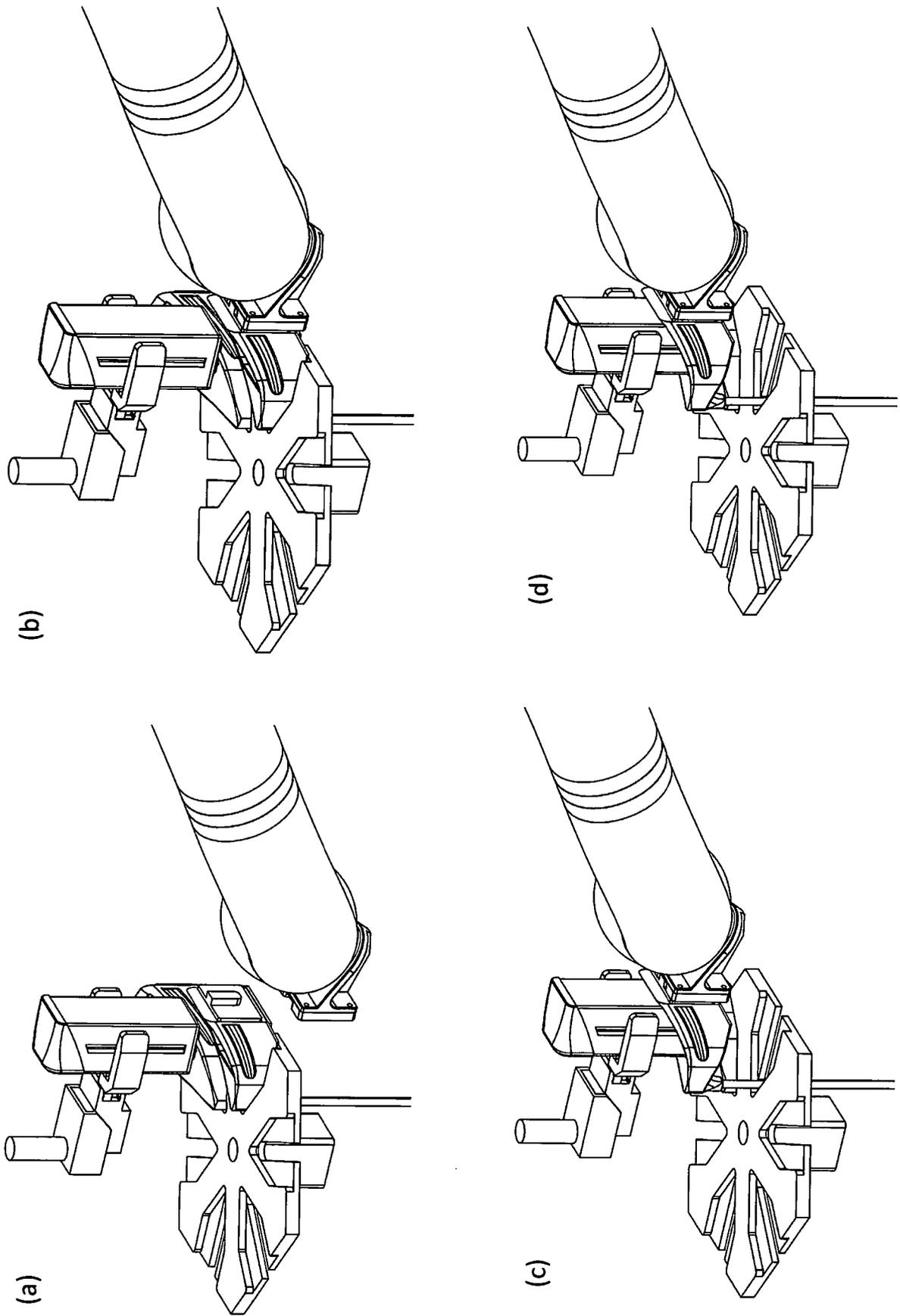


Fig. 8