



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 53 110 A1 2005.06.23**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 53 110.6**

(22) Anmeldetag: **12.11.2003**

(43) Offenlegungstag: **23.06.2005**

(51) Int Cl.7: **A61B 19/00**

(71) Anmelder:

Delta Engineering GmbH, 93092 Barbing, DE;
Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co KG, 94496
Ortenburg, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Wasmeier, Graf, 93055 Regensburg

(72) Erfinder:

Feussner, Hubertus, Prof. Dr., 81675 München, DE;
Sammereier, Eduard, 94542 Haarbach, DE;
Sellen, Martin, Dr., 94496 Ortenburg, DE

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

DE 42 24 659 C1

DE 100 58 538 A1

US2002/01 11 634 A1

US 58 07 377 A

US 54 08 409 A

US 63 68 332 B1

WO 03/0 51 218 A1

WO 02/0 62 199 A2

BERKELMAN; P. u.a.: LER: The light endoscope robot

. In: Intelligent Robots and Systems, 2003. (ROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on, Vol. 3, 27.-31. Okto. 2003, S. 2835 -2840;

Hyosig Kang u.a.: Robotic assistants aid surgeons

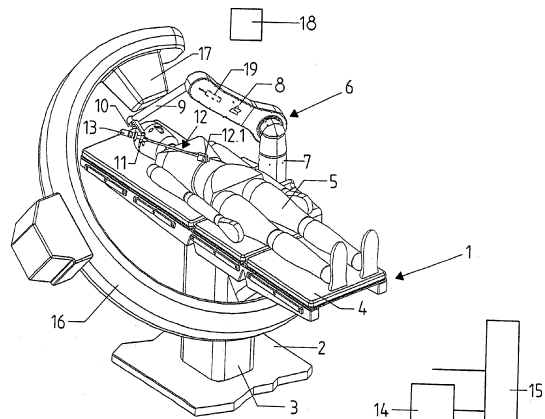
during minimally invasive procedures. In: Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, Vol. 20, Iss. 1, Jan.-Feb. 2001, S. 94-104;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Aktorplattform zur Führung von Endeffektoren bei minimal invasiven Interventionen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine neuartige Ausbildung einer universellen Aktorplattform zur Führung von Endeffektoren, beispielsweise Kameras, chirurgischen bzw. medizinischen Werkzeugen oder Instrumenten usw., bei minimal invasiven Interventionen, bei denen der jeweilige Endeffektor an einem Eintrittspunkt in einen Körperinnenraum eingeführt ist, mit einer wenigstens eine Schnittstelle zum Befestigen wenigstens eines Endeffektors aufweisenden Kinematik, mit wenigstens einem Antrieb für die Kinematik sowie mit einer Antriebssteuerung.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Roboter bzw. auf eine universelle Aktorplattform zur Führung von Endeffektoren, beispielsweise Kameras, Werkzeugen usw., die für minimal invasive Interventionen in den Körperraum eines menschlichen oder tierischen Körpers an einer Eintritts- oder Operationsöffnung eingeführt sind.

[0002] Operations-Assistenz-Roboter oder Aktorplattformen zur Verwendung bei medizinischen Interventionen bzw. Operationen sind z. B. zur Führung von Hilfsinstrumenten, wie z. B. Kameras usw. grundsätzlich bekannt.

[0003] Bekannt sind auch minimal invasive Interventionen, bei denen ein Instrument, beispielsweise chirurgisches Instrument oder ein optisches oder bildgebendes Instrument, beispielsweise ein Endoskop, über eine kleinformatige Operationsöffnung in den Innenraum eines Patientenkörpers eingeführt wird.

Aufgabenstellung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein universelles Robotersystem bzw. eine universelle Aktorplattform zum Führen von Endeffektoren bei minimal invasiven Interventionen aufzuzeigen, die (Aktorplattform) den vielfältigen und sich teilweise auch widersprechenden Anforderungen des täglichen klinischen Einsatzes voll gerecht wird, und die u. a. auch bei kleiner und kompakter Bauform ein geringes Gewicht bei hoher Steifigkeit aufweist, die die Verwendung von bildgebenden Systemen verschiedenster Art für Untersuchungen und/oder Überwachungen innerhalb des menschlichen oder tierischen Körpers ungestört ermöglicht und deren Antriebe und Steuerungen eine präzise Bewegung der Endeffektoren selbst bei äußeren Störeinflüssen sicherstellen.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Aktorplattform entsprechend dem Patentanspruch 1 ausgebildet.

[0006] "Bildgebende oder-erzeugende Medien" sind entsprechend der Erfindung beispielsweise Röntgenstrahlung, Magnetfelder oder elektromagnetische Wellen von auf diesen Medien basierenden, im medizinischen Bereich verwendeten bildgebenden Verfahren oder Systemen, wie z. B. Röntgengeräte, auf Röntgenstrahlung, Kernspin oder Magnetoresonanz basierende Computer-Tomographie-Systeme oder-Einrichtungen, elektromagnetische Positions-Bestimmungs-Einrichtungen oder-Systeme usw..

[0007] Ein "neutraler Werkstoff" im Sinne der Erfindung ist ein Werkstoff, welcher für diese bildgebenden oder -erzeugenden Medien neutral oder annähernd neutral ist, d. h. insbesondere für das betreffende Medium durchlässig ist und keine oder zumindest keine wesentliche Reaktion mit dem bildgebenden oder-erzeugenden Medium zeigt. Neutrale Werkstoffe in diesem Sinne sind unter anderem Materialien, die weder ferromagnetisch, noch diamagnetisch und auch nicht elektrisch leitend sind bzw. eine nur geringe elektrische Leitfähigkeit und bevorzugt auch nur geringe dielektrische Verluste aufweisen.

[0008] Als neutrale Werkstoffe eignen sich beispielsweise Kunststoffe, aber auch anorganische Werkstoffe, wie z. B. Keramik, eventuell auch Legierungen weicher Metalle, z. B. Aluminiumlegierungen.

[0009] Wird das erfindungsgemäße Operations-Assistenz-System an einer Operationsliege verwendet, so sind bevorzugt zumindest solche Elemente des Systems, und zwar einschließlich der Antriebe, Gelenke usw., aus einem oder aus mehreren neutralen Werkstoffen gefertigt, die (Elemente) sich oberhalb der Operationstischebene befinden.

Ausführungsbeispiel

[0010] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figur an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die Figur zeigt in vereinfachter Darstellung einen Operationstisch mit einem C-Bogen mit bildgebender Einrichtung und mit einer Aktorplattform für das Führen von Endeffektoren bei einer minimal invasiven Intervention.

[0011] Der in der Figur allgemein mit **1** bezeichnete Operationstisch besteht in bekannter Weise aus einem Fußteil **2**, einer Hubsäule **3** und dem eigentlichen Tischelement **4**, welches die Auflage für den Patienten **5** während einer Operation bzw. minimal invasiven Intervention bildet.

[0012] Mit dem Operationstisch **2** verbunden ist bei der dargestellten Ausführungsform eine in der Figur allgemein mit **6** bezeichnete Kinematik einer universellen Aktorplattform (Robotersystem). Bei der dargestellten Ausführungsform besteht die Kinematik u. a. aus einer Tragsäule **7** und aus mehreren Armen **8**, **9** und **10**, von denen der Arm **10** an seinem freien Ende eine Schnittstelle oder Aufnahme **11** bildet, an der ein Endeffektor **12**, welcher bei der dargestellten Ausführungsform ein Endoskop mit Kamera **13** ist, um mehrere Achsen motorisch beweglich gehalten ist. Die Kinematik **6** bildet mehrere Bewegungsachsen, um die bzw. in denen die Aufnahme **11** schwenkbar bzw. bewegbar ist.

[0013] Der Endeffektor **12** ist für die Operation (minimal invasive Intervention) mit seinem Kopf bzw. mit

seiner Instrumenten- oder Endeffektorspitze **12.1** (beispielsweise Optik des Endoskops) durch eine Operationsöffnung in den Operationsbereich im Körper des Patienten **5** eingeführt und kann mit entsprechenden Antrieben der Aktorplattform bzw. Kinematik **6** durch den Operateur gesteuert bewegt werden, und zwar über eine Eingabeeinrichtung **14** beliebiger Ausbildung einer Antriebssteuerung oder Steuerelektronik **15**. Mit der Steuerelektronik **15**, die Teil der Aktorplattform ist, wird die Kinematik derart gesteuert, dass die Instrumenten- oder Endeffektorspitze **12.1** in der gewünschten Weise im Körperraum des Patienten **5** bewegt wird, ohne dass der Endeffektor-Bereich an der Operationsöffnung als invarianter Punkt bei dieser Bewegung seine Lage verändert oder nennenswert verändert.

[0014] Am Operationstisch **1** befindet sich weiterhin ein sogenannter C-Bogen **16**, an welchem eine bildgebende Einrichtung **17**, beispielsweise die Strahlungsquelle einer bildgebenden Einrichtung auf Röntgenbasis vorgesehen ist, und zwar für eine bildgebende Untersuchung und/oder Überwachung des Operationsbereichs des Patienten.

[0015] Als bildgebende Einrichtungen bzw. Methoden kommen aber außer solchen auf Röntgenbasis auch andere bildgebende Verfahren oder Systeme in Frage, wie beispielsweise Kernspin, Magnetresonanz usw.. Weiterhin besteht die Möglichkeit, zur genauen Bestimmung und/oder Überprüfung der Position der Instrumenten- oder Endeffektorspitze **12.1** eine elektromagnetische Positionsbestimmungseinrichtung **18** vorzusehen.

[0016] Damit eine ungestörte bildgebende Untersuchung bei allen üblicherweise verwendeten Verfahren und Systeme möglich ist, bestehen sämtliche Funktionselemente der Kinematik **6** zumindest oberhalb der Ebene des Tischelementes **4**, insbesondere sämtliche Arme **8–10**, Gelenke sowie Antriebselemente aus einem für die verwendeten bildgebenden Verfahren oder Systeme bzw. deren Medien neutralen Material, d. h. insbesondere nicht aus einem elektrisch nichtleitenden Werkstoff und auch nicht aus einem ferro- oder diamagnetischem Material.

[0017] Geeignete Werkstoffe sind beispielsweise isolierende und zugleich auch magnetisch neutrale Werkstoffe, wie beispielsweise Kunststoff mit ausreichender Festigkeit, z. B. PA (Polyamid), POM oder PE (Polyethylen). Bedingt geeignet sind auch Aluminiumlegierungen.

[0018] Ungeeignet für die Funktionselemente der Kinematik **6** zumindest oberhalb der Ebene des Tischelementes **4** sind auf jeden Fall alle magnetischen und/oder metallische Werkstoffe, wie Stähle, insbesondere auch rostfreie Stähle, Werkstoffe mit hoher Dichte.

[0019] Als Antriebs- bzw. Stellglieder eignen sich bei der Erfindung beispielsweise Stellzylinder, z. B. hydraulische Stellzylinder, wie dies in der Figur mit **19** angedeutet ist. Diese Stellglieder bestehen dann ebenfalls aus einem für das bildgebende Medium neutralen Material.

[0020] Die Instrumenten- oder Endeffektorspitze **12.1** ist beispielsweise so ausgebildet, dass sie von dem bildgebenden System erfasst wird, so dass über das bildgebende System die Lage dieser Spitze ebenfalls angezeigt wird.

[0021] Nachstehend wird auf weitere, spezielle Merkmale der universellen Aktorplattform **6** bzw. deren Bestandteile eingegangen.

Kinematik **6**

[0022] Die Kinematik **6** ist so ausgeführt, dass sie eine Bewegung des Endeffektors **12** bzw. des Kopfes oder der Spitze **12.1** um 360° um den von der jeweiligen Operationsöffnung gebildeten Eintrittspunkt des Endeffektors **12** in den Körper-Innenraum des Patienten **5** ermöglicht, und zwar, wie bereits ausgeführt, ohne dass sich die Lage desjenigen Bereichs des Endeffektors **12** verändert oder aber wesentlich verändert, an dem (Bereich) dieser Endeffektor **12** am Eintrittspunkt bzw. an der Operationsöffnung in den Körper eingeführt ist. Weiterhin ist die Kinematik **6** so ausgeführt, dass sie eine Neigung des Endeffektors **12** um mindestens 75° zur Lotrechten auf die Eintrittsfläche ermöglicht, an der die Operationsöffnung bzw. Eintrittsöffnung vorgesehen ist.

[0023] Neben ihrer Herstellung aus den neutralen Werkstoffen wird von der Kinematik **6** weiterhin gefordert, dass sie klein und kompakt ausgeführt ist und den Raum um den Operationstisch **1** bzw. das Tischelement **4** nicht verengt, d. h. der Platzbedarf für die Kinematik **6** auch bei extremen Bewegungen im Wesentlichen nur dem Platzbedarf eines menschlichen Operateurs entspricht, bevorzugt aber kleiner ist als der Raum, der ein menschlicher Operateur beanspruchen würde.

[0024] Weiterhin wird für die Kinematik ein geringes Gewicht gefordert, d. h. ein Gesamtgewicht kleiner als **15 kg**, sodass die Kinematik problemlos und bequem am Tischelement **4**, oder an dortigen Befestigungsschienen (z. B. Rails) gegebenenfalls auch unter Verwendung von Schnellverschlüssen oder Schnellspannern befestigt und auch vom Operationstisch wieder abgenommen werden kann.

[0025] Ein weiteres wesentliches Merkmal der Kinematik **6** besteht auch darin, dass sie in einem Notfall schnell entriegelbar ist, sodass es dann möglich ist, den jeweiligen Endeffektor **12** manuell aus dem Körper des Patienten **5** zu entfernen. Die Entriegelung

erfolgt beispielsweise an wenigstens einem Gelenk zwischen zwei benachbarten Armen der Kinematik **6**.

[0026] Um eine wirksame Reinigung und Sterilisierung der Kinematik **6** zu ermöglichen, weist diese eine entsprechende, geschlossene Bauweise auf, die z. B. dadurch erreichbar ist, dass die Außenfläche der Kinematik zumindest im Bereich der Gelenke von einem flexiblen Schlauch gebildet ist.

[0027] Die Antriebe für die Kinematik **6** sind vorzugsweise fluidische, z. B. hydraulische Antriebe, die bei kleiner Baugröße hohe Kräfte und Momente ermöglichen und insbesondere auch eine hohe Steifigkeit der Kinematik **6** gewährleisten. Weiterhin machen die Fluid-Antriebe auch langsame und präzise Bewegungen möglich.

[0028] Um die Kinematik **6** bei Systemen einsetzen zu können, die auf Magnetresonanz und/oder Röntgenstrahlen und/oder elektromagnetischen Feldern basieren, sind die in der Kinematik vorhandenen Antriebe vorzugsweise Sekundärtriebe oder Nehmer, die von Primärtrieben oder Gebern außerhalb des Einflussbereichs der Magnetresonanz, Röntgenstrahlen oder elektromagnetischen Feldern angeordnet sind. Die Geberantriebe sind beispielsweise Pumpen oder Geberzylinder. Die Nehmerantriebe sind beispielsweise Zylinder.

Antriebssteuerung oder Steuerelektronik **15**

[0029] Bestandteil der universellen Aktorplattform ist weiterhin die Steuerelektronik **15**, die über die Eingabe **14** (für Sollwertbildung) eine Steuerung der Kinematik **6** auch in kleinen Schritten und sehr einfach ermöglicht. Die Eingabe **14** kann beliebig ausgebildet sein und ermöglicht beispielsweise eine manuelle Steuerung oder manuelle Eingabe von Steuerbefehlen. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, diese Eingabe **14** an medizinischen Werkzeugen vorzusehen, die zusätzlich zu dem an der Kinematik **6** angebrachten Endeffektor **12** vom Operateur verwendet wird. Auch andere Steuerungen bzw. Eingaben sind möglich, z. B. eine automatische Steuerung über bildgebende Elemente oder Systeme und/oder über Sensorelemente (z. B. an dem Kopf **12.1** des Endeffektors **12**). Auch eine Sprachsteuerung ist möglich.

[0030] Die über die Eingabe **14** eingegebenen Werte werden dann beispielsweise als Sollwerte mit von Sensoren gelieferten Istwerten, die den jeweiligen aktuellen Zustand bzw. die jeweilige aktuelle Stellung der Kinematik **6** definieren, verglichen, sodass dann durch einen geschlossenen Regelkreis eine sehr exakte Positionierung und Bewegung des Endeffektors **12** möglich ist.

[0031] Die Steuerelektronik **15** zeichnet sich vorzugsweise auch noch durch weitere Merkmale aus.

So wird durch die Steuerelektronik, gegebenenfalls im Zusammenwirken mit äußeren Sensoren auch eine Störgrößenkompensation bei der Steuerung der Kinematik **6** erreicht, und zwar insbesondere eine Kompensation von äußeren mechanischen Stößen oder Vibrationen am Operationstisch **1** sowie eine Kompensation von elektrischen und elektromagnetischen Störgrößen und/oder Temperatureinflüssen.

[0032] Weiterhin erfolgt die Steuerung der Kinematik **6** durch die Steuerelektronik **15** in der Weise, dass vor der Einleitung einer Bewegung oder Positionsänderung zunächst eine Plausibilitätsprüfung erfolgt, z. B. durch ein Vergleichen der aktuellen Position des Endeffektors **12** oder des Kopfes **12.1** mit der jeweiligen Eingabe, wobei auch Hindernisse selbsttätig erkannt und beispielsweise durch Bewegen des Endeffektors **12** auf „Umwegen“ umgangen werden. Weiterhin erfolgt grundsätzlich eine Begrenzung des Bewegungsraumes des Endeffektors **12** bzw. des Kopfes **12.1**.

[0033] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Steuerelektronik so ausgeführt, dass eine Nachführungsoptimierung der Kinematik **6** im Stand erfolgt. Hierbei wird durch Bewegen der Kinematik ohne ein Bewegen des Endeffektors **12**, d. h. unter Beibehaltung der aktuellen Stellung dieses Endeffektors der Zustand der einzelnen Bewegungsachsen der Kinematik **6** so optimiert, dass aus dem dann erreichten Zustand jede Bewegungsachse die ihr zugeordneten Bewegungen bei einem entsprechenden Befehl ohne Beschränkungen ausführen kann, d. h. dass sich beispielsweise keine Bewegungsachse in einer Endlage befindet.

[0034] Weiterhin ist die Steuerelektronik bevorzugt ausgebildet, dass die durch eine Eingabe veranlassete Bewegung des Endeffektors **12** auf einer optimalen, möglichst kurzen Bewegungsbahn und/oder innerhalb eines kleinen Bewegungsraumes der Kinematik erfolgt, sodass auch hierdurch der Platzbedarf für die Kinematik **6** klein gehalten wird.

[0035] Über anpassbare Schnittstellen ist die Steuerelektronik **15** mit weiteren externen Einrichtungen verbindbar, beispielsweise für eine Sprachsteuerung usw.

[0036] Die Erfindung wurde voranstehend an einem Ausführungsbeispiel beschrieben. Es versteht sich, dass zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne dass dadurch der der Erfindung zugrunde liegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

Bezugszeichenliste

1	Operationstisch
2	Fußteil
3	Hubsäule
4	Tischelement
5	Patient
6	Kinematik
7	Tragsäule
8–10	Arm
11	Instrumentenhalter
12	Instrument
12.1	Optik
13	Kamera
14	Eingabe
15	Steuerelektronik
16	C-Bogen
17	Element oder Strahlungsquelle für bildgebende Einrichtung
18	elektromagnetische Positionserfassungseinrichtung, Stellglied
19	Stellzylinder

Patentansprüche

1. Universelle Aktorplattform zur Führung von Endeffektoren (12), beispielsweise Kameras, chirurgischen bzw. medizinischen Werkzeugen oder Instrumenten usw. bei minimal invasiven Interventionen, bei denen der jeweilige Endeffektor (12) an einem Eintrittspunkt in einen Körperinnenraum eingeführt ist, mit einer wenigstens eine Schnittstelle zum Befestigen wenigstens eines Endeffektors (12) aufweisenden Kinematik (6), mit wenigstens einem Antrieb (19) für die Kinematik (6) sowie mit einer Antriebssteuerung (15), **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Aktorplattform folgende Merkmale in Kombination aufweist:

– Die Kinematik (6) ermöglicht eine Bewegung des wenigstens einen Endeffektors (12) von 360° um den Eintrittspunkt sowie eine Neigung von wenigstens 75° bezogen auf eine Lotrechte auf die Ebene des Eintrittspunktes;

– die Kinematik (6) besteht zumindest in einem Teilbereich aus einem für das Medium einer bildgebenden und/oder die Positionen und/oder Orientierung bestimmenden Einrichtung systemneutralen Werkstoff;

– die Kinematik (6) ist klein mit geringem Platzbedarf ausgebildet;

– die Kinematik (6) besitzt ein Gewicht kleiner als 15 kg;

– die Kinematik (6) besitzt Mittel zum Befestigen an einem Operationstisch (1) oder dortigen Befestigungselementen, beispielsweise Rails;

– die Kinematik (6) besitzt eine geschlossene, sterilisierbare Bauform;

– die Kinematik (6) ist beispielsweise an wenigstens einem Gelenk manuell entriegel- oder trennbar;

– die Antriebssteuerung (15) besitzt zur Sollwertbil-

dung eine Eingabe (14),

– zur Erzielung einer hohen Genauigkeit und Sicherheit ist die Antriebssteuerung (15) Teil eines geschlossenen Regelkreises, in welchem durch einen Vergleich des von wenigstens einem Sensor gelieferten und den tatsächlichen Zustand der Kinematik (6) repräsentierenden Istwertes mit einem Sollwert eine Regelung des Antriebs (19) erfolgt,

– die Antriebssteuerung (15) ist für eine Kompensation von Störgrößen, insbesondere von mechanischen, elektrischen oder temperaturbedingten Störgrößen ausgebildet,

– die Steuerung der Bewegung des wenigstens einen Endeffektors (12) erfolgt durch die Antriebssteuerung (15) unter Berücksichtigung einer Plausibilitätsprüfung und/oder innerhalb eines begrenzten Bewegungsraumes,

– die Bewegung des wenigstens einen Endeffektors (12) erfolgt durch die Antriebssteuerung (15) auf einer optimalen Bewegungsbahn, beispielsweise auf möglichst kurzen Wegen und/oder innerhalb eines möglichst kleinen Bewegungsraumes.

2. Aktorplattform nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kinematik (6) bzw. deren Elemente (7, 8, 9, 10, 19) zumindest in einem oberhalb einer Ebene einer Patientenauflage (4) gebildeten Teil aus dem neutralen Werkstoff besteht.

3. Aktorplattform nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kinematik (6) mit wenigstens einem Schnellspanverschluss an dem Operationstisch (1) oder der Patientenauflage (4) befestigbar ist.

4. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb (19) der Kinematik (6) ein Fluid-Antrieb, vorzugsweise ein solcher mit wenigstens einem Geberelement und einem Nehmerelement ist.

5. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwert-Eingabe und/oder die Steuerung in kleinen Schritten und einfach erfolgt.

6. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel zur manuellen Eingabe von Steuerbefehlen, vorzugsweise durch manuell betätigbare Eingabemittel an einem medizinischen Werkzeug.

7. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel zur automatischen Eingabe oder Steuerung der Kinematik (6) über bildgebende Elemente und/oder Sensorelemente.

8. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel zur

Sprachsteuerung der Antriebssteuerung (15) bzw. Kinematik (6).

9. Aktorplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebssteuerung für eine Nachführungsoptimierung der Kinematik (6) bei nicht bewegtem Endeffektor (12) ausgebildet ist, und dass für diese Nachführungsoptimierung die Kinematik (6) durch die Antriebssteuerung (15) derart steuerbar ist, dass bei nicht bewegtem Endeffektor (12) die einzelnen Bewegungsachsen der Kinematik (6) so eingestellt werden, dass nach der Einstellung jede Bewegungsachse in einem Zustand befindet, aus dem ein möglichst großer Bewegungshub der der jeweiligen Achse zugeordneten Bewegung möglich ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

